

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ВІД НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

*Рекомендовано вченою радою Київського національного університету
будівництва і архітектури як навчальний посібник для студентів
галузі знань 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»*

Київ 2023

УДК 69.057:725/728 (07)

Т38

Автори: В. І. Терновий, канд. техн. наук, професор;
І. М. Уманець, канд. техн. наук, доцент;
В. А. Басараб, канд. техн. наук, доцент;
О. М. Махиня, канд. техн. наук, доцент

Рецензенти: А. В. Радкевич, д-р техн. наук, професор,
Український державний університет науки і технологій;
П. Є. Григоровський, д-р техн. наук, старш. наук. співробітник,
Науково-дослідний інститут будівельного виробництва;
О. А. Тугай, д-р техн. наук, професор,
Київський національний університет будівництва
і архітектури

Затверджено на засіданні вченої ради Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 4 від 2 червня 2023 року.

Технології інженерного захисту територій від небезпечних
Т38 геологічних чинників : навч. посіб. / В. І. Терновий та ін. – Київ : КНУБА,
2023. – 124 с.

ISBN 978-966-627-250-1

Наведено технології виконання геотехнічних і будівельних заходів із захисту територій від шкідливих геологічних чинників (зсуви, яри, карст, слабкі і просадні ґрунти, затоплення та підтоплення). Розглянуто способи підготовки до забудови територій, які мають складні інженерно-геологічні умови.

Призначено для студентів вищих навчальних закладів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

УДК 69.057:725/728 (07)

© В. І. Терновий, І. М. Уманець,
В.А. Басараб , О.М. Махиня, 2023

ISBN 978-966-627-250-1

© КНУБА, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. МЕТОДИ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ВІД ЗСУВІВ	6
1.1. Загальні положення.....	6
1.2. Виконання радикальних протизсувних заходів.....	8
1.2.1. Зміна рельєфу схилу.....	8
1.2.2. Спорудження глибокого дренажу.....	11
1.2.3. Влаштування берегозахисних споруд.....	16
1.2.4. Закріплення схилів протизсувними спорудами.....	19
1.3. Виконання допоміжних протизсувних заходів.....	30
1.3.1. Лісомеліоративні заходи на схилах.....	30
1.3.2. Регулювання стоку водних опадів.....	32
1.3.3. Регулювання ґрунтових вод мілким дренажем.....	34
1.3.4. Хімічне закріплення нерухливих ґрунтів схилів.....	35
2. ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ З ЯРАМИ	38
2.1. Загальна характеристика ярів.....	38
2.2. Геотехнічні заходи на території з ярами.....	39
2.2.1. Лісомеліоративні заходи у ярах.....	39
2.2.2. Вертикальне планування укосів яру.....	41
2.2.3. Упорядкування стоку поверхневих вод.....	41
2.2.4. Дренаж і каптаж підземних вод.....	44
2.2.5. Закріплення яру інженерними спорудами.....	45
2.2.6. Виположення та часткове засипання яру ґрунтом.....	46
2.2.7. Повне засипання яру ґрунтом.....	47
3. ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ВІД ПРОЯВІВ КАРСТУ	53
3.1. Ступінь придатності територій із карстом.....	53
3.2. Захист територій від проявів карсту.....	55
3.2.1. Тампонаж поверхні водонепроникним ґрунтом.....	55
3.2.2. Організація стоку поверхневих вод.....	56
3.2.3. Огородження територій протифільтраційними спорудами.....	57
3.2.4. Зупинення суфозії в карстах зворотними фільтрами.....	66
3.2.5. Закріплення порід із карстом твердіючими сумішами.....	67
3.2.6. Заповнення неглибокого карсту відкритим способом.....	70
3.2.7. Заповнення карсту через шурфи бутобетоном, бетоном.....	70
3.2.8. Заповнення глибокого карсту крізь свердловини.....	71
3.2.9. Хімічне закріплення ґрунтів над карстом.....	74
4. ПІДГОТОВКА ДО ЗАБУДОВИ ТЕРИТОРІЇ ЗІ СЛАБКИМИ ҐРУНТАМИ	75
4.1. Слабкі ґрунти та засоби їх зміцнення.....	75

4.2.	Технологія зміцнення слабких ґрунтів.....	77
4.2.1.	Ущільнення слабких ґрунтів.....	77
4.2.2.	Закріплення слабких ґрунтів хімічним способом.....	85
4.2.3.	Бурозмішувальне закріплення мулів	91
4.3.	Заміна слабких ґрунтів міцними.....	92
4.3.1.	Вибіркова заміна слабких ґрунтів	92
4.3.2.	Повна заміна слабких ґрунтів.....	92
5.	ПІДГОТОВКА ДО ЗАБУДОВИ ТЕРИТОРІЙ СКЛАДЕНОЇ ЛЕСОВИМИ ҐРУНТАМИ	94
5.1.	Загальні положення просідання ґрунтів.....	94
5.2.	Заходи захисту та підготовки територій, складеними лесовими ґрунтами.....	95
5.2.1.	Поверхнєве ущільнення лесу важкими трамбівками.....	95
5.2.2.	Ущільнення лесу ґрунтовими палями.....	96
5.2.3.	Ущільнення лесу попереднім замочуванням.....	96
5.2.4.	Ущільнення лесу замочуванням з вибухом.....	98
5.2.5.	Хімічне закріплення лесу силікатизацією.....	99
5.2.6.	Термічне закріплення лесу.....	100
5.2.7.	Закріплення лесу струменевим ґрунтоцементозмішуванням	103
6.	ПІДГОТОВКА ДО ЗАБУДОВИ ПІДТОПЛЕНОЇ ТЕРИТОРІЇ	105
6.1.	Причини підтоплення територій і запобіжні заходи для їх захисту.....	105
6.2.	Технології інженерних заходів для захисту від підтоплення територій.....	106
6.2.1.	Налагодження стоку поверхневих вод.....	106
6.2.2.	Зниження рівня ґрунтових вод дренажем.....	106
6.2.3.	Штучне підвищення поверхні території.....	109
7.	ПІДГОТОВКА ДО ЗАБУДОВИ ЗАТОПЛЮВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ	111
7.1.	Причини виникнення повеней, паводків і геотехнічні заходи для захисту від затоплення територій.....	112
7.2.	Технологія захисту території забудови від затоплення.....	112
7.2.1.	Обвалування території.....	112
7.2.2.	Штучне підвищення поверхні території.....	115
7.2.3.	Гідромеханічні методи розчищення русл річок.....	120
	Список літератури.....	121

ВСТУП

«Інженерний захист і підготовка територій» – навчальна дисципліна, яку вивчають студенти на другому (магістерському) рівні вищої освіти спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія». Цю навчальну дисципліну в обсязі 1,5 кредиту (45 годин) викладають послідовно дві кафедри – геотехніки та будівельних технологій – у рівних обсягах у двох частинах.

Навчальний посібник «Технології інженерного захисту територій від небезпечних геологічних чинників» укладено відповідно до робочої програми другої частини курсу «Інженерний захист і підготовка територій».

Метою 2-ї частини **курсу** є ознайомлення студентів ПЦБ, що навчаються за навчальним планом магістра, з широким колом будівельних інженерних заходів, які захистять забудовану територію від шкідливих природних чинників, і з технологією реалізації цих будівельних заходів до початку будівництва.

Завдання курсу полягає в опануванні студентами основних положень і закономірностей технології будівельного виробництва для виконання захисту будівельних майданчиків і будівельної продукції від шкідливих геологічних та природних чинників.

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програм студенти повинні

знати:

- ступінь загрози будівельній продукції шкідливими геологічними та природними чинниками;
- різновиди методів інженерного захисту і підготовки територій для будівництва;
- особливості коригування рельєфу, гідрогеології та флори території для створення сприятливих умов для її безпечної забудови;

уміти:

- вибирати відповідно до Державних будівельних норм інженерні заходи для підготовки та захисту територій, призначених до забудови, від шкідливих геологічних і природних чинників;
- розробляти технологічну послідовність будівельного комплексного процесу підготовки територій і захисту від шкідливих чинників;
- розробляти технологічні схеми провідних будівельних процесів із підготовки територій і влаштування захисту від шкідливих чинників.

1. МЕТОДИ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ВІД ЗСУВІВ

1.1. Загальні положення

На території України проявляються понад двадцять складних інженерно-геологічних процесів, а саме: зсуви, яри, карст, слабкий ґрунт, просідання, затоплення, підтоплення тощо. Сьогодні під будівництво відводять території з геологічними умовами, які раніше вважалися непридатними для цього.

За придатністю до інженерного освоєння території розділяють на: сприятливі, несприятливі і особливо несприятливі (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика умов територій за ступенем придатності до забудови

Природні умови	Характеристика природних умов території			Зростання вартості будівель, %
	сприятливі	несприятливі	особливо несприятливі	
Зсуви	відсутні	на окремих схилах	багато зсувних схилів	20–430
Наявні яри	глибиною до 3 м, мало	глибиною до 10 м, на малій площі	глибше 10 м, багато ярів	20–43
Карст	карст відсутній	лійки загаслого карсту	безліч діючих лійок > 1 м	4–8
Міцність ґрунтів	>150 кПа непросадні ґрунти	100–150 кПа просадні ґрунти	< 100 кПа леси, пливуні	3–8
Затоплення 1 раз на рік	100–50 років	50–25 років із водою 0,6 м від поверхні	< 25 (20) років від руйнування дамб	1–5
Ухил поверхні	0,03–0,1	< 0,005; > 0,1	горбисті або без ухилів > 0,2	2–4
Заторфованість	відсутня	потребує осушення торфу < 2 м	обводнений шар торфу 2 м	0,4–4
Підтоплення	рівень ґрунтових вод > 3 м	рівень ґрунтових вод 1–3 м	рівень ґрунтових вод < 1 м	0,6–2,6

Метою інженерного захисту території і будівельних об'єктів від шкідливої (руйнівної) дії небезпечних геологічних процесів є попередження, усунення або зниження до безпечного рівня їх негативного впливу.

Господарський вплив на навколишнє середовище щороку посилюється, що призводить до перетворень природних умов на значних територіях і викликає потребу в захисті й підготовці території, виділеної під забудову, від шкідливих геологічних впливів.

ДБН В.1.1-24:2009 окреслив напрями діяльності учасників будівництва на територіях, де діють небезпечні геологічні процеси, – це:

- планувальні – вибір безпечних територій;
- геотехнічні – виконання інженерного захисту територій;
- конструктивні – вибір стійких конструктивних рішень;
- технологічні – створення забудови, за якої не виникають небезпечні геологічні процеси;
- експлуатаційні – моніторинг небезпечних геологічних процесів для вчасного їх попередження.

Заходи інженерного захисту і підготовки територій для її забудови потрібно виконувати на всіх етапах: освоєння території, планування і проектування забудови та її експлуатація як складова частина комплексу заходів. Тобто відповідні заходи для зменшення впливу на будівлі і споруди геологічних проявів розподіляють для виконання між усіма учасниками будівництва.

Зсуви – це ковзне зміщення ґрунтових мас і гірських порід униз по схилу під впливом сили тяжіння. Зсуви можуть виникнути на схилах, що мають крутизну понад 19 градусів, а на схилах, складених із глинистих ґрунтів, – навіть із крутизною схилу 5–7 градусів.

Зсуви виникають унаслідок порушення рівноваги порід, викликаної:

- збільшенням крутизни схилу через його підмивання водою;
- ослабленням міцності ґрунтів через вивітрювання або перезволоження;
- впливом сейсмічних поштовхів;
- почерговим складом водотривких і водоносних шарів ґрунтів;
- розташуванням шарів ґрунту з нахилом у бік схилу.

За останню чверть минулого століття у світі та в Україні близько 80 % сучасних зсувів пов'язано з діяльністю людини – це:

- вирубування лісів на схилах, що сприяє перезволоженню ґрунтів;
- виконання вибухових робіт, що створює тріщини в породах;
- розорювання схилів, надмірний полив садів і городів на схилах;
- підрізання схилів котлованами, траншеями, дорожніми виїмками;
- засмічення та завалювання місць виходу підземних вод;
- спорудження будівель на схилах, що збільшує силу зсуву.

Комплекс заходів не обов'язково повинен протидіяти всім чинникам, створюючи зсув, а може бути мінімально необхідним і економічним. Заходи розділяють на радикальні та допоміжні.

Радикальні протизсувні заходи для стабілізації зсувних територій:

1. Зміна рельєфу схилу.
2. Регулювання руху ґрунтових вод схилу глибоким дренажем.
3. Берегозахисні споруди.
4. Стримувальні споруди.

Допоміжні протизсувні заходи без вишукувань і без розрахунків:

1. Агролісомеліорація.
2. Регулювання стоку водних опадів.
3. Регулювання ґрунтових вод мілким дренажем і каптажем.
4. Хімічне закріплення нерухливих ґрунтів зсувної зони.

1.2. Виконання радикальних протизсувних заходів

Виконання відомих будівельних технологій на схилах уповільнене й малопродуктивне через ускладнення, які створюють ухил поверхні, складні гідрогеологічні умови, великий обсяг підготовчих робіт, стислість робочого простору, використання малогабаритної малопотужної техніки, велика частка ручних робіт.

1.2.1. Зміна рельєфу схилу

Зміна рельєфу передбачає:

- зрізання надлишку ґрунту зсувного схилу з його видаленням;
- вертикальне планування території зсувного схилу.

Це призводить до зменшення зсувної маси ґрунту, а отже, зсуву не буде. Методами механіки ґрунтів вираховують кут нахилу стійкого схилу. Зрізання надлишку ґрунту у верхній частині схилу з відвезенням зі схилу зменшує крутизну зсувонебезпечних схилів і є одним із

найбільш ефективних заходів для ліквідації можливих зсувів. Якщо зрізаний ґрунт переміщують у нижню зону, то цей спосіб перетворюється у вертикальне планування.

Видалення ґрунту з нижньої частини схилу заборонено.

Зрізання і видалення надлишку ґрунту із зсувонебезпечного схилу можна виконувати механізованим або гідромеханізованим методом.

Механізованим способом зрізання і видалення зсувонебезпечного надлишку ґрунту на схилі виконують землерийними та землерийно-транспортними машинами, при цьому рух машин частіше організовують **поперек схилу**. Машини і транспорт розміщують у цьому випадку на тимчасових і постійних терасах (рис. 1). Тераси влаштовують на схилах до $35\text{--}40^\circ$. Тераси повинні мати нахил $5\text{--}8^\circ$ до виїмки.

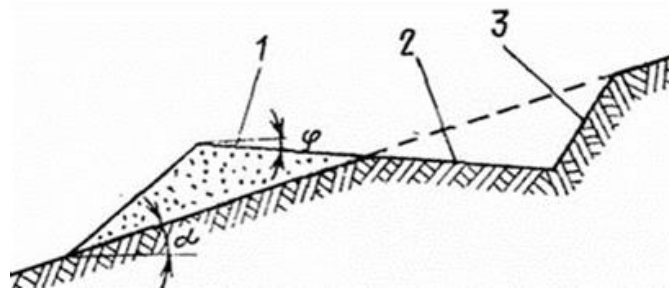


Рис. 1. Тераса:

1 – насипна частина; 2 – виїмка; 3 – укіс виїмки

Екскаватор з автосамоскидом переміщується терасою, копаючи й завантажуючи ґрунт в автомобіль, який відвозить його до резерву. Таку саму роботу може виконати, якщо є тераси, малогабаритний скрепер.

Вниз по схилу, бульдозером, на пологих схилах, ґрунт, який потрібно видалити, можна зрізати траншейними проходками зверху вниз, сформувані відвал бульдозером і вивезти автосамоскидами в резерв при навантаженні ґрунту екскаватором.

Гідромеханізованим методом зрізують зсувонебезпечний надлишок ґрунту на схилі гідромонітором, якщо є достатня кількість технічної води, місце внизу схилу для збору пульпи й водойма для скидання відстояної води. У цьому випадку використовують попутний забій, тобто гідромонітор встановлюють на вершині схилу, а збір пульпи здійснюють біля підніжжя схилу (рис. 2).

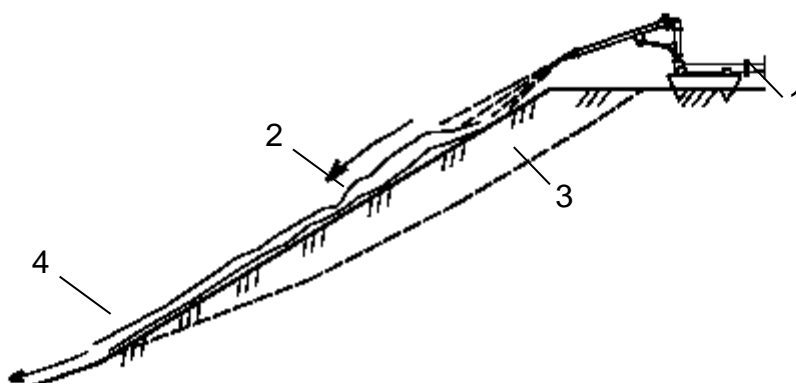


Рис. 2. Зрізання схилу гідромонітором:

- 1 – гідромонітор; 2 – розмив надлишку ґрунту; 3 – поверхня зсуву;
- 4 – рух пульпи до карти її збору

Вертикальне планування зсувного схилу передбачає зрізання ґрунту в окремих місцях зсувного схилу, що виступають, і вкладання його в межах схилу в западинах чи вимоїнах з метою збільшення його стійкості.

Традиційне планування в разі відсутності на плавних схилах лісової рослинності можна виконати спеціалізованою будівельною технікою та бульдозерами за відомими технологіями планування площадок. Тут фрагменти території на схилі, що виступають, зрізають і зрізаний ґрунт укладають в западини схилу з ущільненням. Роботу виконують землерийною технікою, якщо ухил до 25° і немає багаторічних лісових рослин.

Терасуванням раціонально виконувати вертикальне планування зсувного схилу і зміцнювати зсувонебезпечний схил за наявності складного рельєфу. Така зміна рельєфу схилу створенням східчастої форми часто підвищує стійкість зсувонебезпечного схилу. Для цього на контактах пластів ґрунтів і на ділянках просочування підземних вод влаштовують тераси (берми). Видалення ґрунту зі схилу полегшує зсувну масу, а влаштування горизонтальної полоси поперек схилу (частково з насипного ґрунту) підпирає полегшений схил (рис. 3). Ширину терас, висоту уступів та їх розміщення, а також форму насипів (банкетів) проєктувальники визначають розрахунками.



Рис. 3. Терасований схил

Будівельні роботи з влаштування терас розпочинають після громіздких підготовчих робіт. Це розчистка смуги схилу, де має бути тераса, виконання геодезичної розмітки тераси. Після перших декількох проходок терасера нарізання тераси виконують бульдозером, а наприкінці терасер править верхній укіс схилу (рис. 4).

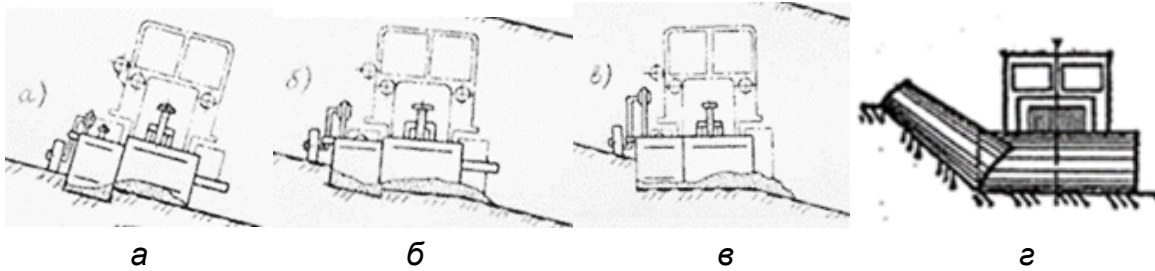


Рис. 4. Влаштування тераси терасером:
а, б, в – початкові проходки терасера;
г – завершальні проходки терасера

1.2.2. Спорудження глибокого дренажу

Значне зволоження ґрунтів схилу зменшує їх міцність і створює в них тиск, що спричиняє виникнення зсувів. Тому потрібно відвести ґрунтову воду зі схилу. Для цього влаштовують дренаж. Серед великого різновиду дренажу для видалення води зі схилу найбільш актуальний дренаж глибокого закладання:

- галерейний;
- горизонтальний променевий;
- горизонтальні свердловини – дрени.

Галерейний дренаж глибокого закладання (10–12 м) у вигляді горизонтальної дренажної прохідної галереї споруджують закритим способом у виняткових випадках через велику вартість і складність робіт. Його влаштовують, якщо глибина підземних вод понад 5–8 м на схилах крутіше 20°. Він довговічний, надійний і простий в експлуатації. Цей дренаж споруджують у стійкому необводненому ґрунті, що підстеляє водоносний шар із поздовжнім ухилом 0,002–0,04 і перерізом понад 1,5 м².

Галерею влаштовують **щитовим способом** із круглим перерізом або **штольневим способом** із трапецеїдальним перерізом (рис. 5).

Для збору води з водоносних горизонтів із галереї через передбачені отвори вдавлюють трубчасті фільтри із щільною перфорацією. Фільтри діаметром 32–50 мм довжиною 0,4–0,8 товщини водоносного горизонту задавлюють із кроком 5–10 м. На стійких ґрунтах влаштовують виходи з галереї. Прокладання галерей щитовим і гірничим способом вимагає великого обсягу ручної праці й використання спеціалізованих машин, обладнання та інструменту. Способи виконання будівельних процесів наведено на рис. 6 і 7.

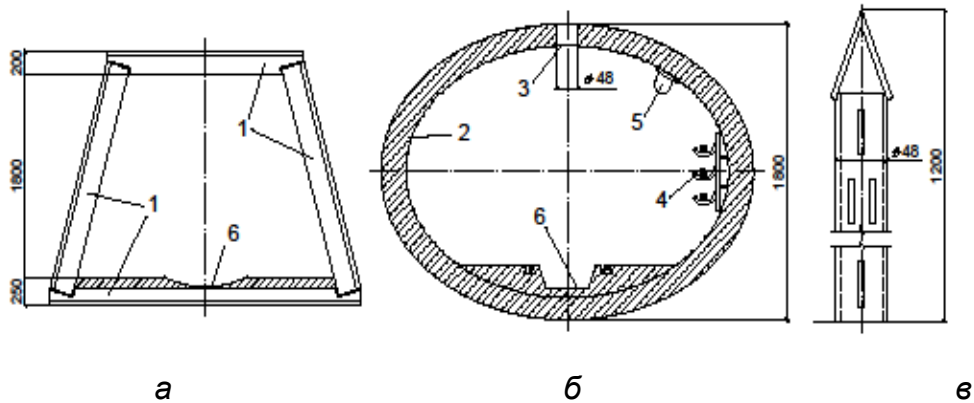
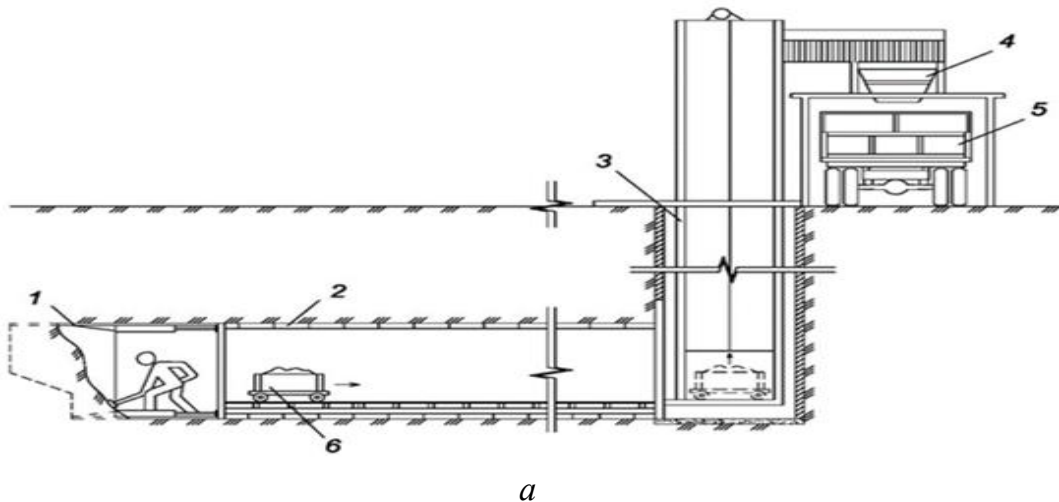
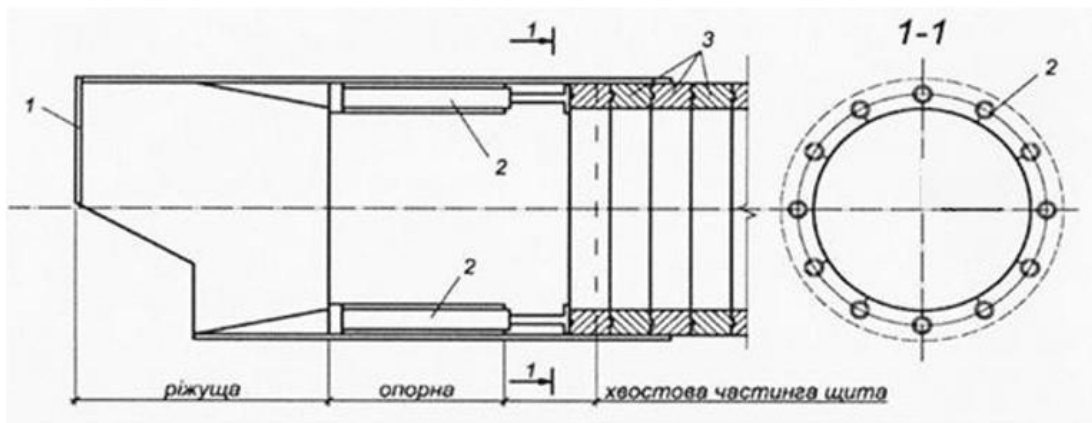


Рис. 5. Галерейна дренажна система:
а – штольнева; *б* – щитова; *в* – забивний фільтр;
 1, 2 – кріплення; 3 – отвір для забивного фільтра;
 4 – кабельні мережі; 5 – світильник; 6 – лоток водовідведення





б

Рис. 6. Щитова проходка галерейного дренажу:

а – технологічна схема виконання робіт: 1 – щит; 2 – тьюбінги; 3 – шахта;
4 – бункер; 5 – автосамоскид; 6 – візок;

б – конструкція щита: 1 – щит; 2 – гідродократи; 3 – тьюбінги

Горизонтальний променевий дренаж слід застосовувати в зонах схилу, де височуються ґрунтові води, для осушення водоносних горизонтів, де неможливе прокладання поверхневого дренажу. Якщо в схилі є декілька водоносних горизонтів, то куці променевого дренажу влаштовують у кожному з них. Цей дренаж влаштовують із шахтного колодязя (рис. 8) діаметром 3–4 м заглибленим опускним способом.

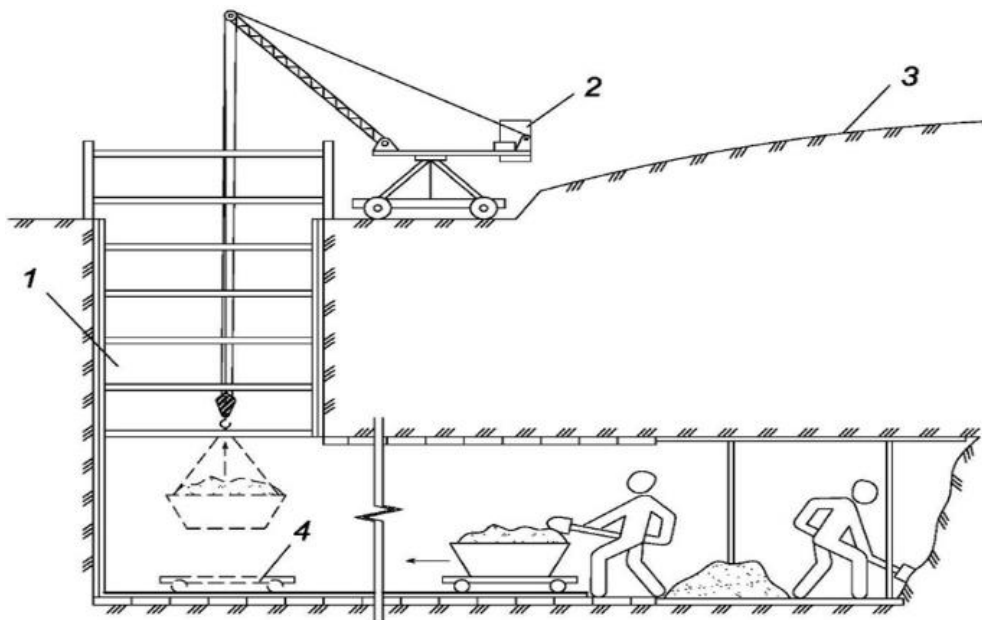


Рис. 7. Технологічна схема штольневої проходки галерейного колектора:

1 – шахта; 2 – кран; 3 – поверхня місцевості; 4 – візок

Для цього на робочій горизонтальній площадці встановлюють кільце колодязя висотою від 1,5 м, усередині якого викопують ґрунт для опускання колодязя.

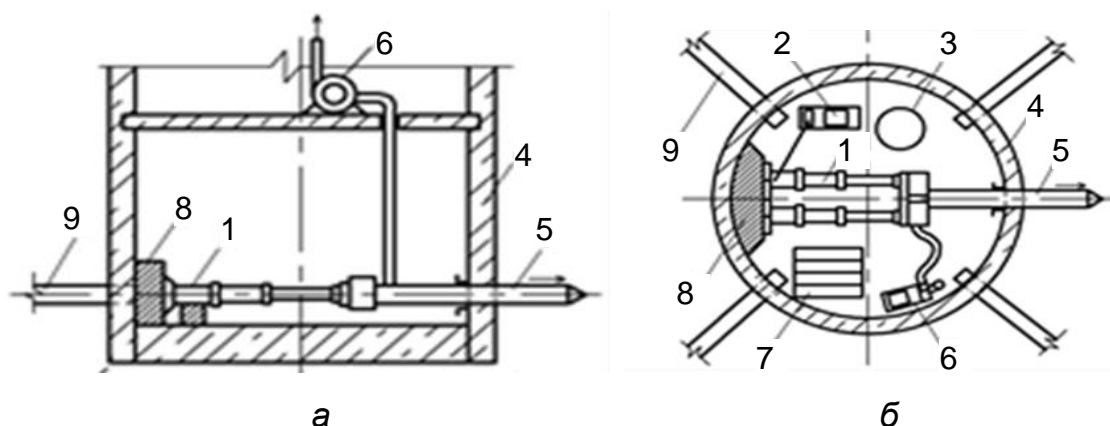


Рис. 8. Променевий дренаж:

- 1 – гідродомкрати; 2 – масляний насос; 3 – робітник; 4 – колодязь;
 5 – дрена; 6 – насос для видалення води; 7 – ланки дрени;
 8 – упорний блок; 9 – променева дрена

Далі на перше кільце колодязя встановлюють друге і з'єднують його з першим. Так продовжують викопувати ґрунт і кріпити наступні кільця колодязя до досягнення проєктної глибини.

Із колодязя у проєктних місцях із робочих платформ влаштовують променеві свердловини, у які вдавлюють гідродомкратом окремими ланками загострені перфоровані труби-дрени (рис. 8), завдяки яким вода збирається в колодязі. Воду з колодязя видаляє в автоматичному режимі насос.

В одному куці променевого дренажу слід мати не менше трьох трубчастих променів-дрен: центральний промінь поперек схилу і два інших під кутом не менше ніж 30° . Довжина променю 15–90 м, зовнішній діаметр 70–200 мм, ухил 0,05 і більше. Довжина бокових променів має бути в 1,5 раза більше за довжину центрального. У пливуні вдавлюють фільтри, захищені додатковим фільтром.

Горизонтальні свердловини – дрени влаштовують у нижній частині схилу з ґрунтовою водою. Назва «горизонтальні свердловини» історична, а сьогодні свердловини мають велику довжину і тому їх бурять з ухилом до колодязя. Для цього з глибокого колодязя на рівні поверхні водотривких ґрунтів вставляють у свердловини, пробурені з ухилом до колодязя $0,05\text{--}0,25^\circ$, променеві труби-дрени з перфорованих труб діаметром 50 мм. Довжина таких дрени може бути до 90 м (рис. 9).

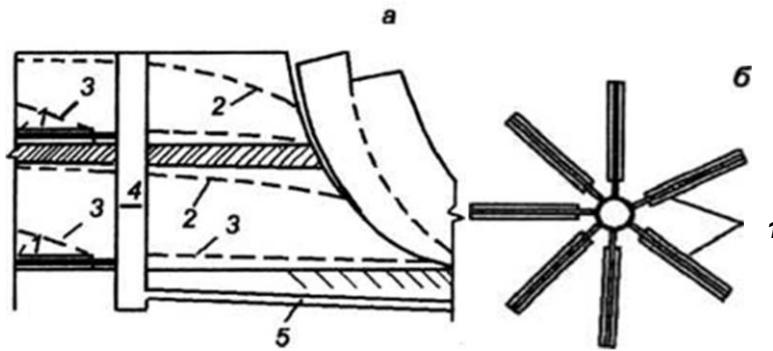


Рис. 9. Схема дренажного колодязя зі свердловинами-дренами:
 а – розріз; б – план;
 1 – променеві труби-дрени; 2, 3 – рівень ґрунтової води до і після
 влаштування дренажу; 4 – дренажний колодязь; 5 – водовипуск

Такі дренажі часто бувають більш економічні, ніж штольні. Місця влаштування, ухили горизонтальних дрен і відстані між ними визначаються на основі детальних інженерно-геологічних і гідрогеологічних досліджень, а також відповідних розрахунків.

Технологія влаштування свердловин горизонтально направленим бурінням залежить від наявного бурового обладнання. Це можуть бути:

- установки, зібрані з різного обладнання;
- установки спеціалізовані.

Установки для горизонтально направлено буріння, зібрані з різного стандартного й індивідуального обладнання, виготовляють у стандартній, посиленій, шахтовій і компактній версіях.

Шахтові бурові установки типу Grundopit (рис. 10) завдяки своїм компактним розмірам (довжина 950 мм; ширина 470 мм; висота 480 мм) використовують для горизонтального буріння з колодязя (рис. 10).



Рис. 10. Шахтова бурова установка в роботі

Діаметр свердловини залежить від потужності установки і становить від 58 мм до 190 мм, а довжина – до 50...80 м. Під час роботи установки Grundorіt у складних ґрунтах використовують спеціальний наконечник на бурову колону, нарощену з окремих ланок пустотілої труби, яку приводять в дію з лафета.

Установки на гусеничному ході фірми Vermeer (рис. 11) для горизонтально спрямованого буріння з контрольованим напрямком буріння за допомогою електронних приладів мають масу від 7 до 60 тонн і великі габарити. Такі машини можна використати для влаштування водовипуску з дренажного колодязя.



Рис. 11. Установка для горизонтально спрямованого буріння:

1 – касета зі штангами; 2 – анкерні стойки; 3 – бурова головка;
4 – гідравлічний затискач штанги; 5 – полозок; 6 – місце оператора
установки; 7 – шасі на гусеничному ході; 8 – силова установка

1.2.3. Влаштування берегозахисних споруд

Берегозахисні споруди на берегах водойм захищають схили від силового впливу, які викликають зсувні й обвальні явища. Ці споруди влаштовують на ділянках, де основи схилів контактують із водоймами. Вони не повинні порушувати природні процеси, що сприяють стійкості берегового схилу, і не створювати підпір ґрунтових вод на зсувному схилі.

Залежно від функціональних і конструктивних особливостей берегозахисні споруди розділяють за різними ознаками, наприклад: берегозахисні, огорожувальні, протизсувні та спеціальні. У цьому курсі ми розглянемо лише особливості влаштування протизсувних.

Для споруд використовують матеріали: ґрунт, бетон, залізо- і асфальтобетон, камінь і комбінацію цих матеріалів. За способом зведення – насипні, наливні, збірні, монолітні.

Матеріали, конструкції і технології влаштування цих конструкцій загальновідомі, а тому зупинимося лише на висвітленні особливостей виконання відомих технологій у складних умовах зсувних територій.

Берегову стінку можна влаштовувати з водойми або із суходолу.

З водойми берегову стінку влаштовують короткими ділянками з плавзасобу, обладнаного будівельними механізмами. У випадку відсутнього суходолу між схилом і водоймою – для організації робочого місця. За допомогою грейферного екскаватора на плавзасобі розчищають мулистий ґрунт у межах ширини фундаменту стінки. По краю майбутнього фундаменту з боку водойми за допомогою копра на плавзасобі заглиблюють металевий шпунт із заходом у берег, чим вигороджують ділянку, на якій влаштовують водовідлив і в разі потреби водозниження (рис. 12).

Після виконання цих робіт розпочинають будувати збірну або монолітну стінку в межах ділянки матеріалами та технікою із плавзасобу. Роботи завершують зворотною засипкою ґрунтом з ущільненням. У подальшому оснастку демонтують для водозниження – виймають шпунт і переміщуються на сусідню ділянку, де весь цикл робіт повторюють.

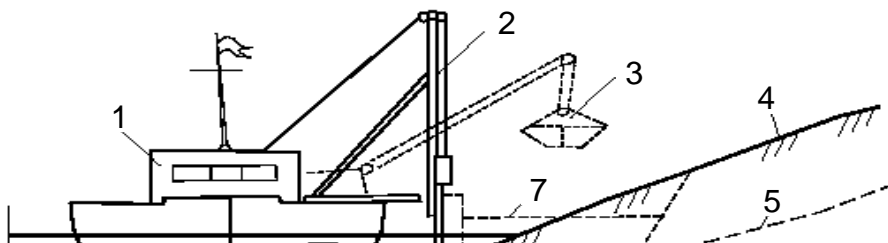


Рис. 12. Організаційна схема будівництва берегової стінки з водойми:

1 – плавзасіб; 2 – копер; 3 – грейфер; 4 – зсувний схил; 5 – лінія можливого зсуву; 6 – тимчасовий котлован; 7 – проєктна набережна; 8 – проєктна стінка; 9 – шпунт

Комбіновані підпірні стінки вздовж річок влаштовують на пальових фундаментах. Для уникнення вимивання ґрунту з-під основи фундаменту підпірної стінки водою із залізобетонних шпунтин перерізом 15 x 50 см і завдовжки 5 м влаштовують шпунтовий ряд, за яким відсипають гальку з фракцією зерен 15–40 мм. Над палями обладнують монолітний залізобетонний ростверк. Після того як бетон набере достатньої міцності, монтують стінові блоки.

Із **суходолу** берегову стінку влаштовують за наявності між підніжжям схилу і водоймою території, де можна розмістити будівельний майданчик для влаштування підпірної стіни в підніжжі схилу та берегову стінку. Підпірну стінку в підніжжі схилу влаштовують першою за відомою технологією, вона підтримує земляні маси схилу й не допускає проявів зсуву під час влаштування берегової стінки. Але для влаштування підпірної стіни відбувається підрізка зсувного схилу траншеєю, яку копають для підземної частини стіни.

Для підвищення стійкості схилу траншею під фундамент підпірної стіни слід викопувати пунктиром. Усі будівельні роботи потрібно виконувати секціями, у дві черги, з довжиною секцій не більше за 5 м. Між фрагментами траншеї довжиною 5 м, викопаними одночасно в першу чергу, слід залишати 5 м ґрунту непорушеної структури (рис. 13). У проміжках стіни наступні фрагменти влаштовують після досягнення міцності матеріалом стіни, виготовленої в першу чергу.

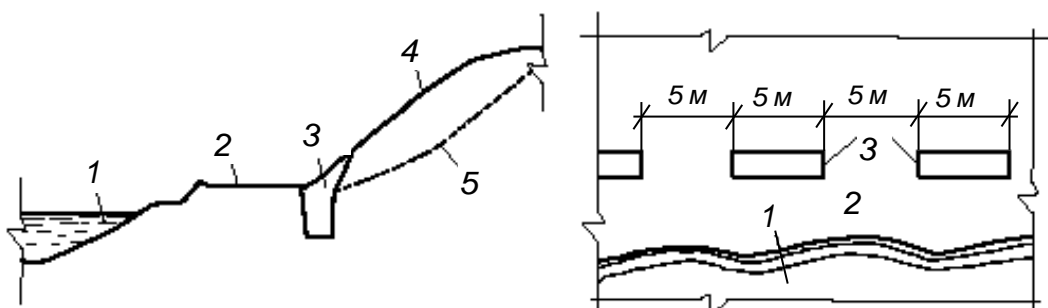


Рис. 13. Схема копання котловану підпірної стіни у підніжжі схилу:
1 – водойма, 2 – берегова полоса водойми; 3 – фрагмент котловану;
4 – зсувний схил; 5 – поверхня можливого зсуву

Протизсувний банкет із гірської маси у вигляді кам'яної і щебеневої відсипки на відкосах берега водойми, схильних до зсувів, влаштовують із метою захисту берега від розмиву водою та попередження зсуву схилу. Відсипку виконують, якщо змога, як із плавзасобів, так і з берега. Камені і щебінь можуть бути як природними, так і штучними. Камені, які контактуватимуть із водою, мають бути з природного матеріалу з високою морозостійкістю і бажано крупного розміру. Порожнечі між крупним камінням заповнюють дрібняком і щебнем. Товща відсипки обумовлена проектом. Сьогодні часто зустрічається кріплення берегового відкосу надважким камінням (рис. 14).



Рис. 14 Кріплення берегового відкосу надважким камінням

Облицювання берегового відкосу водойми монолітним або збірним залізобетоном по ґрунтових природних схилах або влаштованих ґрунтових насипних і великоуламкових гранітних і щебених укосах виготовляють за відомими технологіями з використанням плавзасобів і з водозниженням.

1.2.4. Закріплення схилів протизсувними спорудами

Стримувальні протизсувні споруди поділяють на:

– споруди **на поверхні схилу**;

– споруди **глибокого закладання**.

Споруди на поверхні схилу – це ґрунтові контрбанкети та залізобетонні контрфорси біля підніжжя схилу. Їх влаштовують на укладених дренажних ґрунтах із видаленням слабких обводнених глинистих ґрунтів під язиком зсуву.

Контрбанкет влаштовують відсипанням ґрунту в основі зсувного схилу з домішками щебеню та бутового каміння в нижній зоні зсуву

(рис. 15, а). Він збільшує протизсувні сили своєю вагою. Контрбанкет заглиблюють у стійкий ґрунт, який насипають вище за поверхню зсуву.

Контрбанкет, армований смугами металу або геотекстилем, влаштовують із кутом нахилу насипу до 60° (рис. 16).

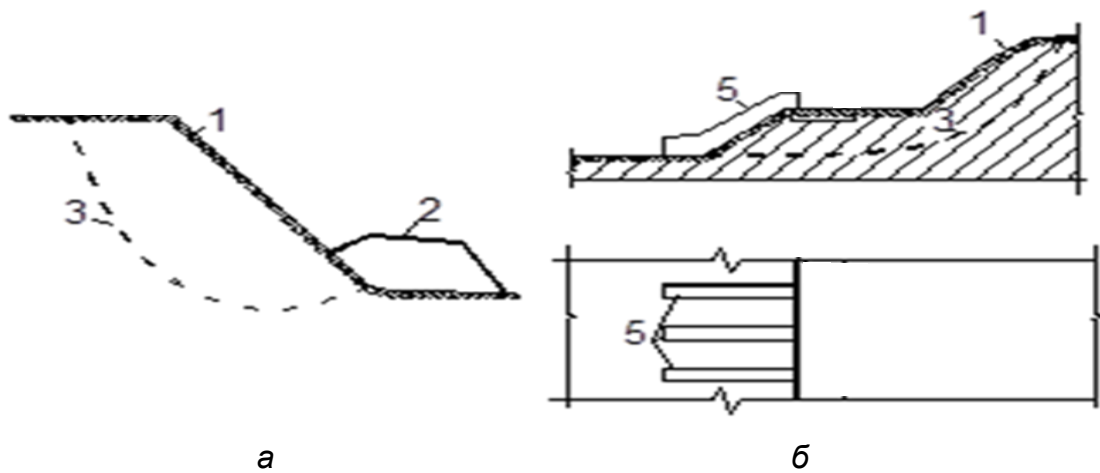
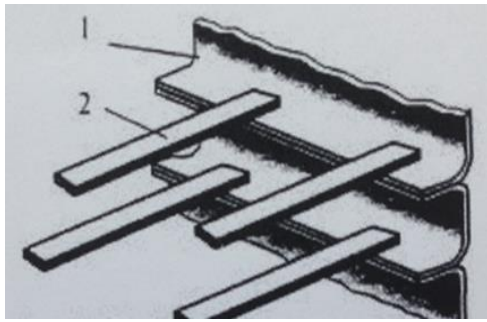


Рис. 15. Підсилення схилів спорудами:

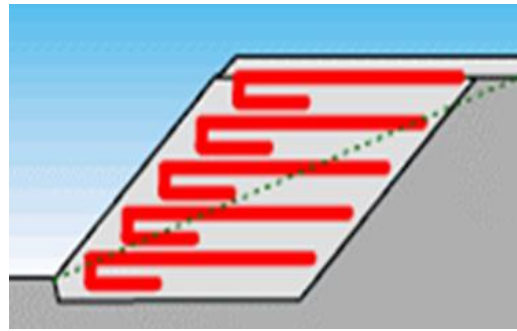
а – контрбанкетом; б – контрфорсом;

1 – поверхня схилу; 2 – контрбанкет; 3 – поверхня ковзання зсуву;

5 – контрфорс



a

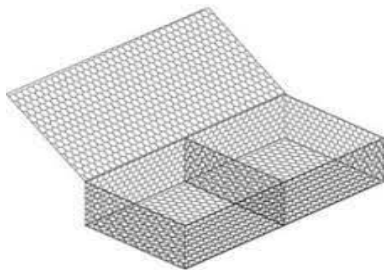


б

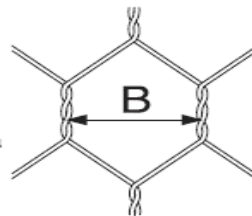
Рис. 16. Армування насипного відкосу:
a – металом; *б* – геотекстилем

Геотекстиль – це нетканий рулонний матеріал, виготовлений із поліпропіленових і поліефірних волокон голкопробивним методом. Він міцний, розтягується до 120 %, запобігає змішуванню шарів ґрунту, легко фільтрує ґрунтові води й захищає ґрунтову поверхню від ерозії.

Застосування габіонів підвищує стійкість схилів контрбанкетів практично будь-якого ухилу. Габіон (від лат. «дротяна корзина») виготовляють зі сталевого дроту (рис. 17), покритого цинком або сплавом цинку й алюмінію (гальфаном). Усередині габіонів через кожний метр по довжині встановлені діафрагми. Габіони виготовляють у вигляді короба, циліндра й матраца.



a



б



в

Рис. 17. Габіон:
a – загальний вид; *б* – дротяна чарунка габіона;
в – габіон зі зварної сітки, заповнений гранітним камінням

Для укріплення схилів у пологій частині укосу з габіонних ящиків формують надійний упор для контрбанкета. Нижні габіони кріплять до землі забитими по кутах сталевими стрижнями діаметром 16–19 мм. Габіони між собою з'єднують дротом і заповнюють твердим важким камінням водостійких порід із розмірами, які перевищують розмір чарунки сітки в 1,5–2 рази.

На насипних схилах і контрбанкетах укладають георешітки (рис. 18) або залізобетонні решітки.

Контрфорси у вигляді окремих блоків чи стін поперек зсувного схилу з трапецеїдальними вертикальними підпірками (контрфорсами) влаштовують здебільшого в його нижній частині, якщо зсувний схил має невелику товщу, а ґрунт схилу не можна порушувати влаштуванням більш радикальних конструкцій. Контрфорси можуть бути виготовлені з бутової кладки, бетону, бутобетону або залізобетону (рис. 15, б). Якщо зсувний схил складений м'якою пластичною глиною, застосовувати контрфорси не можна.

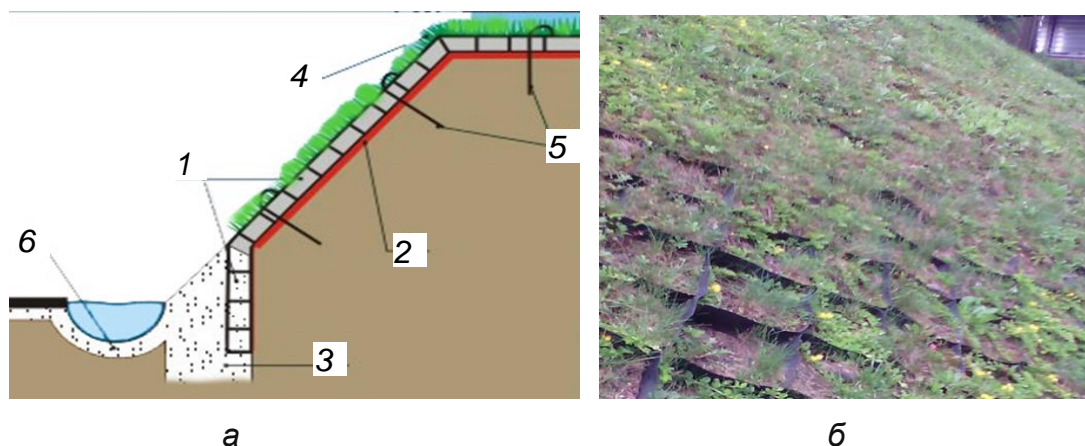


Рис. 18. Георешітка на схилі:

- а – конструктивна схема; б – вид схилу;
 1 – чорнозем в решітці; 2 – геотекстиль; 3 – бетон;
 4 – трава; 5 – анкер; 6 – лоток

Споруди глибокого закладання поділяють на **основні та проміжні**. Основні споруди сприймають значну більшість навантаження від можливого зсуву, а проміжні споруди розміщують між основними спорудами так, щоб вони в плані формували арку. Проміжні споруди передають навантаження на основні споруди й не допускають руху ґрунту в проміжках між основними спорудами.

Основні споруди сприймають зсувний тиск через реактивний опір стійкого ґрунту. Їх виготовляють із:

- буронабивних паль;

- підпірних стін із буропересічних набивних паль;
- набивних опор прямокутного, таврового й іншого перерізу;
- металевих або залізобетонних паль-оболонок;
- анкерних конструкцій;
- комбінованих конструкцій;
- розосереджених глибоких масивних устоїв.

Буронабивні палі влаштовують із терас шириною 12 м за відомою технологією діаметром до 122 см і глибиною 10–30 м. Такі пальові стіни можуть витримувати зсувний тиск до 1000 кН на 1 пог. м.

Структура процесу влаштування буронабивної палі така:

- буріння свердловини під захистом обсадної труби;
- монтаж арматури;
- бетонування палі з вийманням обсадної труби.

Буріння виконують коротким шнеком у кінці бурової штанги крізь обсадну трубу, нарощувану ланками. Шнек із ґрунтом піднімають для розвантаження, а обсадну трубу вдавлюють у забій гідроциліндрами. Арматурний каркас кільцевого перерізу опускають в обсадну трубу. Високорухливу (ОК = 21 см) бетонну суміш скидають в обсадну трубу на глибину до 25 м без ризику розшарування. За наявності ґрунтової води високорухливу бетонну суміш укладають бетононасосом або вертикально переміщуваною трубою (ВПТ) з одночасним вийманням обсадної труби. У нестійких ґрунтах обсадну трубу не виймають. Ці конструкції надійніші й дорожчі.

Підпірні стіни із буропересічних паль споруджують влаштуванням уприутл із напуском ряду монолітних залізобетонних паль діаметром (60–122 см), глибиною до 40–50 м. Для створення стіни палі влаштовують у дві черги.

У першу чергу ряд бетонних неармованих паль влаштовують із відстанню між палями меншу за два діаметри. У цьому випадку відстань між зовнішніми поверхнями паль становить 0,9–0,8 діаметра паль. У другу чергу, через 2-3 дні, щоб бетон набрав міцності, між влаштованими палями першої черги виготовляють такі самі за розміром армовані палі (рис. 19).

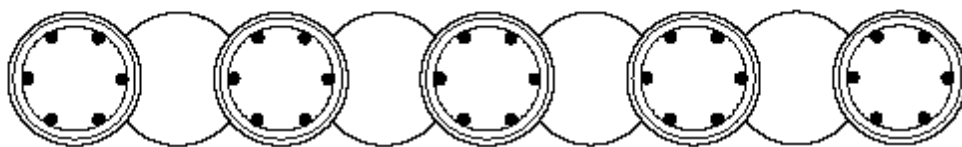


Рис. 19. Фрагмент плану підпірної стіни із буропересічних паль:

січні палі першої черги не штриховані; палі другої черги з армуванням

Під час буріння свердловини для палі другої черги буровий орган зрізав ґрунт і сегменти бетону з палі першої черги (звідси назва – буропересічні), тому палі першої черги рекомендують не армувати, бо бур чіпляє за арматуру й руйнує стик. Після бетонування і твердіння бетону у всіх палях отримують монолітну бетонно-залізобетонну підпірну стіну.

Набивні опори прямокутного й інших перерізів влаштовують у стійких ґрунтах за відсутності ґрунтових вод із великими затратами людської праці з використанням засобів малої механізації та вантажопідіймальної техніки. Глибина таких опор може сягати 10–20 м, площа перерізу становить 3–5 м². На терасі наносять контур поперечного перерізу набивної опори. Після викопування з контуру ґрунту на глибину, вказану в проєкті, стінки котловану кріплять щитами, дошками та розпірками і знову викопують ґрунт на глибину наступного кріплення стін котловану. Такі виробничі цикли повторюють до досягнення проєктної глибини опори.

Робітник укладає ґрунт у циліндричну баддю, яку піднімають на поверхню легким електрокраном-укосиною. Тим самим краном 1-2 робітники подають у котлован матеріали для кріплення стін, армування та бетонну суміш. Усі роботи у котловані виконує один або два робітники з кваліфікаціями широкого профілю.

Залізобетонні палі-оболонки виготовляють переважно з металу або залізобетону і навіть із дерева у вигляді пустотілої палі. Металевий оболонковий корпус із загостренням унизу, відкритий зверху має порожнину всередині, у яку вставляють армування і укладають бетонну суміш після заглиблення (рис. 20).



а

б

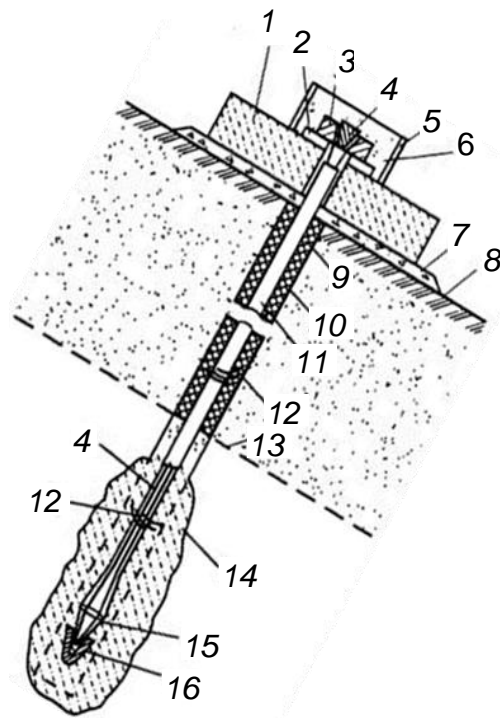
Рис. 20. Палі-оболонки перед заглибленням:
а – діаметром 1,8 м; б – діаметром 0,4 м

За такого способу влаштування палі, конструкція якої значно легша від повнотілої, для її заглиблення використовують машини меншої потужності, що дуже важливо в умовах схилу. За наявності потужних машин розміри такої палі можуть бути збільшені в декілька разів і досягнуть 0,6–1,5 метра й більше. За великих діаметрів оболонки її заглиблюють із відкритим нижнім кінцем, а ґрунт з оболонки вибирають після її заглиблення і укладають бетонну суміш. Оболонки таких палей заглиблюють віброзанурювачами.

Анкерні конструкції в ґрунті набули в Україні широкого розповсюдження протягом двох останніх десятиліть. Конструктивні рішення використання ґрунтових анкерів (рис. 21) дуже різноманітні – від самостійного до комбінованого застосування з різними конструкціями, а для влаштування анкерів використовують як легке, так і важке обладнання.

Рис. 21. Ґрунтовий анкер:

- 1 – анкерна плита;
- 2 – розподільча плита;
- 3 – верхній анкер;
- 4 – тяж із пучка дроту, заклинений після натягу;
- 5 – опалубка;
- 6 – цементний розчин;
- 7 – щебінь;
- 8 – поверхня схилу;
- 9 – гідроізоляція;
- 10 – свердловина;
- 11 – шланг;
- 12 – направляючі; 13 – поверхня зсуву; 14 – ін'єкція розчину;
- 15 – нижній анкер; 16 – конус



Анкери за конструкцією виготовляють чотирьох груп: клинові, розпирні, набивні, нагнітальні. За глибиною розділяють на дві групи: мілкого закладання довжиною 1–5 м і глибокого закладання довжиною 6–30 м. Анкери глибокого закладання слід закріплювати у свердловинах тільки за допомогою ін'єкції під тиском в'язучих матеріалів. Для заведення анкерів у міцні ґрунти можна закріпити зсуви

потужністю
12–18 м.

Анкерне кріплення виконують у вигляді:

- одиночних анкерів з анкерними плитами;
- анкерів разом із металевими сітками на поверхні між анкерами;
- анкерів разом із залізобетонним покриттям поверхні між анкерами.

Анкери глибокого закладання слід застосовувати у вигляді складових конструктивних елементів монолітних залізобетонних підпірних стін, контрфорсів, горизонтальних поясів, вертикальних ребер і ґрат (рис. 22).

Комбіновані конструкції застосовують у ґрунтах, які задовольняють одночасно умовам улаштування декількох видів зміцнювальних споруд. Разом із монолітними залізобетонними підпірними стінами, палями й іншими конструкціями варто застосовувати анкери глибокого закладання.

Буронабивні палі діаметром 20–30 см із похилим анкером (аналогічно рис. 22, б) прикріплює ростверк до корінних порід, що полегшує їх роботу і зменшує кількість і розміри паль порівняно із самостійними палями.

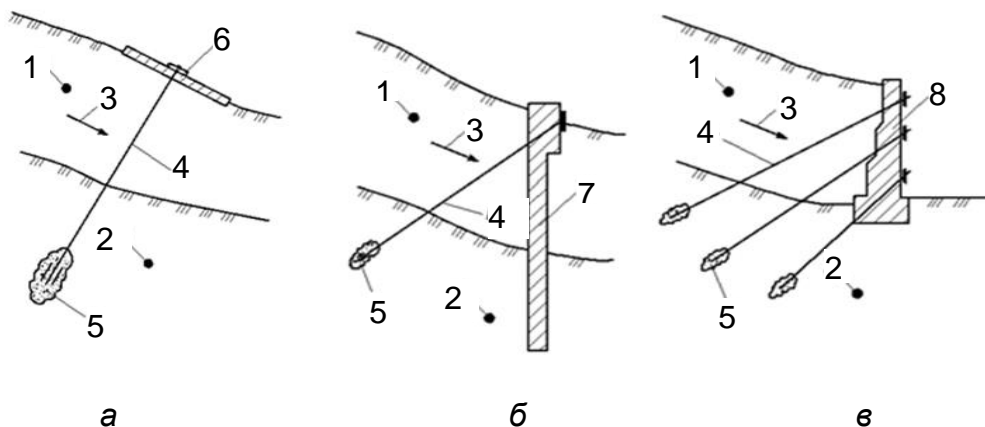


Рис. 22. Протизсувні споруди комбіновані з анкером:

а – одиночний анкер з плитою; б – горизонтальний пояс на палях з анкером; в – масивна підпірна стіна з анкерами;

1 – зсувний масив; 2 – стійкий ґрунт; 3 – напрямок зсуву; 4 – тяж із захистом; 5 – ін'єкція розчину; 6 – анкерна плита; 7 – буронабивна паля; 8 – підпірна стінка

У разі об'єднання паль ростверком (рис. 23) їх стримувальна здатність зростає, а разом із підірними стінами й анкерами зростає в рази.

Розосереджені глибокі масивні устої влаштовують з двох причин:

- для утримання зсувних ґрунтів схилу в ролі основних споруд
- глибокого закладання разом із проміжними спорудами;
- як фундаментні опори інженерних або транспортних комунікацій.

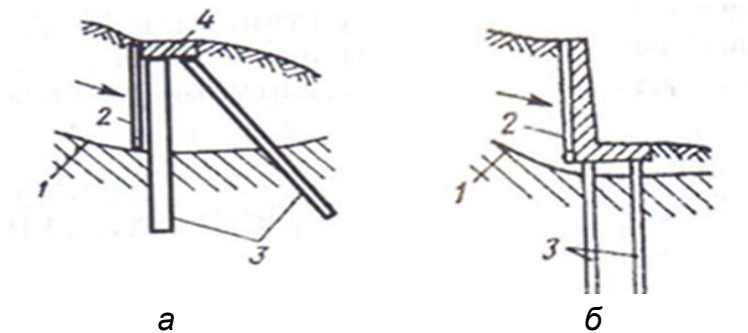


Рис. 23. Комбіновані протизсувні споруди:

а – буронабивна паля з підірною палею; б – залізобетонна стінка на палях; 1 – поверхня зсуву; 2 – дренаж; 3 – палі; 4 – ростверк

Ці фундаменти обтікають зсуви, які недоцільно стабілізувати. В обох випадках ці масивні устої шахтної проходки закладають нижче поверхні ковзання у глибокі стійкі й міцні ґрунти на розраховану глибину (рис. 24)

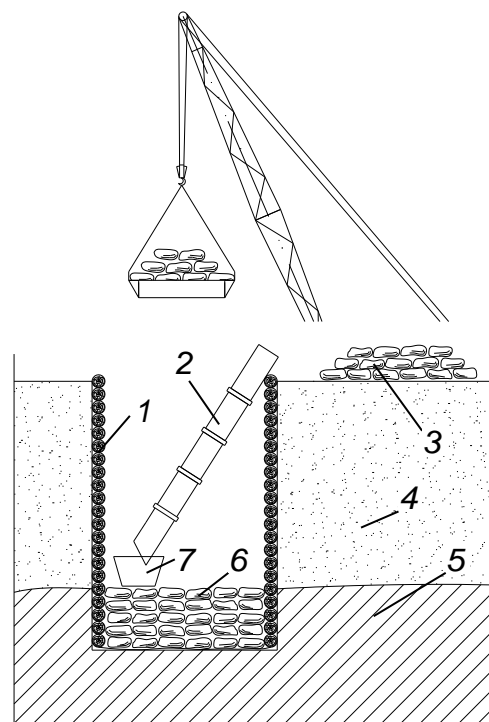


Рис. 24. Схема організації будової кладки підземної частини устою:

1 – кріплення-опалубка із колод;
2 – жолоб для подачі в котлован

розчину; 3 – бут; 4 – зсувний ґрунт;
5 – міцний ґрунт; 6 – бутова кладка;
7 – корито для розчину

Вони витримують тиск від зсувної товщі 15–20 м. Поперечний переріз масивних устоїв перебуває в межах 4–12 м², переважно прямокутної форми. Устої виготовляють із залізобетону, бетону, бутобетону, бутової кладки.

На широкій терасі, шириною не більше за 12 м, влаштовують робоче місце для виконання робіт. Це:

- складання й нарощування опускного кріплення стінок шахти із колод у міру його опускання під час копання шахти, яке одночасно буде опалубкою для влаштування підземної частини устою;
- копання шахти під захистом опускного кріплення до проєктної відмітки з видаленням викопаного ґрунту;
- влаштування підземної частини устою в опалубці з колод (рис. 24);
- упорядкування території відповідно до проєкту.

Проміжні споруди перешкоджають обтіканню зсувного ґрунту основних споруд, передають частину зсувного тиску на основні, чим зберігають стійке положення схилу. Глибина закладання проміжних споруд повинна бути не менше ніж 1 м у стійкому нескельному ґрунті. Проміжні споруди слід влаштовувати так, щоб вони утворювали в плані переривчасту арку, повернуту випуклістю вгору схилу, і запобігали разом з основними спорудами продавлюванню ґрунту зсуву. Для цього проміжні залізобетонні споруди слід об'єднувати із залізобетонним ростверком.

Проміжні споруди можуть влаштовувати у вигляді:

- ґрунтоцементних і буронабивних паль і конструкції із них;
- шпонок і підпірних стін;
- анкерних стримувальних конструкцій;
- комбінованих конструкцій.

Ґрунтоцементні палі влаштовують спеціалізованим устаткуванням на гусеничному крані перемішуванням ґрунту високонапірним струменем цементного розчину для створення колони діаметром 60–200 см (рис. 25).

Для влаштування палі послідовно виконують три комплексні процеси: 1) буріння лідера діаметром 112 мм на проєктну позначку (прямий хід); 2) підйом бурової колони з обертанням і одночасним

подаванням крізь сопла у буровій коронці струменів цементного розчину в ґрунт під тиском до 500 атмосфер, які роздрібнюють і змішують ґрунт з водним розчином цементу в радіусі 300–1000 мм; 3) заглиблення в незатверділий ґрунтоцемент армувального каркаса.

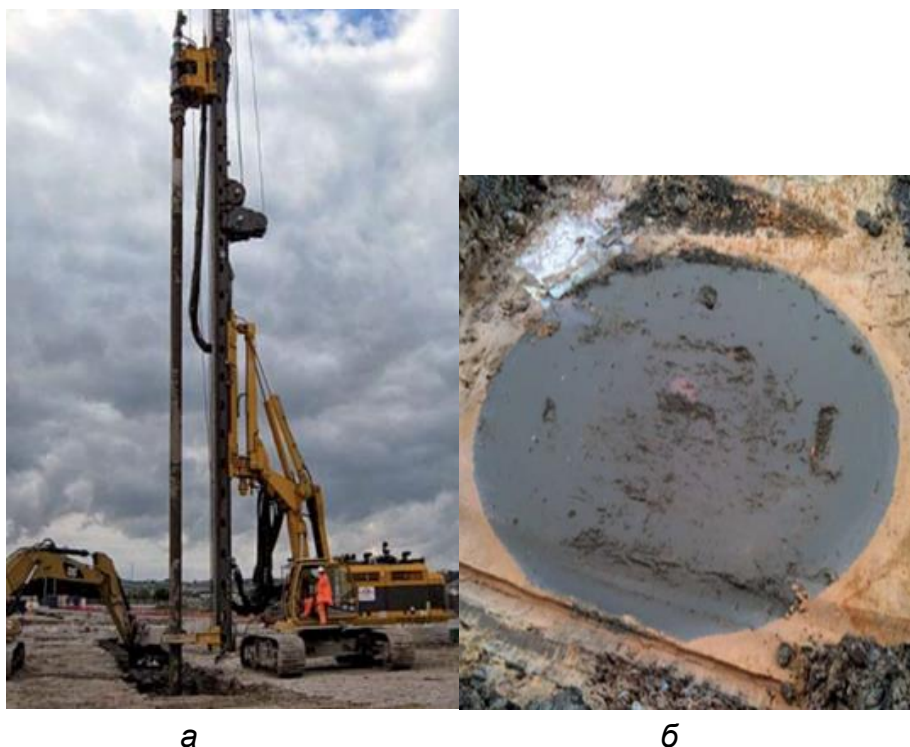


Рис. 25. Влаштування ґрунтоцементної палі:
а – установка в роботі; б – верхній торець палі

Ця технологія має такі переваги: висока швидкість робіт і відсутність динамічних впливів.

Буронабивні палі і конструкції з них як проміжні опори влаштовують за відомими технологіями (див. стор. 22) у разі великої товщі зсувних ґрунтів і наявності можливості доставити й розмістити на схилах потрібне виробниче обладнання та матеріали.

Шпонки рекомендують для затримання можливих зсувів у разі невеликої товщі можливого зсуву з крутістю схилу до 50°. Це залізобетонні фрагменти буронабивних паль, які влаштовують у свердловинах для затримання зсуву. Їх розміщують так, щоб середина шпонки була приблизно в площі зсуву, а нижня і верхня перебували у стійкому ґрунті, не менше за 2 м, і у зсувному (рис. 26). У плані шпонки розміщують у шаховому порядку. Свердловину над шпонкою щільно заповнюють глинистим ґрунтом.

Підпірні стіни: масивні, гнучкі, консольні, комбіновані – використовують частіше для закріплення схилів. Основа підпірної стіни

має бути в міцних материкових ґрунтах, але стіна висотою понад 6 м не є раціональною. Стіни можуть бути виготовлені із каменю, бетону, бутобетону і монолітного та збірного залізобетону відомими технологіями, і навіть із дерева (рис. 27).

Рис. 26. Протизсувна споруда з коротких паль-шпонок:
 1 – зсувний масив; 2 – стійкий ґрунт;
 3 – поверхня зсуву; 4 – напрямок зсуву;
 5 – палішпонки; 6 – заповнення свердловин ґрунтом

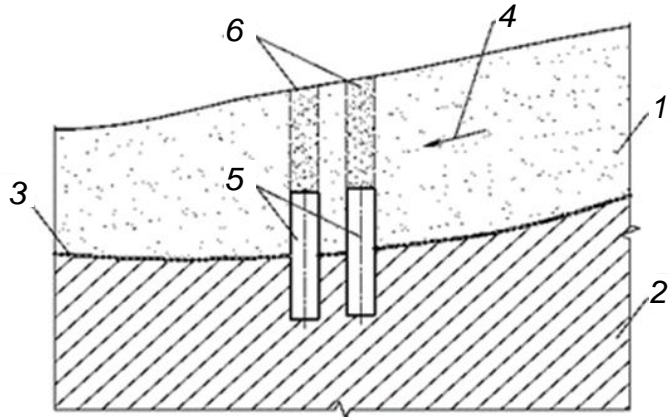


Рис. 27. Підпірні стіни на схилах Буковелю

Масивна стіна утримує зсувні ґрунти своєю масою (рис. 28), для чого має велику площу поперечного перерізу у вигляді прямокутника або трапеції і працює на зсув у стійкому ґрунті та на перекидання.



Рис. 28. Масивна підпірна стіна споруджена після зсуву ґрунту на автомобільну дорогу

Для її спорудження на схилі чи в основі схилу знімають рослинність і родючий шар ґрунту, у разі потреби влаштовують терасу та під'їзди до робочого місця. У природній основі влаштовується котлован у вигляді поздовжньої виїмки. Довжину котловану обмежують захватками до 10 м, щоб уникнути зсуву схилу. Для механізації будівельних процесів використовують екскаватори, забезпечені змінним устаткуванням крана, самохідні стрілові крани й оснащення для подавання матеріалів.

Гнучку стіну влаштовують із залізобетону. Вона має поперечний переріз у вигляді перевернутих букв «Т» або «Г» (рис. 12.) із двох залізобетонних плит. Вертикальна плита стіни жорстко з'єднана з горизонтальною фундаментною плитою.

Консольну стіну виготовляють із монолітного залізобетону на фундаменті з паль за наявності з ними жорсткого зв'язку, для чого низ стіни влаштовують нижче оголовка паль на проектній глибині. За достатнього заглиблення паль у стійкі ґрунти вся конструкція працює як консоль на згин від напору зсувного ґрунту. Консольну стіну можна виготовити з пересічних буронабивних паль. Стіни з пересічних буронабивних паль влаштовують за викладеною раніше технологією за умови доступу до робочого місця на схилі.

Комбінована стіна об'єднує сукупність ознак перерахованих стін та інших конструктивних рішень (наприклад, масивна стіна на пальовому фундаменті або гнучка стіна з ґрунтовим анкером тощо).

Анкерні та комбіновані проміжні стримувальні споруди влаштовують за технологіями, аналогічними технологіям для будівництва основних споруд, з такими самими назвами, які викладені у цьому розділі раніше, з можливими змінами обсягів робіт і параметрів конструкцій.

1.3. Виконання допоміжних протизсувних заходів

1.3.1. Лісомеліоративні заходи на схилах

Лісові насадження уповільнюють або ліквідовують зсуви через зміцнення ґрунту кореневою системою, осушення ґрунту, запобігання ерозії, зменшення інфільтрації в ґрунт поверхневих вод, зниження дії вивітрювання. Насадження виконують рядами з шириною міжрядь 2,5

м, з відстанню між рослинами в ряду 0,5–1,0 м трьома способами: 1 – механізованим; 2 – автоматизованим; 3 – ручним.

У механізованому й автоматизованому способах використовують лісосадильні машини. Для роботи машини територію потрібно підготувати: засипати ями, зрізати пагорби, намітити шлях машини тощо.

Усі лісосадильні машини (рис. 29) мають раму, леміш, обладнання для засипання й автоматичний саджальний пристрій. У деяких машинах леміш замінено металевими дисками під кутом 12° , які створюють борозну.

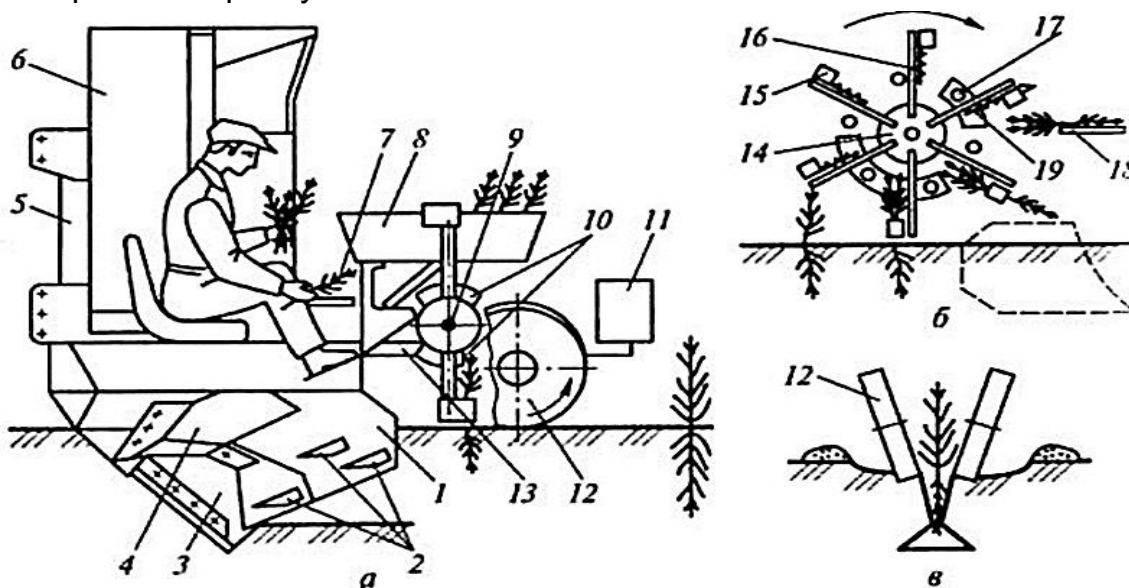


Рис. 29. Причіпна лісосадильна машина:

- а – загальний вид; б – саджальний механізм; в – саджальна щілина;
 1 – сошник; 2 – розпушувачі; 3 – ніж; 4 – леміш; 5 – рама; 6 – кабіна;
 7 – столик; 8 – ящик для саджанців; 9 – саджальний механізм;
 10 – розкривачі захоплювача саджанців; 11 – регульований баласт;
 12 – каток-ущільнювач; 13 – рухома рамка; 14 – диск; 15 –
 захоплювач; 16 – важіль; 17 – ролик; 18 – столик; 19 – пружина

Саджальний пристрій подає в борозну рослини по одній через певний інтервал. Два котки засипають з ущільненням ґрунт у борозні. Крім посадки дерев і кущів схили засівають травами кореневищних, рихлокущових і стрижневокорених видів. Посів багаторічних трав без допоміжних заходів захисту виконують на схилах з ухилом до 35° .

Садження рослин вручну у ямки виконують в разі невеликого обсягу ділянки. Ями робітники копають глибиною 70 см і більше для дерев і 30–70 см для кущів. На дно ямки вкладають шар пухкого чорнозему і в центрі забивають опорний кілок для кріплення

посадженого дерева (рис. 30).

Рослину ставлять у яму з розправленням кореневої системи. Під час засипання коренів їх підтрушують, щоб земля заповнила простір між корінням. Ґрунт ущільнюють від краю ями до центру. Навколо рослини, по контуру ями, формують ґрунтовий валик, щоб вода під час поливання не розтікалась.

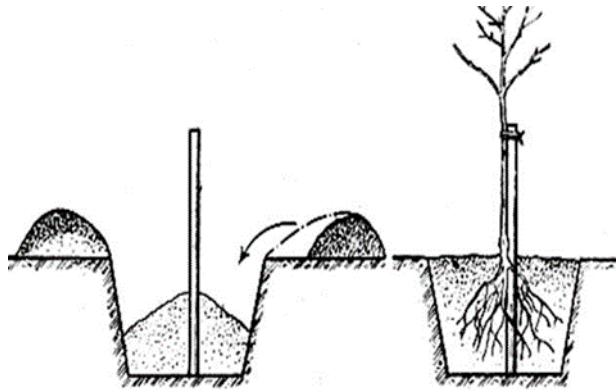


Рис. 30. Ямкове садження дерева

Коренева шийка повинна бути вище на 2–3 см від рівня землі. Наприкінці посадки дерево поливають водою об'ємом близько 25 літрів.

1.3.2. Регулювання стоку водних опадів

Для влаштування поверхневого водовідводу застосовують: відкриті і закриті водостоки, нагріні водостоки, лотки, вали і канали, пішохідні доріжки з водонепроникним покриттям, лотки-дороги, шахтні водоскиди, перепади, швидкотоки й інші споруди.

Для надання терасі водозатримувальних властивостей полотно має зворотний у поперечному напрямку кут 3–7°. Біля внутрішньої сторони тераси влаштовують залежно від властивостей ґрунтів лотки або кювети (рис. 31, 32) з гасниками швидкості водного потоку.

Відведення води з поверхні схилу запобігає її проникненню в ґрунти схилу й не допускає накопичення її в понижених місцях рельєфу. Тріщини ґрунту і виїмки схилів слід тампонувати глинистими ґрунтами, а поверхню спланованого схилу – ущільнювати.



а



б

Рис. 31. Лотки водовідведення:
а – бетонний, б – полімер бетонний

- Для влаштування поверхневого водовідведення рекомендовано:
- мережі водовідведення трасувати природним стоку;
 - робити мережу з коротких лотків, (рис. 33), яка допускає деформації ґрунту;
 - канави вимощувати водонепроникним камінням.

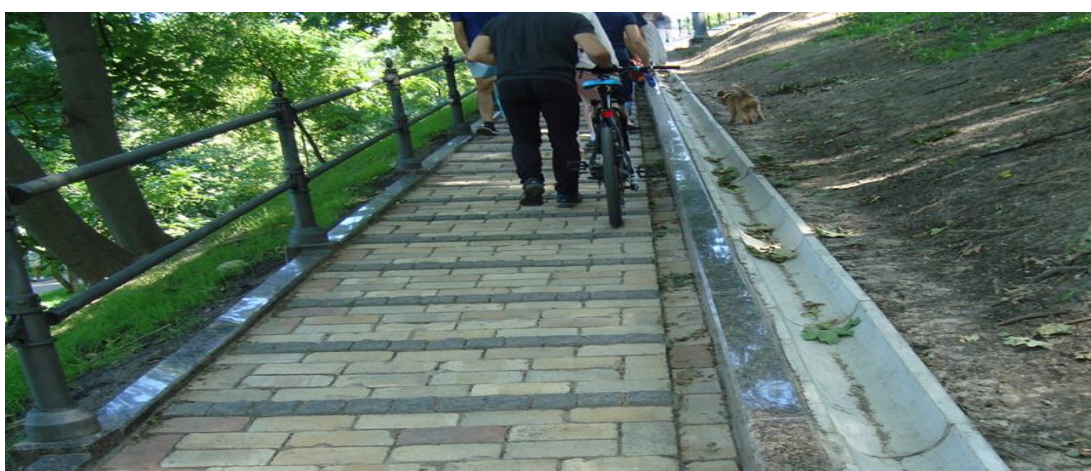


Рис. 32. Лоток водовідведення на терасі схилу

До виконання робіт влаштовують тераси, робочі майданчики. Конструкції водовідведення споруджують за відомими технологіями з використанням засобів малої механізації та ручних електроінструментів, які працюють від переносних електростанцій.

Для укладання лотків викопують вручну неглибокі траншеї з укладанням на дно траншеї шару глини і знизу вгору 2 шарів рулонної ізоляції. На неї монтують лотки знизу вгору. Траншею і боки лотків ущільнюють ґрунтом і формують відкоси з ухилом у бік лотка, а не так, як це показано на рис. 33. Тут вода тече за межами лотка.



Рис. 33. Лоток водовідведення змонтовано не в траншеї, а на водорозділі

1.3.3. Регулювання ґрунтових вод мілким дренажем

Рівень ґрунтових вод на зсувних схилах регулюють:

- горизонтальним дренажем мілкового закладання;
- горизонтальним дренажем із шпунтовим рядом;
- каптажем.

Горизонтальний дренаж мілкового закладання споруджують поперек руху ґрунтових вод глибиною 2–3 м і не глибше 6 м у відкритих траншеях із азбестоцементних або гофрованих полівінілхлоридних труб діаметром 200 мм і більше, з поздовжніми щілинними пропилами в середній частині з боків. Найменший ухил труб у бік водовипуску в глинистих ґрунтах – 0,02, у піщаних – 0,03. Максимальна швидкість води в трубах – 1 м/с. У місцях поворотів і приєднань трас дренажу, зміни ухилів і діаметрів труб і на прямих ділянках через 50 м влаштовують колодязі. Воду з дренажу випускають у водостоки або водоймища вище за рівень води.

На контакті труб із ґрунтами влаштовують фільтри з піщано-гравійних щебеневи обсіпков, захищених геотекстилем (рис. 34).

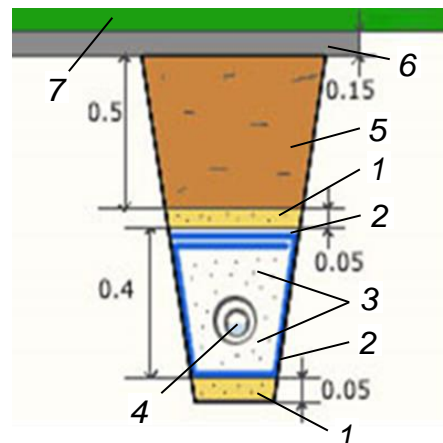


Рис. 34. Дренаж мілкового закладання (знизу вгору):

1 – пісок; 2 – геотекстиль; 3 – щебінь; 4 – дренажна труба; 5 – місцевий ґрунт; 6 – чорнозем; 7 – трава

Структура процесу спорудження такого дренажу передбачає ряд процесів: розчищення траси дренажу та зняття рослинного шару ґрунту; влаштування тераси по трасі дренажу; копання траншеї; влаштування водозниження голкофільтрами; укладання матеріалів і виробів у послідовності знизу вгору; демонтаж голкофільтрів;

влаштування зворотної засипки траншеї; рекультивація поверхні тераси.

Уздовж траси дренажу можуть бути влаштовані декілька паралельних терас (робоча, транспортна, складська).

Горизонтальний дренаж із шпунтовим рядом влаштовують у разі неглибоких водоносних горизонтів (із глибиною до водоупору до 7,0 м) за межами зсувонебезпечної зони. Шпунт за такої конструкції дренажу є кріпленням стінок траншеї під час виконання робіт.

Каптаж влаштовують для збільшення дренажу водоносних горизонтів невеликої потужності в разі їх виходу на схил. Каптаж – це розчищення джерел і виходів ґрунтових вод на поверхню схилу. Мулистий ґрунт і рослинність заважають виходу ґрунтової води зі схилу, бо вода насичує все більший об'єм ґрунту схилу і збільшує імовірність його зсуву.

У нижній частині найбільш вологого місця схилу видаляють ґрунт, який затримує воду. Розчищене місце огорожують бетонною стінкою висотою близько 1 м, яка опирається на водонепроникний шар ґрунту. На висоті низу водоносного шару ґрунту крізь стіну вставляють металеву водопропускну трубку. Із зовнішнього боку стіни під трубкою бетонують лоток відведення води від схилу, а в розкопці між стінкою і розчищеною поверхнею водоносного шару схилу влаштовують зворотний фільтр, щоб не було виносу зі схилу мілких часточок ґрунту (рис. 35).

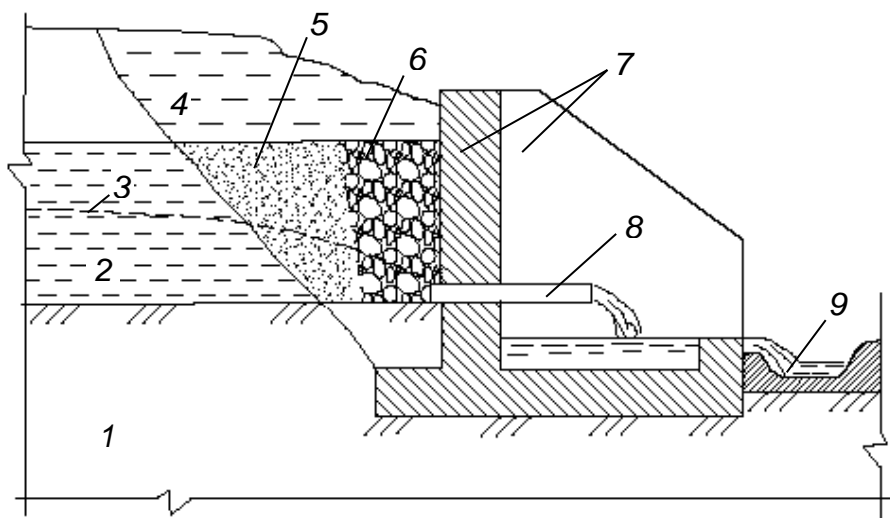


Рис. 35. Розріз каптажу в схилі:

1 – водоупор; 2 – водоносний шар ґрунту; 3 – рівень ґрунтової води; 4 – засипаний ґрунт; 5 – засипаний пісок і щебінь (6) зворотного фільтра; 7 – залізобетонна огорожа джерельного

водовипуску; 8 – труба водовипуску; 9 – лоток відведення джерельної води

1.3.4. Хімічне закріплення нерухливих ґрунтів схилів

Хімічне закріплення зсувних схилів відбувається після ін'єкційного нагнітання в ґрунт хімічних розчинів, які твердіють, закріплюючи ґрунт. До цього способу належать також технології заповнення пор ґрунту речовинами, які природно тверднуть. Не підлягають ін'єкційному хімічному закріпленню зсувні маси, насичені нафтопродуктами, і водонасичені ґрунти з течією 5 м за добу.

У разі хімічного закріплення ґрунтів слід не допускати забруднення підземних і поверхневих вод хімічними реагентами.

У будівельній практиці є низка способів хімічного закріплення ґрунтів, але для закріплення ґрунтів схилів рекомендовані такі: силікатизація, цементація, глинізація, смолізація ґрунтів.

Силікатизація однорозчинна лесових ґрунтів – це ін'єкційне нагнітання розчину силікату натрію (рідке скло), який твердне від сполучення із солями ґрунту. Гелеутворення проходить миттєво, а міцність ґрунту може досягати 2 МПа.

Силікатизацією дворозчинною для закріплення пісків із коефіцієнтом фільтрації від 0,5 до 80 м/добу нагнітають розчин силікату натрію і через сусідній ін'єктор нагнітають розчин хлористого кальцію. Унаслідок хімічної реакції в ґрунті утворюється гель, що швидко твердне.

Газову силікатизацію використовують у піщаних і лесових ґрунтах із затверджувачем для рідкого скла вуглекислого газу (діоксиду вуглецю). Його нагнітають для активізації ґрунту, а потім розчин рідкого скла, і знову вуглекислий газ для затвердіння. Міцність, закріплених пісків становить 0,8...1,5 МПа, лесових ґрунтів – 0,8...1,2 МПа.

Цементацію застосовують для зміцнення зсувних і насипних ґрунтів, галечників, пісків із коефіцієнтом фільтрації понад 80 м за добу. Цементаційну суміш із цементу і води за в/ц 0,401501,0 нагнітають забивними ін'єкторами діаметром 25...100 мм, де розчин цементує ґрунт.

Глінізацією ґрунтів зменшують водопроникність пісків. Водну суспензію бентонітової глини зі вмістом монтморилоніту не менше ніж 60 %, щільністю 1,2–1,3 г/см³ нагнітають ін'єкторами в піщаний ґрунт. Глинисті частки заповнюють пори піску, і водопроникність знижується.

Смолізацію застосовують для ущільнення піщаних ґрунтів із коефіцієнтом фільтрації від 10 до 120 м/добу, причому для крупного піску застосовують бітумну емульсію 50%-ї концентрації, а дрібного – 25–30%-ї концентрації. Міцність заповненого бітумною емульсією піску збільшують додаванням глини і в'язучих (цементу). Цей спосіб рекомендують для закріплення також тріщинуватих скельних порід. Метод полягає в нагнітанні через свердловини в тріщинуватий масив розплавленого бітуму або бітумних емульсій.

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть причини виникнення зсувів і заходи для їх стійкості.
2. Якими методами можна зрізати й видалити надлишок ґрунту зі зсувонебезпечного схилу?
3. Які машини використовують для влаштування терас на зсувонебезпечному схилі?
4. Які основні положення технології влаштування галерейного колектора щитовою проходкою?
5. Нарисуйте орієнтовно схему штольневої проходки галерейного колектора.
6. Яке обладнання і у якій послідовності використовують для влаштування горизонтального штольневого дренажу?
7. Викладіть основні конструктивні особливості берегозахисних споруд і технологічні особливості їх влаштування.
8. Як змінюють рельєф зсувного схилу?
9. Викладіть технологію влаштування дренажу в зсувній зоні.
10. Як влаштовують стримувальні протизсувні споруди?
11. Що являють собою агролісомеліоративні заходи на зсувних схилах?
12. Викладіть технологію хімічного закріплення зсувних схилів.
13. Як закріплюють зсувні схили палями-стояками?
14. Як влаштовують захист зсувних обводнених ґрунтовими водами схилів «стіною в ґрунті»?

2. ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ З ЯРАМИ

2.1. Загальна характеристика ярів

Яри (рис. 36) виникають унаслідок ерозії ґрунтів схилів під дією поверхневих і ґрунтових вод. Ерозійні процеси починають проявлятися за крутизни схилу $0,5-2,0^\circ$, помітно посилюються на схилах з ухилом $2-6^\circ$ і отримують істотний розвиток у разі крутизни $6-10^\circ$.

Яри класифікують за їх розмірами (табл. 2).



Рис. 36. Загальний вигляд ярів

Таблиця 2

Класифікація ярів

Класи ярів	Параметри ярів		
	Довжина, м	Глибина, м	Ширина, м
Мілкі	10–300	5–15	5–50
Середні	300–1000	10–30	50–100
Крупні	> 1000	> 30	> 100

Вибір заходів для виконання інженерного захисту на територіях з ярами залежить від стадії їх розвитку, яких є чотири (рис. 37):

- 1 – вимоїна чи вибій – на схилі утворює яр трикутного перерізу;
- 2 – врізання яру вершиною з обривом 5–10 м;
- 3 – профіль рівноваги – яр зростає створюються відвершки;
- 4 – загасання – перетворення яру в балку.

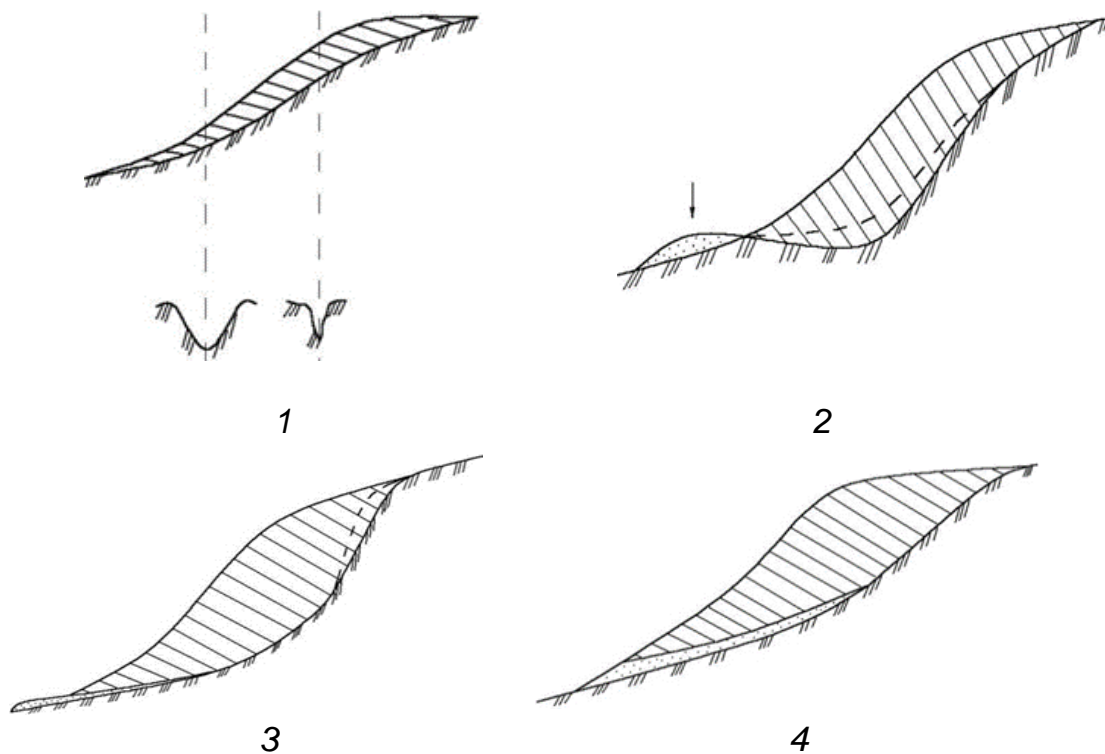


Рис. 37. Стадії розвитку ярів:
 1 – формування вимоїни чи вибою; 2 – врізання яру вершиною; 3 – досягнення профілю рівноваги; 4 – загасання утворення яру

2.2. Геотехнічні заходи на території з ярами

Виконання геотехнічних заходів наведено у зростанні їх складності:

1. Лісомеліоративні заходи у ярах.
2. Вертикальне планування укосів яру.
3. Упорядкування стоку поверхневих вод.
4. Укріплення вершини і дна яру.
5. Дренаж і каптаж підземних вод.
6. Закріплення яру інженерними спорудами.
7. Виположення та часткове заповнення яру ґрунтом.
8. Повне заповнення яру ґрунтом.

2.2.1. Лісомеліоративні заходи у ярах

Ці заходи виконують для захисту похилих укосів ярів від ерозійної дії води, яка досягає істотного розвитку за крутизни $6-10^\circ$. Застосовують два види насаджень:

- 1) приярові лісонасадження за 2–5 м від брівки і вершини яру;
- 2) заліснення укосів $8-32^\circ$ зупинить розширення яру, а заліснення дна запобігатиме поглибленню яру.

Приярові лісонасадження виконують лісовими смугами та суцільним залісненням.

– **лісовими смугами** ліс саджають уздовж брівки наявних ярів на відстані від початку укосу не ближче ніж 2,5–5 м (рис. 38).

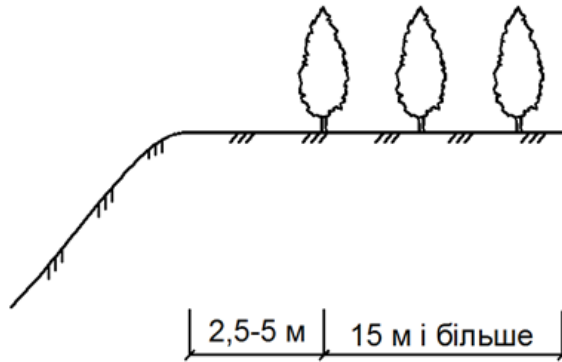


Рис. 38. Компонування лісосмуги біля яру

Якщо відстань менша за 100 м, між верхами ярових розгалужень влаштовують одну загальну приярову лісосмугу вище вершин, а площу між ними відводять під суцільне заліснення. Заліснення зменшує і уповільнює стоки. Вода розпилюється по поверхні і її перехоплює лісова підстилка. Це стримує ерозію схилів, але поповнює запаси ґрунтових вод;

– **суцільне заліснення** здійснюють на укосах ярів крутістю 8° і більше. Заліснення укосів ярів допускається, якщо укоси сформували стійкий профіль із кутом не більше ніж 32° на суглинках і 26° на супісках (рис. 39).

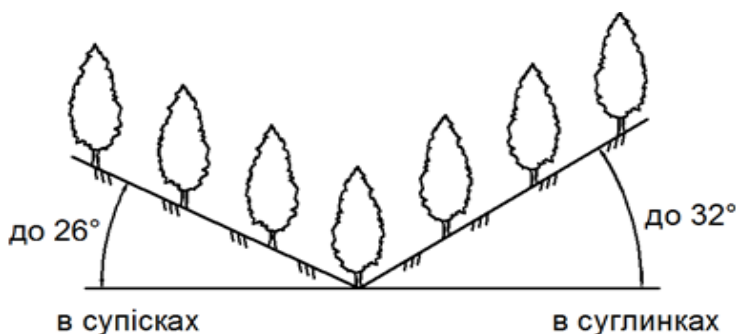


Рис. 39. Найбільші ухили заліснення на укосах ярів

Лісові насадження на дні яру дають змогу уникнути подальшого його поглиблення. На ранній стадії розвитку дно яру вузьке і заліснення зробити важко, тому спочатку влаштовують загати із живих кілків верби,

а потім дно. Найбільші ухили заліснення закріплюють вологолюбними швидко зростаючими породами дерев.

Висаджування рослин виконують трьома способами: ручним, механізованим і автоматизованим. Засівання трав (залуження) слід виконувати на схилах до 35°.

2.2.2. Вертикальне планування укосів яру

Вертикальне планування укосів яру виконують для забезпечення їх стійкості. Для цього методами механіки ґрунтів вираховують кут нахилу стійкого укосу яру.

Зрізання надлишку ґрунту у верхній частині укосів яру з укладанням у вимоїни і западини в нижній частині укосів або у вибоїнах дна яру виконують вручну з використанням механізованого інструменту. Земляні маси варто перерозподілити так, щоб досягти балансу виїмки і насипу ґрунту. Доцільно зрізаним зі схилів ґрунтом підсипати дно яру.

Для збільшення стійкості укосу створюють терасу. Тераси влаштовують на схилах 7–35° з висотою укосів понад 5–6 м. Верхню частину ґрунту укосу зрізують і надлишок ґрунту відвозять у резерв. Цю роботу виконують екскаватор з автомобілями, які перебувають за межами яру (рис. 40). Видалення ґрунту з нижньої частини схилу заборонено.

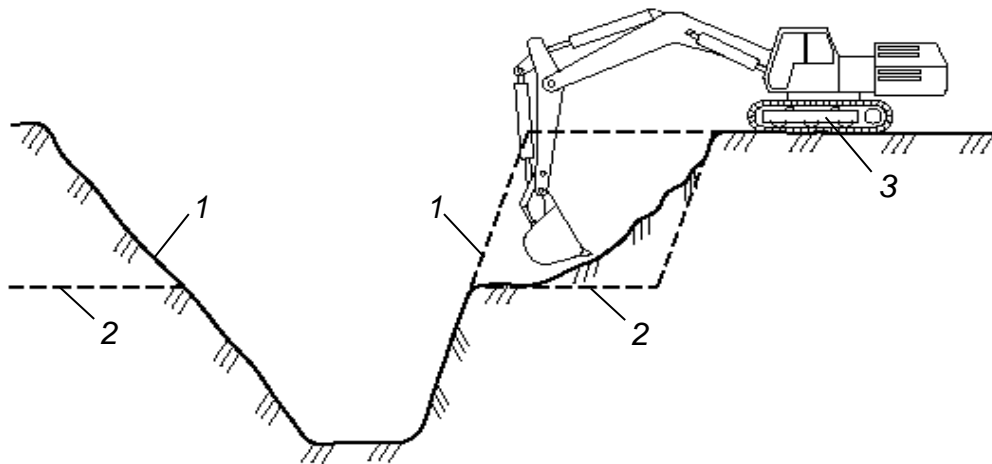


Рис. 40. Терасування схилів яру:

- 1 – існуючий профіль яру; 2 – проектний профіль яру;
- 3 – екскаватор зі зворотним ковшем

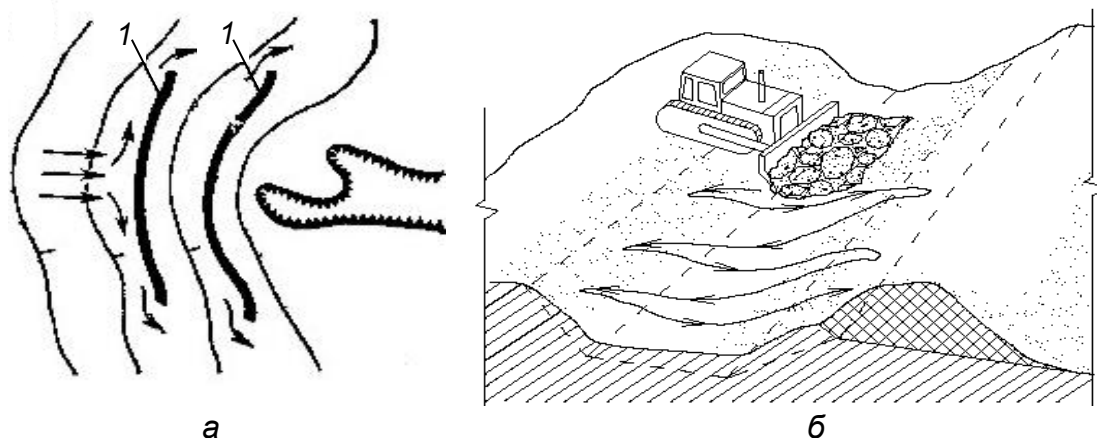
2.2.3. Упорядкування стоку поверхневих вод

Для поверхневого водовідведення влаштовують земляні гідротехнічні споруди: горизонтальні і похилі тераси; водовідвідні вали-канави; розпилувачі стоку; загати в середній частині яру; закриті

водостоки по дну яру. Влаштування цих споруд слід виконувати від вершини яру до низу.

Горизонтальні і похилі тераси влаштовують на схилах яру з крутизною схилу 7–35°. Терасер і бульдозер рухаються відповідно до проєкту поперек ухилу за прийнятою горизонталлю або з ухилом до 3° для відведення дощової води в заданому напрямку. Технологію влаштування тераси наведено в розділі «**МЕТОДИ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ВІД ЗСУВІВ**».

Водовідвідні вали-канави вище вершини яру для відводу дощових вод в обхід яру на місцевості з ухилом влаштовують бульдозером на відстані 10–15 м від вершини яру. На рис. 41 (ця відстань становить 21 м, а вал має довжину $52 + 22 + 61 = 135$ м. У торцях валу влаштовані поперечні вали для утримування води від розливу.



а

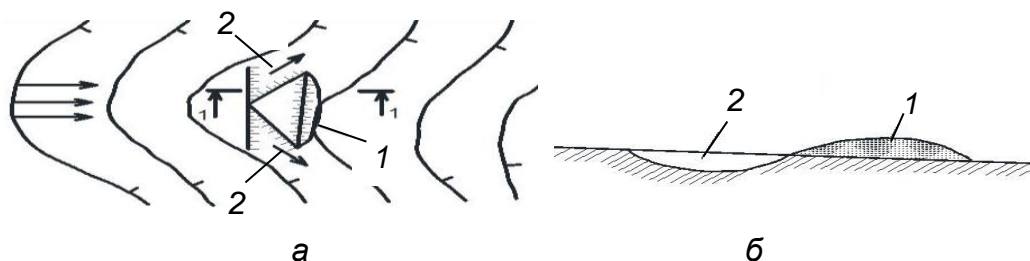
б

Рис. 41. Водовідвідний вал (1):

а – план водовідвідного валу;

б – спосіб влаштування валу

Розпилювач стоку – це викопаний у ґрунті земляний лоток і поряд із лотком, нижче за ухилом території паралельний лотку валик із ґрунту. Ця конструкція розташована поперек можливого водного потоку, що перегороджує його під кутом 45° і призначена для розділення (розосередження) потоку від дощу на 2 потоки (рис. 42).



а

б

Рис. 42. Розпилювач стоку:

а – план; б – розріз 1-1; 1 – валик; 2 – лоток

Розпилювач потоку влаштовують також бульдозером і землекопами на вершині схилу та западини, по якій може текти дощова вода. Розпилювач суттєво уповільнює ерозію ґрунту і створення яру на схилі території.

Загати в середній частині яру як малі гідротехнічні споруди у вигляді поперечних стін висотою 0,5–1,5 м влаштовують для уповільнення та ліквідації ерозії ґрунту в ярах. Їхні параметри визначають відповідними розрахунками. Загати – це стінки поперек яру із забитих дерев'яних кілків і горизонтального плетення гнучким гіллям із привантаженням ґрунтом з боку руху води.

Водозливні загати зменшують швидкість води й уположують дно через відкладення наносів між ними. Загати споруджують із живих кілків верби, фашин, дерев'яних колод і брусків, каменів і бетону, залізобетонних плит і шпунтованих паль.

Загати із живих кілків верби виготовляють із живих нарізаних із верби гілок, які очищають від розгалужень, а з товстого стовбура нарізають кілки на 0,4–0,5 м більші за проектну висоту загати. Кілки загострюють і забивають у ґрунт дна яру з кроком 0,5–0,7 м поперек яру. Потім між кілками укладають з переплітанням очищену з гілок лозу. З боку руху води загату зсипають ґрунтом з ущільненням (рис. 43).

Загати із фашин (зв'язок лози або хмизу) укладають із фашин в один або два ряди. Проміжки між ними заповнюють м'ятою глиною, каменем або фашинами.

Загати з кам'яних чи бетонних стін виготовляють у відповідальних випадках. Кам'яні стіни можуть бути виготовлені укладанням каменів на глині з трапецеїдальним перетином, що вужчий зверху, або на цементно-піщаному розчині з прямокутним поперечним перерізом. Бетонні загати виготовляють в опалубці, встановленій над траншеєю поперек яру, із заходами у відкоси яру за проектом.

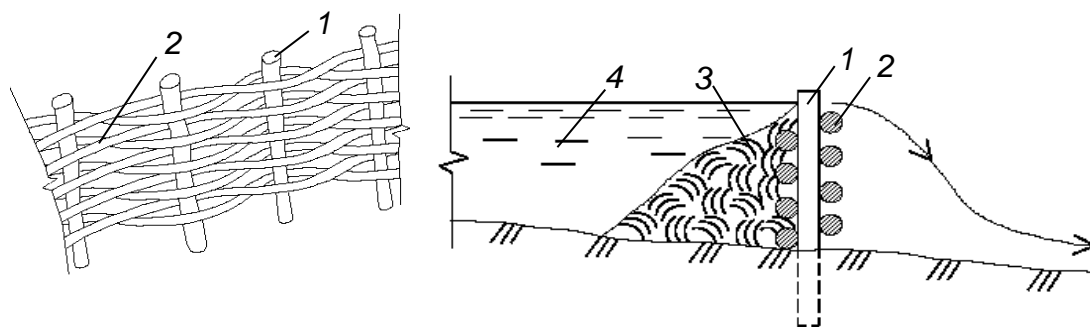


Рис. 43. Конструкція загати із живих кілків верби:

1 – дерев'яні кілки; 2 – плетіння із гілок верби; 3 – глиняний ґрунт; 4 – потік води

Загати із залізобетонних плит і шпунтованих паль як найбільш капітальні влаштовують у найбільш відповідальних і доступних для технічних засобів місцях. Загати з плит виготовляють монолітними, як бетонні, але в опалубку вкладають металевий каркас, або зі збірних вертикальних залізобетонних плит вагою до 40 кг, або із залізобетонних паль, для вдавлювання яких потрібно мати спеціальне обладнання, де довжина палі становить 2–3 м, а глибина вдавлювання – менше за 1 м.

Простір між загатами будь-якої з конструкцій слід заповнити утрамбованою глиною, каменем або фашинами, а також залишком ґрунту від вертикального планування схилів яру.

Закриті водостоки по дну яру, щоб вода не розмивала дно і борт яру, влаштовують у разі незначного засипання яру надлишком ґрунту від вертикального планування. До початку вертикального планування яру по дну роблять траншею, а місцями насип шириною діаметра водовідвідної труби, указаної в проекті, і закладають фундаменти для водоприймальних колодязів. Укладають або споруджують колодязі, укладають труби, замонолічують стики й засипають з ущільненням ґрунт до проектною відмітки дна. Таку конструкцію водовідведення застосовують у випадку збереження яру та влаштування у яру дороги.

2.2.4. Дренаж і каптаж підземних вод

Залежно від розмірів яру та гідрогеологічних умов у схилах і дні яру для запобігання зсувам схилів, замочуванню донних ґрунтів і послабленню ґрунту основи схилів яру накопиченням у ньому ґрунтових вод влаштовують різні види дренажу та каптажу. Це змінить спрямований тиск ґрунтової води на ґрунт і зміцнить його. Влаштування дренажу в схилах яру аналогічне влаштуванню їх у зсувних схилах (розділ 2).

Каптаж – це розчищення джерел, які виходять з дна або схилів яру, щоб засмічене джерело не сприяло перезволоженню схилів яру з подальшим їх руйнуванням і збільшенням яру. Щоб дно яру не поглиблювали джерельні води, іноді каптаж поєднують із трубчастим дренажем, прокладеним по дну яру, з влаштуванням зворотного фільтра й невеликого шару ґрунтової засипки. Капітальний каптаж – це бетонні або залізобетонні колодязі, облаштовані зворотними фільтрами (див. рис. 35).

2.2.5. Закріплення яру інженерними спорудами

Якщо потрібно скидати у яр поверхневі води, у ньому споруджують комплекс спеціальних водопропускних гідротехнічних інженерних споруд (рис. 44) у верхній, середній і гирловій частинах яру.

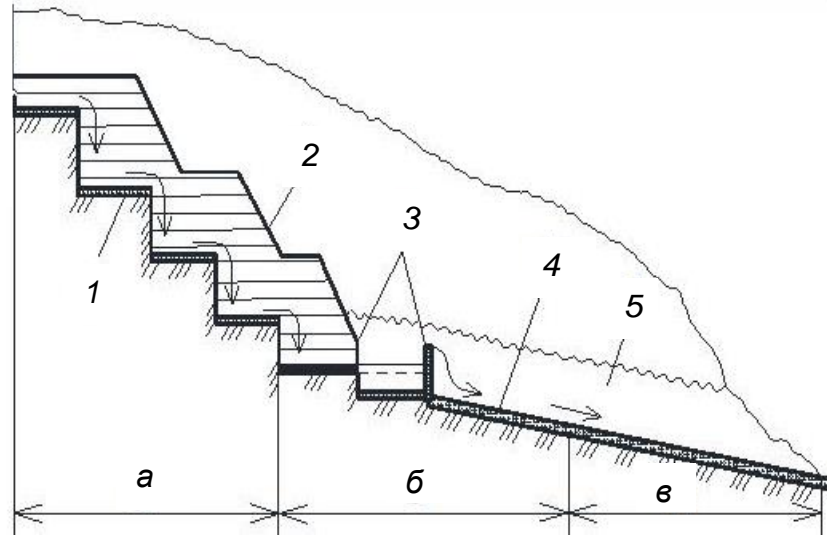


Рис. 44. Інженерні споруди в яру:

- а, б, в – верхня, середня, гирлова частина;
1 – східчастий перепад; 2 – бетонне кріплення схилу; 3 – загати;
4 – водовідбійне мощення; 5 – трава і чагарник

Вершинні водоскидні споруди дороги, а тому їх влаштовують, коли інші протиерозійні заходи не забезпечать захист землі довкола яру й дороги, з якої скидають дощову воду. До цих споруд належать лотки-швидкотоки, східчасті та трубчасті перепади, консолі, шахтні водоскиди, швидкотоки вантової конструкції (рис. 45).

Лотки-швидкотоки (або швидкотоки-перепади) забезпечують пропуск води з високого рівня на нижчий. Їх будують із залізобетону. Швидкоток складається з водонапрямних валів, понура (вхідна частина водоскиду), лотка (канал прямокутного перерізу), рисберми (споруда, де зменшується руйнівна енергія потоку, у кінці якої обладнується глиняний або кам'яний замок).

Східчасті перепади залежно від довжини схилів бувають багато-або односхідчастими. Східці складаються з водобійного колодязя, водозливної та бічних стінок. Водобій (водонепроникна споруда) приймає удар потоку води та гасить напір води.

Консолі – споруди для скидання води у глибокі яри – відрізняються від швидкотоків тим, що в кінці замість водобійного

колодязя влаштовують крутий зріз дна, по якому вода стікає на дно яру. Консольні перепади влаштовують за наявності на дні яру скельних порід.

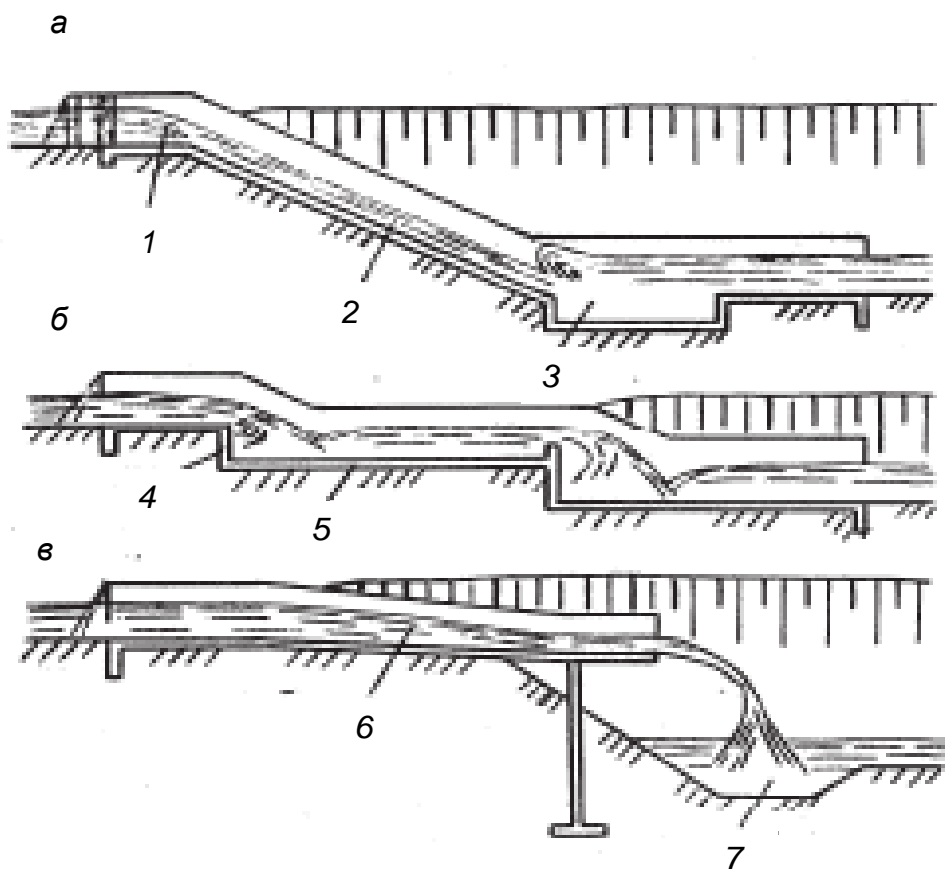


Рис. 45. Гідротехнічні споруди у верхівці яру:
 а – швидкоток; б – східчастий перепад; в – консоль;
 1 – водоприймач; 2 – лоток-швидкоток; 3 – водобійний колодязь;
 4 – підпірна стінка; 5 – водобійна площадка;
 6 – струмененаправний лоток

Трубчастий перепад будують для доповнення водоскидних споруд у разі, якщо є потреба перетнути дорогу або вулицю. Він також складається з водонапрямних валів, понура, оголовка, трубопроводу, водобою та рисберми.

Загати підвищеної міцності (кам'яні, бетонні та залізобетонні) складаються з фундаменту, вертикальної стінки, водобійного майданчика, захисних бокових стінок і земляного насипу. Висота цих споруд може сягати 1,5–2,0 м, а глибина закладання фундаменту – 0,75–1 м. На них влаштовують вертикальні стінки прямокутної форми з розмірами, розрахованими на пропуск максимальної кількості води.

Усі ці споруди влаштовують за відомими технологіями. До початку будівництва потрібно виготовити водовідвідні вали та яри для відведення від забудови водних потоків.

Серединні споруди, призначені для закріплення дна й укосів ярів, виготовляють у вигляді: загат, напівзагат і донного перепаду. Конструктивне рішення, а отже, і технологія влаштування залежать від обсягів водних потоків, але у відповідальних випадках ці інженерні споруди виконують як зі збірного, так і з монолітного залізобетону, а за наявності місцевого каміння – з бутової кладки.

Гирлові інженерні споруди, як правило, сприймають погашені водні навантаження в межах допустимих для водовідбійного мощення дна бутовим камінням, а схили укосів захищені від ерозії відповідно до рекомендованих нормативів і проєкту сортами трав і чагарників.

2.2.6. Виположення та часткове засипання яру ґрунтом

Ліквідація яру виположенням і часткове засипання яру ґрунтом із використанням виположення виконують такими способами:

- засипання ярів виположенням;
- часткове засипання ярів з обмеженим виположенням;
- часткове засипання ярів з глибоким виположенням.

Засипання ярів виположенням – це засипання малих ярів ґрунтом, який зрізують клиноподібним шаром із приярової смуги. Цей спосіб застосовують у разі заповнення ґрунтом ярів довжиною до 300–400 м із глибиною до 4–6 м і з поперечним перерізом яру до 15 м^2 (рис. 46, а).

Часткове засипання ярів виположенням до 12° (здійснюється до лінії зрізу ґрунту). Цим способом виположують укоси ярів, розташованих на схилах до 12° (якщо перетин яру $15\text{--}250 \text{ м}^2$) (рис. 46, б).

Часткове засипання ярів виположенням до 25° з метою терасування (якщо перетин яру понад 250 м^2) (рис. 46, в).

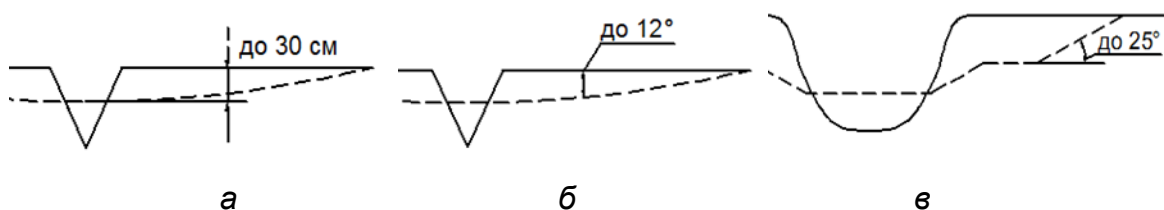


Рис. 46. Засипання ярів:

а – повне засипання виположуванням; *б* – часткове засипання виположуванням; *в* – часткове засипання з терасуванням

За всіх способів верхній шар ґрунту перед початком засипання знімають із приярової смуги, а потім рівномірно розподіляють по всій його площі, включно із засипаним яром.

Виположення яру зі створенням тераси виконують бульдозером (іноді екскаватором), який рухається вздовж яру зверху вниз із періодичним невеликим поворотом до яру, щоб скинути ґрунт у призмі штовхання в яр. Із заглибленням тераси до неї постійно заглиблюють в'їзну траншею.

Засипання і виположування ярів із постійним або періодичним потоком води або глибиною яру 15 метрів виконують із влаштуванням на дні дренажу (рис. 47).

Щоб дно яру не поглиблювали джерельні води, іноді каптаж поєднують із дренажем, прокладеним по дну яру з влаштуванням зворотного фільтра й невеликого шару ґрунтової засипки. Засипання здійснюють від верхівки до гирла, з пошаровим ущільненням кожного шару, зрізаного чи завезеного ґрунту.

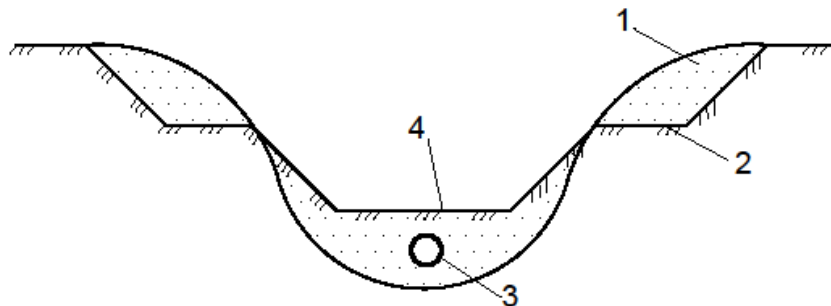


Рис. 47. Часткове заповнення яру ґрунтом для влаштування дороги: 1 – ґрунт засипання, який зрізають; 2 – проектний профіль яру; 3 – дренаж по дну яру; 4 – часткове заповнення яру

Поперечний переріз яру засипають частково, коли по його дну проєктують дороги чи інші інженерні споруди. Таке часткове засипання виконують за проєктом із можливим використанням будівельного сміття та ґрунту від копання будівельних котлованів. Доставлений ґрунт вивантажують у прияровій смугі, звідки його зіштовхують у яр бульдозером.

2.2.7. Повне засипання яру ґрунтом

Повне заповнення яру ґрунтом виконують для його ліквідації з метою відновлення первісної природної території.

Процеси повного засипання ярів передбачають такі способи:

- 1) механічний;
- 2) гідромоніторний;
- 3) землесосний;
- 4) механогідравлічний.

За всіх способів верхній родючий шар ґрунту перед початком засипання знімають із приярової смуги, а потім рівномірно розподіляють по всій його площі, включно із засипаним яром.

Щоб дощові води не розмивали вкладений ґрунт на проєктній відстані від верху яру, до початку заповнення яру викопують декілька паралельних обвідних траншей за межами робочих зон.

Механічний спосіб застосовують, якщо площа поперечного перетину яру становить близько 15 м^2 , а за наявності привозного ґрунту цей спосіб застосовують і у більших ярах. Його суть полягає в тому, що ґрунт заповнення копають землерийними або землерийно-транспортними машинами за межами яру, вказаному в проєкті, і транспортують до місця його вкладання. А тому схили, що оточують яр, повинні мати ухил для рух автомобілів із ґрунтом і землерийної техніки по схилу.

Ґрунт вивантажують уздовж яру з двох боків на відстані від яру 10–15 м. Бульдозером цей ґрунт переміщують до брівки яру, звідки його штовхають у яр (рис. 48). У яру зверху вниз ґрунт укладають шаром і виконують ущільнення механізованими засобами та машинами, які заходять у яр з гирла.

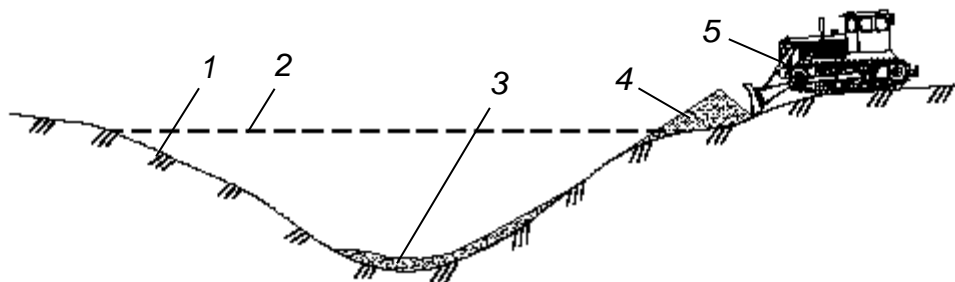


Рис. 48. Заповнення яру бульдозером:

1 – профіль яру; 2 – проєктний профіль яру; 3 – пошарове засипання яру; 4 – відвал; 5 – бульдозер

Заповнення ярів рихлим ґрунтом виконують самохідними або причіпними скреперами, а також автосамоскидами з їх завантаженням

екскаваторами. Порядок засипки яру при цьому такий самий, як і в разі роботи бульдозерами. У широких неглибоких ярах, на місцевості з малим ухилом влаштовують заїзди і виїзди для скреперів або автосамоскидів, які доставляють ґрунт для його заповнення. Роботу ведуть із вершини до гирла.

Гідромоніторний спосіб можна застосовувати, якщо перетин яру становить від 15 до 250 м², а **землесосний і механогідравлічний** способи — понад 250 м² з глибиною до 25 м. Гідромоніторний спосіб заповнення яру ґрунтом виконують за допомогою гідромонітора різної потужності, залежно від об'єму яру. Гідромонітор у кар'єрі розмиває ґрунт струменем води, який з великим тиском виходить із керованого сопла гідромонітора. До гідромонітора воду підводять по трубах від потужної насосної станції. Розмитий ґрунт, або пульпа (суміш води з ґрунтом), стікає у яму (зумпф) звідки потужним насосом по пульпопроводу, як і за землесосним способом (рис. 49), пульпу спрямовують до місця укладання ґрунту в карту намиву (обвалована територія у яру).

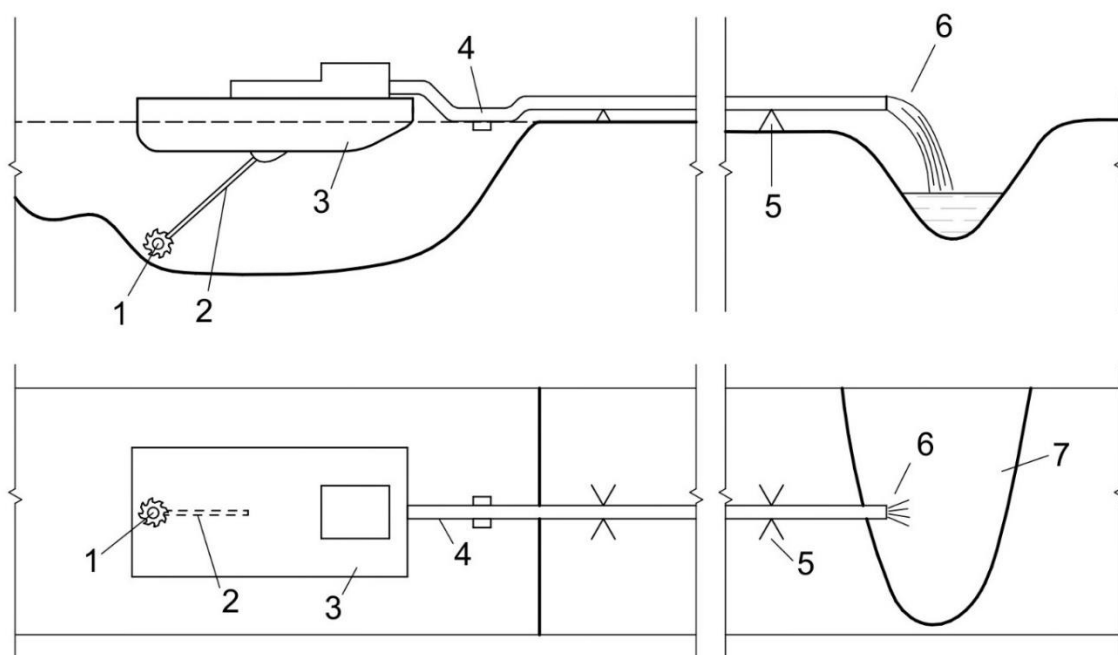


Рис. 49. Заповнення яру землесосним способом:

- 1 – фреза; 2 – труба землесосу; 3 – плавзасіб землесосу;
- 4 – пульпопровід на понтоні; 5 – опора пульпопроводу;
- 6 – вилив пульпи; 7 – яр, як карта намиву

Часточки ґрунту осідають на дно карти, а освітлена вода через водопереливний колодязь попадає у водовідвідну канаву для утилізації.

Після заповнення пульпою карти наміву пульпопровід переносять або переключають для її подачі в сусідню карту.

Землесосний спосіб, за якого у підводній виробці ґрунт розробляють плавучим земснарядом (рис. 49). Це плавзасіб типу баржі зі змонтованим на ньому земснарядом. На ґрунт на дні водойми за допомогою спеціальної стріли з плавзасобу опускають землерийну фрезу і трубу пульпопроводу (пульпа – вода зі змішаним у ній ґрунтом). Фреза розрихлює ґрунт у воді, а цю пульпу всмоктує потужний гідронасос на плавзасобі й подає у магістральний пульпопровід, прокладений над водою на понтонах, що дає змогу йому пересуватися за боєм слідом за рухом земснаряда і берегом до місця укладання ґрунту (рис. 50).

Земснаряд для перестановки підтягують лебідками, що розташовані на баржі, до заздалегідь встановлених якорів, або використовують спеціальні упорні палі та гвинт плавзасобу.

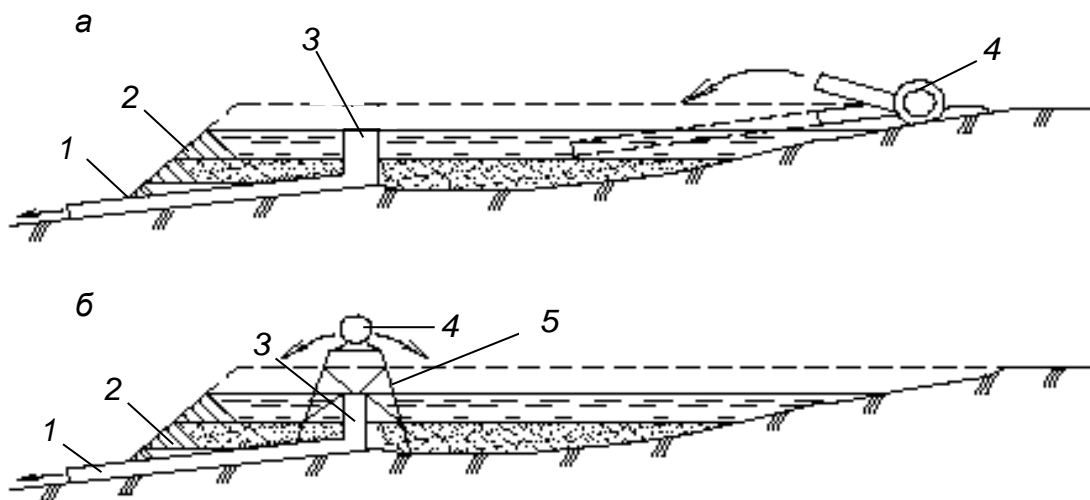


Рис. 50. Схеми наміву ґрунту в яр:
а – безестакадний; б – естакадний; 1 – водовідвідна труба; 2 – дамба карти наміву; 3 – переливний колодезь; 4 – пульпопровід; 5 – естакада

Механогідравлічний спосіб передбачає копання ґрунту в кар'єрі землерийною технікою і завантаження певної його кількості у приймальну ємність достатнього розміру, заповнену водою до встановленого рівня. Після цього міксером, установленим у ємності, з ґрунту й води готують пульпу та перекачують її у карту наміву у яр (рис. 51).

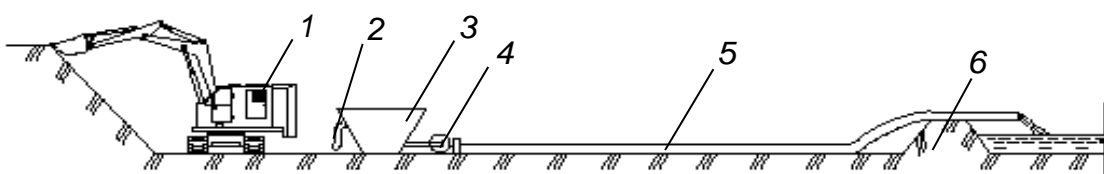


Рис. 51. Механогідравлічний спосіб засипання яру:

- 1 – екскаватор; 2 – напірний трубопровід; 3 – бункер; 4 – землесос;
5 – пульпопровід; 6 – дамба карти наміву

Пульпа в карті наміву має уповільнений рух і розшаровується, ґрунт опускається на дно, а вода (зверху без крупинок ґрунту) через систему переливного колодязя і самотічного трубопроводу надходить до місця її утилізації.

Повне вирівнювання території виконують із підвезенням недостатньої кількості ґрунту. Остаточне планування виконують рослинним ґрунтом, зібраним у резерви на початку робіт.

Запитання для самоконтролю

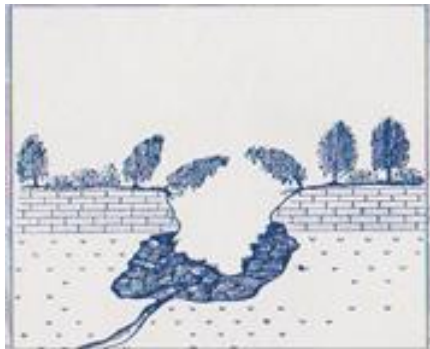
- 1. Які заходи інженерного захисту на території з ярами вам відомі?*
- 2. Якими способами можна реалізувати лісомеліоративні заходи у ярах?*
- 3. Які гідротехнічні споруди влаштовують для поверхневого водовідведення на територіях з ярами?*
- 4. Розкрийте суть терасування схилів яру екскаватором.*
- 5. Перерахуйте послідовність робочих операцій процесу влаштування загат із кілків верби.*
- 6. Опишіть процеси влаштування дренажу і каптажу для відведення підземних вод на дні яру.*
- 7. Нарисуйте орієнтовно закріплення яру інженерними водоскидними спорудами.*
- 8. Коли і за яких умов засипають яри виположенням, частково засипають яри з обмеженим і глибоким виположенням?*
- 9. Обґрунтуйте сферу застосування способів повного заповнення ярів ґрунтом.*
- 10. Нарисуйте й поясніть схеми заповнення яру механічним, гідромоніторним, землесосним, механогідравлічним способами.*

3. ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ВІД ПРОЯВІВ КАРСТУ

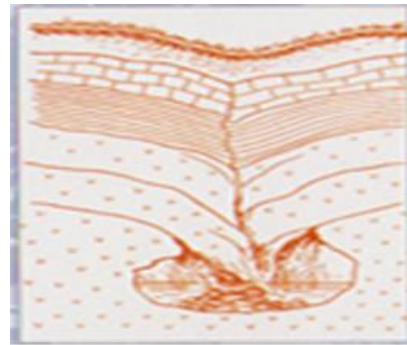
3.1. Ступінь придатності територій із карстом

Карст – процес розчинення (вилуговування) гірських порід поверхневими чи підземними водами і формування специфічного поверхневого та підземного рельєфу. Термін походить від назви вапнякового плато Карст у Словенії. Карст проявляється в породах із солі, гіпсу, вапняку, доломіту, крейди, мергелю. Унаслідок карстових процесів утворюються специфічні форми рельєфу:

- кари-лійки або вирви – провальне чашоподібне заглиблення;
- улоговини – зниження земної поверхні замкнене з усіх сторін;
- понори або катавотри – нори, ями на дні карстових ліюк або природні отвори у формі тріщин, каналів;
- шахти, печери, підземні ріки та джерела.



а



б

Рис. 52. Різновиди карсту:
а – поверхневий, б – глибинний

У межах материків оголені й поховані карбонатні породи займають до 40 км², гіпс і ангідрити – близько 7 км², кам'яна сіль – до 4 млн км².

В Україні карбонатний, сульфатний і соляний карст проявляється на 60 % території у Кримських горах, Карпатах, на Поділлі та Донбасі (рис. 52, 53). Тому освоєння закарстованих територій для будівництва є актуальним завданням.

Виникає карст тільки за одночасного поєднання таких умов:

- наявність порід, які розчиняються у воді;
- водопроникність цієї породи;
- наявність води, яка рухається в породі;
- вода ще спроможна розчиняти породу.

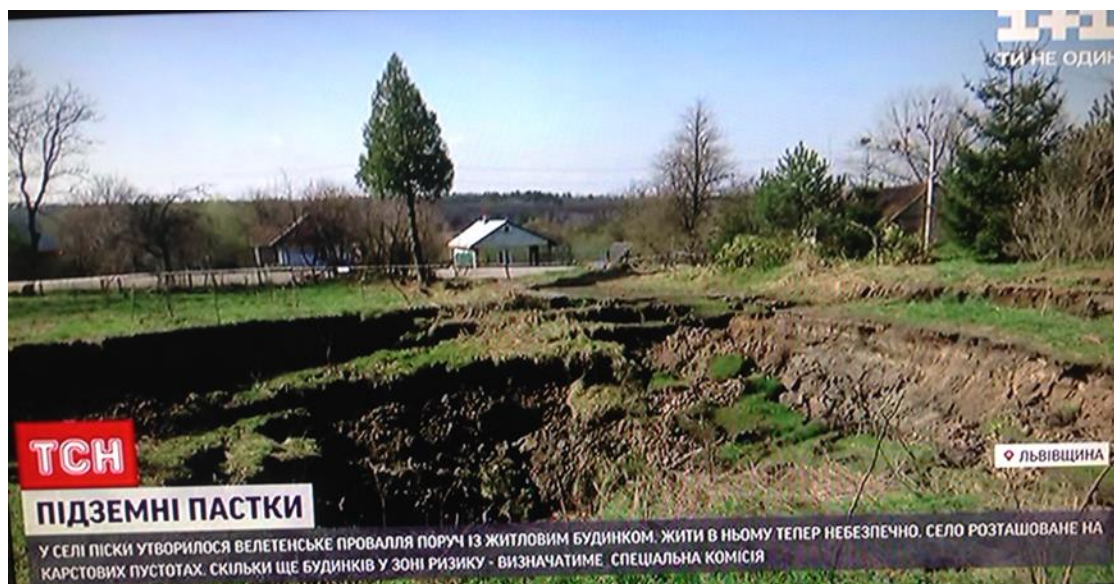


Рис. 53. Село Піски на Львівщині відселять через прояви карсту

1 м³ солі розчиняється у 3 м³ води. 1 кг гіпсу розчиняється в 480 л. води. 1 кг вапняку розчиняється у 30 м³ води, але 1 кг вапняку розчиняється в 1 м³ води, якщо у воді є вуглекислота. Звідси можна сформулювати такі висновки:

– якщо у воді розчинено гірської породи до повного насичення, то ця вода не здатна більше розчинити породу і без руху карст не створює;

– рухома вода (чиста чи насичена солями) може вимивати породу (проявляється суфозійний карст).

Ступінь придатності території з карстом під забудову визначається окремо для сільбищної, промислової і транспортної забудови залежно від середньорічної кількості провалин на 1 км² за рік (табл. 3).

Таблиця 3

Ступінь придатності територій із карстом під забудову

№ пор.	Вид забудови	Середньорічна кількість провалин (шт.) на 1 км ² території		
		придатної	обмежено придатної	непридатної
1	Сільбищна	< 0,001	0,01–0,1	> 0,1
2	Промислова та транспортна	Провалини виключаються	< 0,05	> 0,05

3.2. Захист територій від проявів карсту

Для інженерного захисту територій з метою зменшення шкідливих проявів карсту вживають такі заходи:

- 1) тампонаж поверхні водонепроникним ґрунтом;
- 2) організація стоку поверхневих вод;
- 3) огороження території протифільтраційними спорудами;
- 4) зупинення суфозії в карстах зворотними фільтрами;
- 5) закріплення порід зруйнованих карстом хімічними методами;
- 6) заповнення карсту відкритим способом;
- 7) заповнення карсту бутобетонною кладкою крізь шурфи;
- 8) заповнення карсту крізь свердловини сухими сумішами;
- 9) закріплення порід над карстом.

3.2.1. Тампонаж поверхні водонепроникним ґрунтом

Тампонаж поверхні територій – це накривання території водонепроникним шаром глини чи лесоподібного суглинку із засипанням нерівностей і карстових западин із наданням їм ухилів для відведення поверхневої води. Поверхнева вода не потрапить у водорозчинні шари, і це зупинить розвиток карсту. Це ефективно на територіях, де на поверхні є водорозчинні породи. Тампонаж виконують одночасно із закінченням вертикального планування.

Роботу виконують комплексом машин із двох комплектів. Перший комплект – екскаватор з автосамоскидами доставляє глинистий ґрунт на територію, а другий комплект машин у складі бульдозера з причіпними або самохідними катками розрівнює і ущільнює ґрунт.

Тампонаж і засипання западин, карстових воронок і тріщин, що виходять на денну поверхню, розпочинають із розчищення території та карстових воронок від рослинності, її підстилки й уламків породи. Після цього на дно воронок укладають шар глино-піщано-цементного розчину, створюючи тампон, і засипають воронку місцевим ґрунтом із пошаровим ущільненням засобами механізації.

За наявності у дні лійки розмитого вузького вертикального каналу після укривання дна воронки ізоляційним шаром канал тампонується напірною цементацією. Уздовж розмитого каналу бурять під захистом обсадної труби свердловину на всю товщу водонепроникного шару й опускають у свердловину трубу-ін'єктор, за допомогою якого в підстильний шар нагнітають водоцементний розчин. Після видалення

ін'єктора в обсадну трубу подають цементно-піщаний розчин з одночасним вийманням обсадної труби. Так створюють цементно-піщаний тампон у промоїні крізь усю товщу водонепроникного шару ґрунту, підсилений закріпленням цементацією об'ємом ґрунту підстильного шару (рис. 54). Потім воронку засипають місцевим ґрунтом із пошаровим ущільненням.

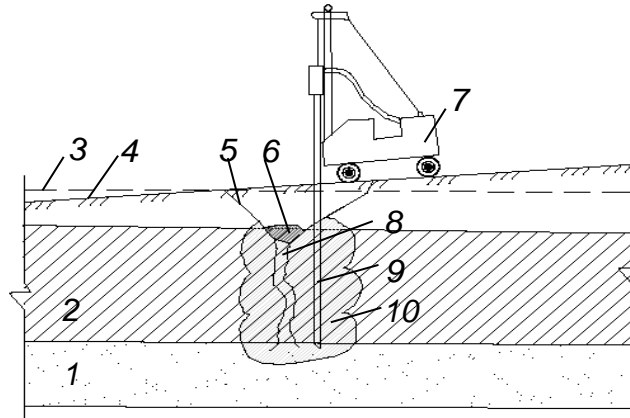


Рис. 54. Тампонування карстових воронок:

1 – дренаований ґрунт; 2 – недренаований ґрунт; 3 – поверхня території до планування; 4 – поверхня після планування; 5 – укіс воронки; 6 – тампон; 7 – буроін'єкційний агрегат; 8 – канал; 9 – ін'єктор; 10 – зацементований ґрунт

Після засипання воронки і нерівностей над ними влаштовують протифільтраційний екран з поліетиленової плівки завтовшки 1,0 мм, укладеної між двома шарами захисної геосинтетичної тканини, армованої поліефірними волокнами. Плівку укладають із напуском на природний ґрунт 0,5–1,0 глибини воронки та з ухилом від центру насипу до периферії. Зверху на всій території влаштовують поверхневий ущільнений глиняний шар із проєктною відміткою поверхні. Земляні роботи виконують із використанням засобів малої механізації та будівельної техніки за проєктною геотехнічною документацією.

Після завершення будівельних земляних і цементаційних робіт на території виконують рекультивацію земель із відновленням рослинного шару ґрунту та засівом багаторічних трав.

3.2.2. Організація стоку поверхневих вод

Організація стоку поверхневих вод виключає надходження вод (особливо дощових, які не засолені і мають високу розчинну здатність) у нижні водорозчинні шари ґрунтового масиву та передбачає їх перехоплення вертикальним плануванням і системою каналів.

Вертикальне планування території, де можливі прояви карсту, виконують за проєктними відмітками й ухилами, що забезпечить організоване відведення поверхневих вод у потрібному напрямку.

Перед початком робіт територію розчищають від рослинності. Рослинний шар ґрунту знімають за допомогою землерийно-транспортної техніки і зберігають за межами території для майбутнього використання.

До початку переміщення ґрунту виконують тампонування поверхневих проявів карсту за спеціальною технологією (п. 4.1) з використанням глинистого ґрунту. Западини й нерівності засипають глиняним матеріалом. У разі потреби глинистий ґрунт підвозять із кар'єрів.

Ґрунт розпочинають вкладати з найвищої точки проєктної поверхні для витоку поверхневих вод у разі дощу. Насипають ґрунт пошарово з подальшим його ущільненням.

Роботи виконують комплектом землерийних, землерийно-транспортних і транспортних машин із використанням ручної праці в окремих місцях відповідно до проєктної документації.

Система каналів для відведення поверхневих вод у разі сприятливого рельєфу забезпечує водовідведення з території з мінімальними затратами на ці заходи.

Канави копають із відкосами у напрямках відповідно до проєкту. Розпочинають копання від найнижчої відмітки дна каналу, щоб під час дощу вода вільно витікала з каналу до водозбору.

Викопаний за проєктом ґрунт можуть частково або повністю використати для засипання й виположування окремих впадин і нерівностей на території, яку захищають. Для копання використовують екскаватори зі зворотною лопатою з об'ємом ковша до 1,0–1,5 м³ з комплектом автомобілів і бульдозера з котком.

3.2.3. Огородження території протифільтраційними спорудами

Території з проявами карсту захищають від підземних вод, щоб зупинити суфозію (вимивання) розчинної породи. Це можна досягти:

- перехопленням ґрунтової води дренажем, яка рухається на територію;
- протифільтраційними завісами з ін'єктованого ґрунту;

– протифільтраційними завісами, створеними методом стіни із січених буронабивних паль, «стіни в ґрунті» або струменевої цементації ґрунтів.

Дренажі використовують для перехоплення й відведення в інше місце ґрунтової води, яка рухається у водоносному шарі в напрямку території з водорозчинною породою. Для цього використовують головний горизонтальний, вертикальний і комбінований дренажі.

Головний – горизонтальний дренаж влаштовують поперек руху ґрунтових вод на підході їх до території з водорозчинних мінералів, яку слід захистити від води. Цей дренаж закладають до глибини 5,0 м. Вода в трубах дренажу рухається самопливом та іноді з частковим відкачуванням насосами.

Вертикальним дренажем відводять води з верхнього шару легкорозчинної породи, підстеленої важкопроникним шаром у нижній шар, що легко дренується. Або влаштовують свердловини, захищені від обвалів перфорованими трубами, якщо дозволено змішування вод.

Будівельні технології влаштування дренажу викладено у розділах, де описано захист територій зі зсувами та територій із можливим підтопленням.

Протифільтраційні завіси з ін'єктованого ґрунту навколо територій, у яких можуть розвиватися карстові процеси, влаштовують ін'єктуванням ґрунтів розчинами: глинистим, цементним, бітумним, холодним.

Завісу із глинізованого ґрунту виготовляють нагнітанням суспензії бентонітових або монтморилонітових глин, які кольматують (заповнюють) пори і тріщини в ґрунті. Кольматація ґрунту – це процес природного проникнення або штучного внесення дрібних (переважно колоїдних, глинистих і пилуватих) часточок і мікроорганізмів у порожнечу ґрунту, що сприяє зменшенню водопроникності ґрунту.

Для створення протифільтраційної завіси влаштовують ряд свердловин із кроком 3–4 м, у які опускають ін'єктори. У верхній частині свердловин влаштовують тампони й нагнітають у ґрунт глинистий розчин (аналогічно технології, описаної в п. 4.2.1). Розчин проникає в основу в радіусі 2–3 м від свердловини, і створюється в ґрунті водонепроникна стіна з кольматованого глиною ґрунту товщиною 4–6 м.

Глинізацію застосовують також для зменшення водопроникності пісків. У цьому випадку через ін'єктори, заглиблені в пісок, нагнітають водні суспензії бентонітової глини зі вмістом монтморилоніту не менше

ніж 60 % (глини з таким складом є на Черкащині та Донеччині). Глинисті часточки заповнюють пори піску, що знижує його водопроникність на кілька порядків.

Завісу з ін'єктованого цементним розчином ґрунту влаштовують нагнітанням (ін'єктуванням) у нього через свердловини цього розчину. Розчин закупорює пори в ґрунті й ліквідує фільтрацію води в напрямку породи, враженої карстом.

Завіси з використанням цементного розчину (цементацию) застосовують у скельних породах (рис. 55) з тріщинами 0,15–0,25 мм і більше, а в пісках або галечниках – із крупністю зерен понад 4 мм. Швидкість руху ґрунтових вод у разі нагнітання в нього цементного розчину не повинна перевищувати 100 м за добу, і важливо, щоб ґрунтові води не були агресивні до цементу. До цементного розчину зі складом (цемент : вода) від 1:1 до 1:10 (за наявності великих тріщин) додають пісок.

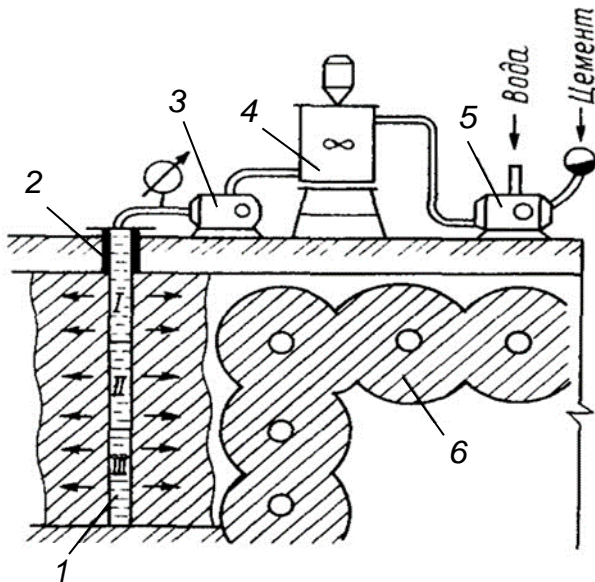


Рис. 55. Влаштування протифільтраційної завіси цементациєю:

- 1 – цементацийна свердловина в розрізі; 2 – кондуктор-пробка;
- 3 – насос цементацийний;
- 4 – змішувач; 5 – насос-дозатор; 6 – фрагмент плану стінки із закріпленого ґрунту

Ін'єктори заглиблюють в один або декілька рядів (2–3 і більше) у свердловини діаметром 50–150 мм, розташовані в шаховому порядку по периметру території, яку захищають від рухомих ґрунтових вод. Відстань між окремими ін'єкторами коливається від 0,4 до 5,0 м. Відстань у 3,0 м найбільш поширена й забезпечує злиття циліндричних об'ємів ґрунту (породи) з порами, заповненими цементним розчином, що утворює протифільтраційну завісу. Ін'єктори опускають до водотривкого шару на глибину 10–50 м, а іноді 100 м і більше. Розчин нагнітають під тиском спочатку до 0,3 МПа з підвищенням його далі до 1,0 МПа і більше (були випадки навіть 10,0 МПа).

Завісу з ін'єктованого холодним бітумним розчином ґрунту влаштовують для надання водонепроникності піщаним ґрунтам, крізь які проникає ґрунтова вода на територію, складену водорозчинними породами.

За цією технологією в пісок нагнітають холодну бітумну емульсію. Емульсія – це змочені у воді мікроскопічні фрагменти бітуму, покриті тонким шаром емульгатора, який не допускає злипання бітуму у воді, а коли вода відходить або випаровується, бітум злипається, заповнює пори ґрунту і прилипає до його часточок. Цей спосіб доцільно застосовувати для надання ґрунту водонепроникності. Бітумна емульсія повинна мати стабільність і однорідність. Часточки бітуму мають бути діаметром у 25–35 разів меншим від середнього діаметра частинок ґрунту.

Бітумізують піски з коефіцієнтом фільтрації від 10 до 50 м/добу.

Холодна бітумізація забруднює природне середовище органічними розчинниками, і приготування бітумної емульсії є складним процесом.

Противільтраційні стінові завіси залежно від виду ґрунту, терміну існування й технології виготовлення розрізняють як:

- *стіна з буронабивних січених паль;*
- *«стіна в ґрунті» секційна залізобетонна;*
- *«стіна в ґрунті» безперервна траншейна з нетвердіючого та твердіючого матеріалу;*
- *стіна зі струменевої цементації ґрунтів.*

Стіну з буронабивних січених паль як противільтраційну завісу споруджують шляхом буріння свердловин великого діаметра (600–1220 мм) і улаштування монолітних залізобетонних паль глибиною 40–50 м у зв'язних і незв'язних ґрунтах із великоуламковими включеннями.

Ряд паль влаштовують із відстанню між палями менше ніж два діаметри, щоб зазор між поверхнями паль становив 0,7–0,8 діаметра паль. Через 2-3 доби в ряду між влаштованими палями виготовляють такі самі за діаметром і глибиною монолітні палі. Буровий орган зрізує ґрунт і сегменти бетону на суміжних, раніше виготовлених палях. Після бетонування і твердіння бетону в палях другої черги створюється монолітна водонепроникна стіна. (Див. другий розділ).

Такі завіси застосовують у дуже закарстованих породах, карстові порожнини яких заповнені суфозійними нестійкими ґрунтами, що перешкоджає виконанню звичайної цементації.

Противільтраційна секційна залізобетонна «стіна в ґрунті» витримує великий тиск ґрунтової води і має довговічну конструкцію.

Ця будівельна технологія (рис. 56) дає змогу викопати в ґрунті грейферним ковшем вузьку (0,5–1,2 м і більше) вертикальну траншею глибиною до 40–50 м без механічного кріплення її стінок.

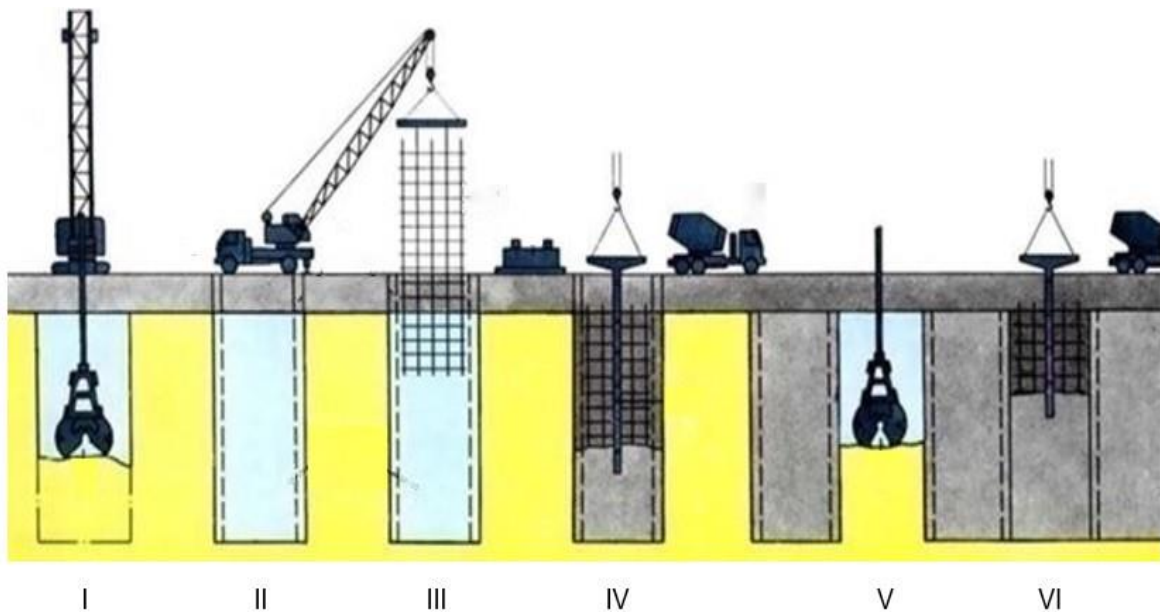


Рис. 56. Схема технології «стіна в ґрунті»:

- I* – копання фрагменту траншеї під глинистим розчином;
- II* – опускання обмежувачів;
- III* – монтаж армокаркаса;
- IV* – бетонування фрагменту стіни вертикально переміщуваною трубою і витягання обмежувачів;
- V* – розробка ґрунтових ціликів;
- VI* – монтаж армокаркаса, бетонування стіни

Стінки траншеї підтримує глинистий розчин, аналогічний буровому зі щільністю 1,03–1,15 г/см³. Для цього налагоджують глинисте господарство: склад збагаченого глинопорошку, змішувачі глинистого розчину, насоси і трубопроводи розчину, на території басейн для відстоювання відпрацьованого розчину, вібросита і циклони для очищення розчину, регенерація розчину, лабораторія контролю якості. Вартість роботи глинистого господарства становить до 30 % затрат влаштування стіни.

Глинистий розчин, який є в траншеї, поступово проникає до навколишнього ґрунту. При цьому він колюматує ґрунт (заповнює пори глинистими частинками), а на стінках траншеї виникає осад або глиниста кірка (рис. 57).

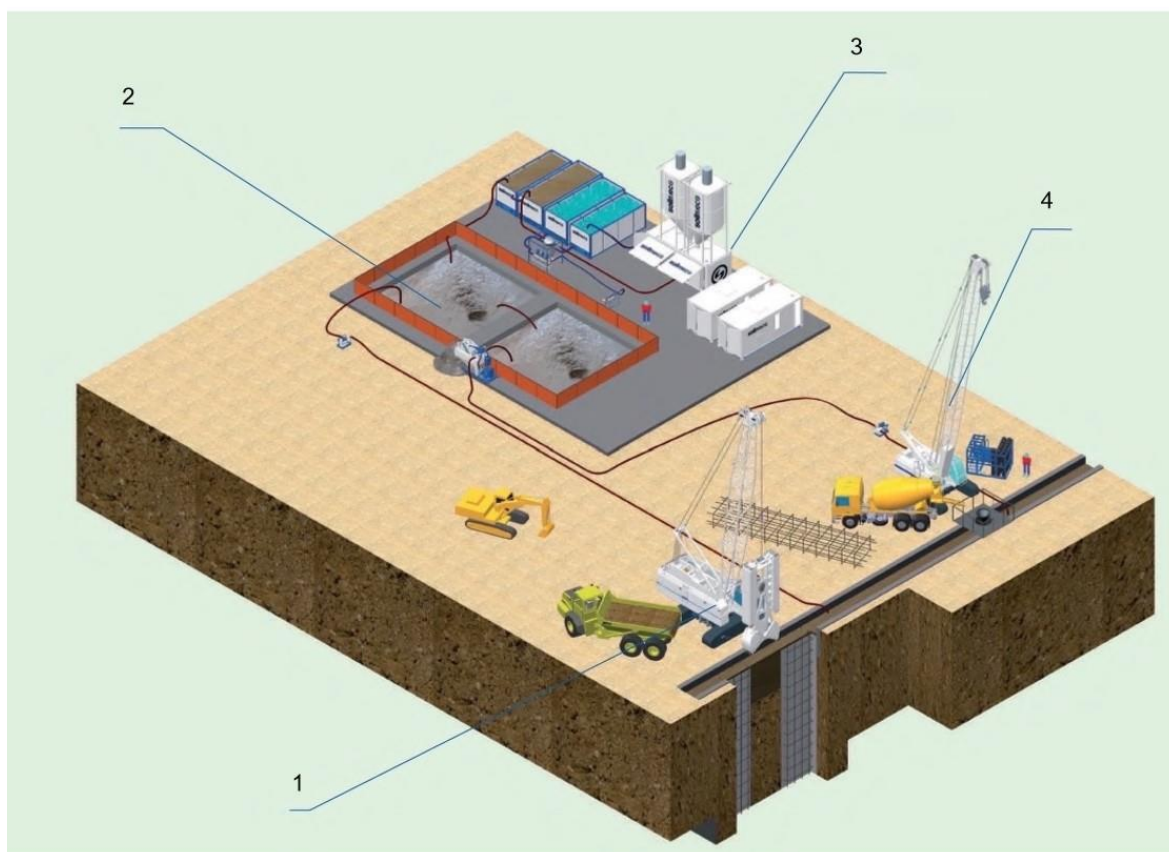


Рис. 57. Схема робочого місця при влаштуванні "стіни в ґрунті" під глинистим розчином:

- 1 - кран із ківшом грейферного типу;
- 2 - резервуар для очищення від піску глинистому розчину;
- 3 - обладнання для приготування і очищення від дрібних частинок глинистого розчину;
- 4 - кран для монтажу арматурних каркасів і інших елементів

Так утворюється додатковий протифільтраційний екран, який має високі протифільтраційні властивості (фільтрація в межах $10^{-5} \dots 10^{-8}$ м/добу).

Під глинистий розчин вертикально переміщуваною трубою (ВПТ) подають литу бетонну суміш, яка витісняє вгору глинистий розчин (його збирають і очищають для повторного застосування). У разі потреби стіну армують каркасом. Це зручно виконувати, якщо траншею розділити на вертикальні секції з горизонтальним розміром до 6,0 м. Траншею з розчином розділяють на секції металевими трубчастими або залізобетонними палями з поперечним розміром, що дорівнює ширині

траншеї. Роздільні елементи виймають через 2–3 доби після бетонування. Сучасну машину для копання траншей зображено на рис. 58.

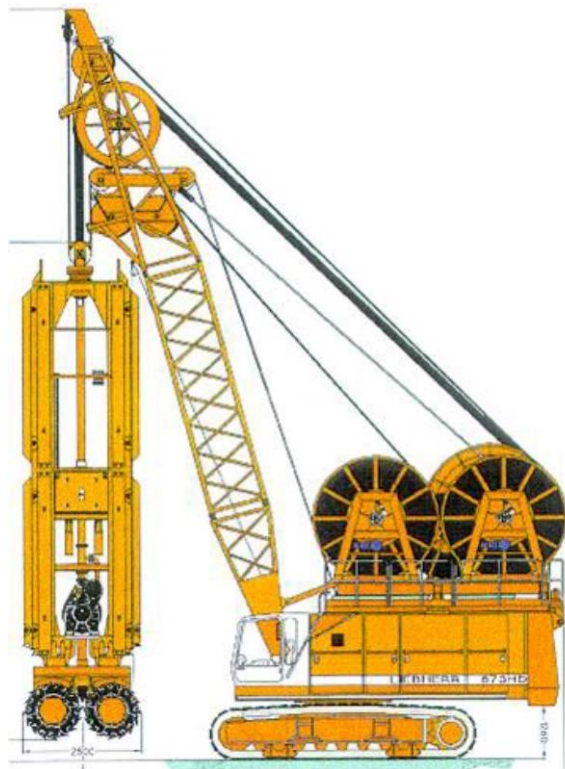


Рис. 58. Сучасна машина для копання траншеї

Противільтраційну безперервну траншейну «стіну в ґрунті» з нетвердіючого і твердіючого матеріалу для захисту закарстованої території від руху ґрунтової води влаштовують безперервним траншейним методом «стіна в ґрунті» комплектом баражних машин безперервної дії. Цю технологію застосовують у разі великих розмірів завіси. Як противільтраційний матеріал у цій технології можна використовувати глинізований ґрунт, грудкову глину, глинисту пасту або матеріал, який твердне: глиноцементний розчин, бетонну розчинну суміш. У наведеному прикладі завісу влаштовують із глинистої пасти.

Для копання траншеї використовують баражну машину ВІОГЕМ (barrage з англ. означає «загородження, яке захищає виробку від підземних вод»). У таких машинах використовують бурофрезерний спосіб розробки однорідного ґрунту міцністю на стиск до 40 МПа з його гідравлічно-пневматичним транспортуванням. У ґрунті не повинно бути великих кам'янистих включень. Баражна машина в комплекті з глинистим господарством і компресором розробляє під глинистим

розчином довгі траншеї завширшки 0,5 м і глибиною до 50 м, у яких влаштовують протифільтраційні завіси (рис. 59).

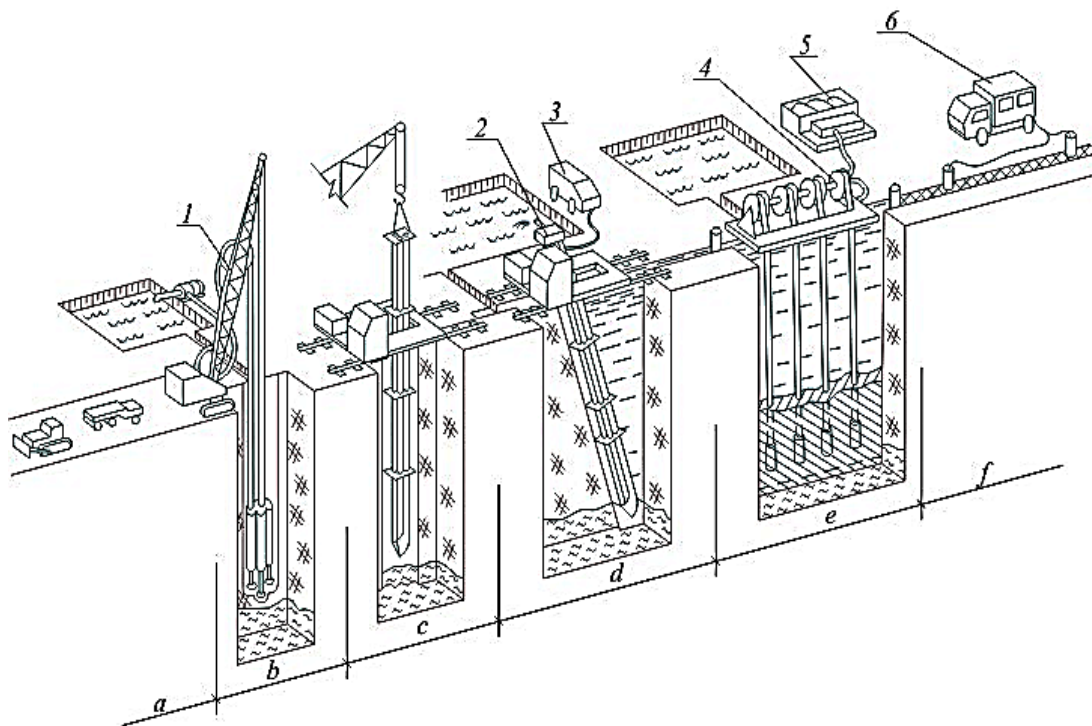


Рис. 59. Технологічна схема спорудження протифільтраційної стіни: а – планування траси стіни; б – влаштування монтажної свердловини; с – монтаж баражної машини; d – робота баражної машини; е – вкладання заповнювача; f – лабораторний контроль якості заповнення траншеї; 1 – бурова машина; 2 – баражна машина; 3 – компресор; 4 – установка, що вкладає заповнювач; 5 – установка, що готує заповнювач; 6 – мобільна лабораторія

Протифільтраційну стіну зі струменевої цементації ґрунтів влаштовують одночасним руйнуванням і перемішуванням ґрунту висконапірним струменем водоцементної суміші. Від цього в ґрунті утворюються циліндричні ґрунтоцементні колони діаметром 600–2000 мм. Потужна бурова установка бурить свердловину в ґрунті діаметром 112–132 мм до проєктної позначки (прямий хід), а під час виймання бурового органу (зворотний хід) його обертання продовжують і одночасно крізь бурову штангу і монітор, під буровим наконечником нагнітають у ґрунт перпендикулярно від бурової штанги декілька струменів водоцементної суміші під тиском 40–60 МПа. Таким чином з

ґрунтом перемішують у середньому 450 кг/м^3 цементу та близько 250 л/м^3 води (рис. 60).



Рис. 60. Установа для струменевої цементації ґрунтів

Якщо такі колони влаштовувати в ряд на відстані $0,8$ діаметра ґрунтоцементної колони в осях від попередньої до наступної, то тіла колон перетинатимуться і буде створена в ґрунті водонепроникна стіна. Для підвищення ступеня водонепроникності завіси до розчинної суміші, крім цементу, можна додати бентонітову глину.

Завіси можна влаштовувати й іншим способом. Для цього під час зворотного ходу потрібно зафіксувати буровий орган у положенні співпадіння діаметральних сопел (а отже, високонапірних струменів) з віссю водонепроникної завіси (стіни). Піднімати буровий орган слід без обертання, але з високонапірним соплуванням ґрунту в площині завіси. Крок буріння робочих свердловин також має забезпечити перетин створених фрагментів ґрунтоцементної завіси (стіни) для її водонепроникності (рис. 61).

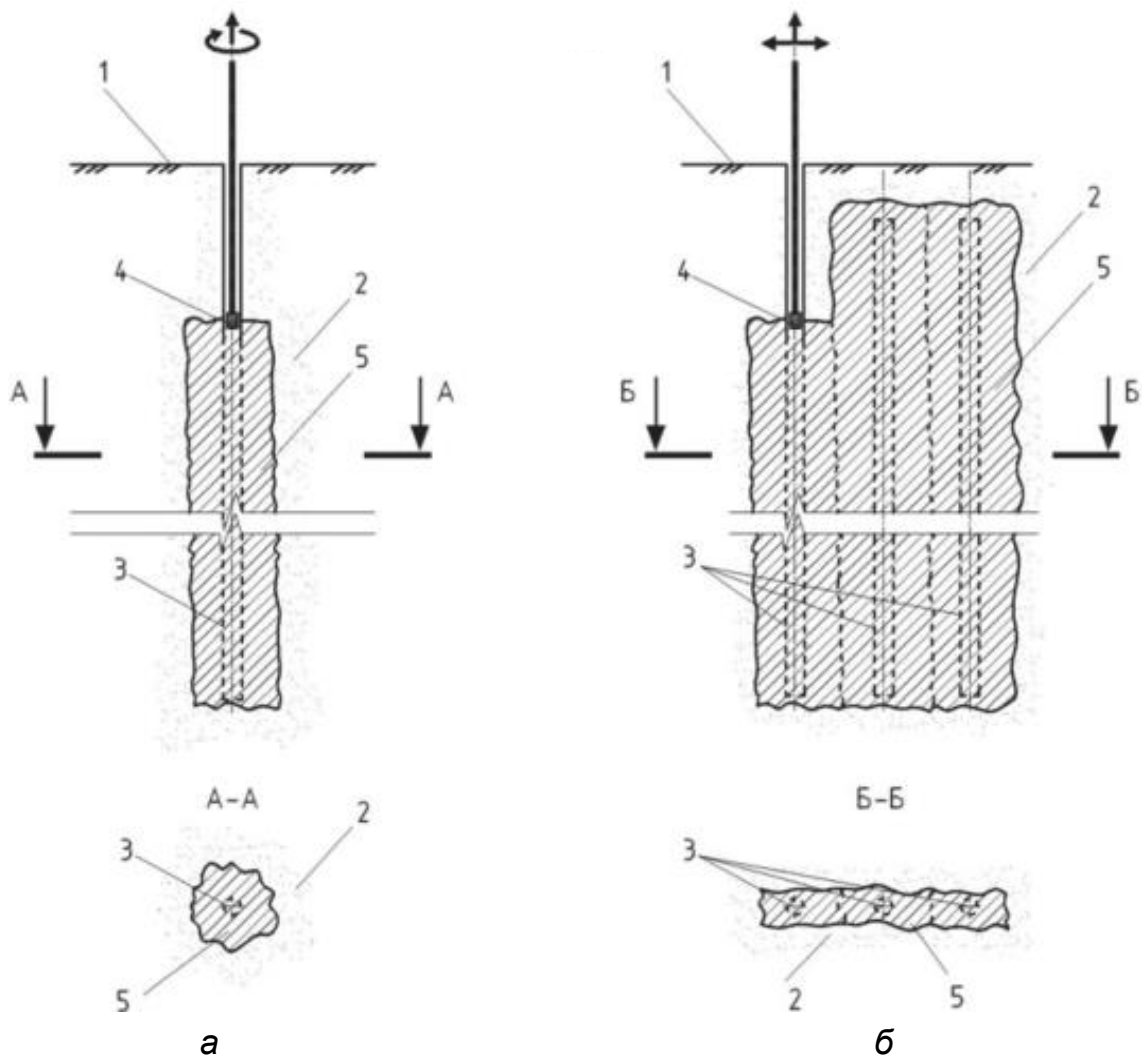


Рис. 61. Схеми струменевої цементації ґрунтів:
 а – об’ємна; б – плоска: 1 – рівень поверхні; 2 – ґрунт; 3 – свердловина для опускання струменевого монітора; 4, 5 – ґрунтоцементна завіса (стіна)

3.2.4. Зупинення суфозії в карстах зворотними фільтрами

Зворотний фільтр – це декілька шарів зернистого ґрунту або породи, укладених за зростанням крупності зерен у напрямку фільтрації ґрунтової води, щоб не відбулися деформації ґрунту території внаслідок суфозії (виносу мілких часточок ґрунту фільтраційним потоком).

Такі фільтри слід влаштовувати поперек потоку ґрунтової води на виході її з охоронної території на всю товщу водоносного шару у вигляді фільтрувальної стіни (рис. 62).

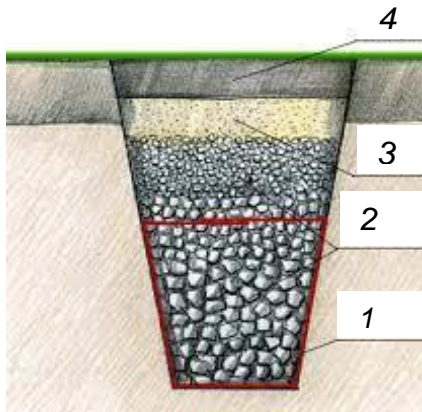


Рис. 62. Зворотний дренаж:
 1 – геотекстиль; 2 – гранітний щебінь;
 3 – пісок; 4 – чорнозем

Зворотний дренаж стінової конструкції влаштовують у поверхневих водоносних шарах схильних до карсту ґрунтах в разі залягання водонепроникного шару на глибині не більше ніж 6,0 м. У викопану з відкосами траншею опускають блоки металевої щитової опалубки, у якій є тільки тонкі перегородки для формування окремих двох-трьох шарів фільтра. Висота опалубки повинна бути дещо більша за товщу ґрунтової води у траншеї. Сипучі компоненти фільтра укладають невеликою товщиною шарів послідовно у всі чарунки кожного блока опалубки. У міру заповнення опалубки компонентами фільтра та пазух траншеї ґрунтом зворотної засипки блоки опалубки дещо підіймають вантажопідіймальним краном, але так, щоб листи опалубки були зафіксовані між укладеними шарами фільтра. Фільтр влаштовують висотою від водонепроникного шару до відмітки можливого максимального підняття рівня ґрунтових вод.

3.2.5. Закріплення порід із карстом твердіючими сумішами

Для закріплення закарстованих порід у них бурять свердловини, через які нагнітають розчинну (тампонажну) суміш із тиском, що у 2-3 рази перевищує гідростатичний тиск підземних вод, яка зміцнює породу.

Залежно від тампонажного розчину існують різновиди тампонажу: *цементация, глинізація, бітумізація, смолізація.*

Цементация карсту – це заповнення карстових пустот і тріщин у ґрунтах цементною, цементно-піщаною, цементно-глинистою, цементно-піщано-глинистою розчинною сумішшю.

Цементацию застосовують: у породах із тріщинами понад 0,1 мм і рухом води до 600 м за добу; у гравійних породах із часточками понад 2 мм; у пісках із зернами понад 0,8 мм і в породах із тріщинами понад 0,2 мм, але за умови швидкості підземних вод до 75 м за добу.

Для пришвидшення твердіння розчину використовують хімічні добавки (хлористий кальцій, кальциновану соду). Це обмежує радіус його поширення в ґрунті і знижує витрати.

Для цементації застосовують звичайний, сульфатостійкий, тампонажний та інші цементації марки 300 і вище. Водоцементне відношення приймають від 1,0 до 0,4, що забезпечує рухливість суміші за конусом 10–14 см. Міцність цементації на стиск становить 1,0–2,0 МПа із щільністю 1,60–1,85 г/см³.

Цементно-піщано-глинисті розчини містять в 1 м³: цементу 100–250 кг, піску 900–1500 кг, глинистого матеріалу 300–400 кг, води 400–700 л.

Застосування трикомпонентних цементно-піщано-глинистих розчинів має переваги внаслідок того, що:

- цементно-піщані розчини можуть утворювати нерівномірне заповнення порожнин із-за підвищеної здатності до розшаровування;
- цементно-глинисті розчини мають підвищену усадку, а тому можуть із часом утворювати порожнини.

Для підвищення проникності цементного розчину в дрібні тріщини до нього додають водні розчини рідкого скла, кремнекислого натрію або сульфату амонію.

Для виконання цементації використовують машини для приготування розчинної суміші, буріння свердловини й нагнітання цементаційної суміші (рис. 63).

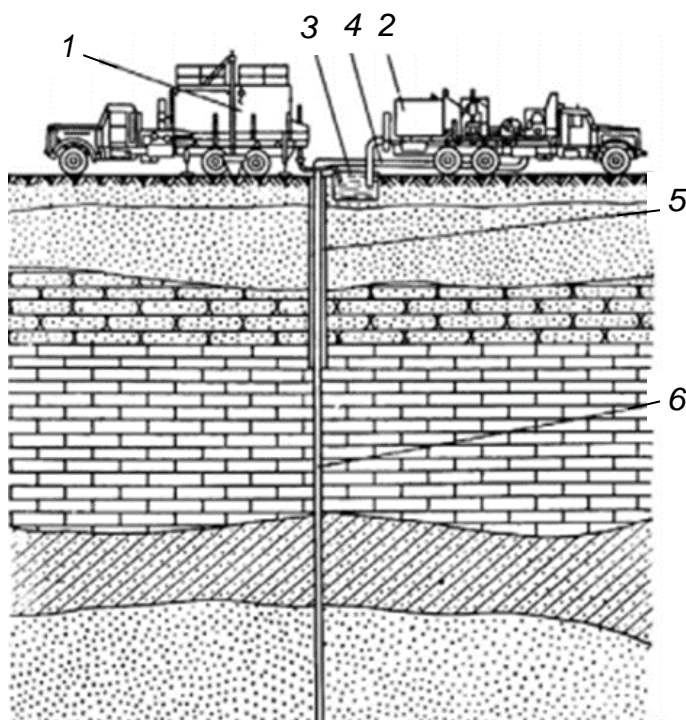


Рис. 63. Цементация глубокого карсту:

- 1 – розчинозмішувач;
- 2 – цементацийний агрегат;
- 3 – бак з цементним розчином;
- 4 – труба для забору розчину;
- 5 – обсадна труба;
- 6 – свердловина

Відстань між свердловинами першої черги цементації беруть у межах 6–12 м, а з новою чергою скорочують у 2 рази. Бурять у нескельних ґрунтах з обсадкою. Після буріння у скельних породах свердловини промивають водою.

Нагнітання розчину має тривати безперервно до появи «відмови в поглинанні розчину» – 5...10 л/хв під тиском близько 0,1...0,5 МПа.

Для контролю якості закріплення бурять контрольні свердловини й оцінюють розмір незаповнених пустот за провалами бурового інструменту.

Глинізація – заповнення глиною карстових пустот і тріщин у гірських породах з метою економії більш дорогих тампонажних матеріалів. Глинисті розчини протистоять дії агресивних вод краще, ніж спеціальні цементи.

Глинізацію застосовують тільки в сухих породах, здатних вбирати воду з глинистого розчину. Для цього глинистий розчин повинен перебувати протягом декількох діб під гідравлічним напором понад 2 МПа. Вода з глинистого розчину віджимається, а глинисте тісто щільно заповнює порожнини й додає породі водонепроникність.

Глинисту розчинну суміш щільністю 1,2–1,3 г/см³ готують із глини з числом пластичності 20–30.

Глинізацію, як і цементацію, застосовують за умови невеликої швидкості руху ґрунтових вод (коефіцієнт фільтрації від 50 до 5000 м за добу) для уникнення виносу розчину із зони тампонажу.

Недоліки глинізації: мала опірність тампонажного каменю зовнішньому тиску, ненадійність тампонування гірських порід із малими тріщинами. У зв'язку з цим глинізацію доцільно застосовувати тільки в карстових породах або в породах з великою тріщинуватістю.

Бітумізація – це тампонаж породи нагнітанням крізь свердловини бітуму або композитного матеріалу на його основі, приведеного до рідкого технологічного стану розплавленням (гаряча бітумізація).

Гарячу бітумізацію застосовують у скельних і напівскельних породах, вражених карстом, які мають велику швидкості фільтрації ґрунтових вод для створення водонепроникних бар'єрів у карсті. Бітум, розплавлений до температури 190–200 °С, нагнітають із тиском 1,2–1,4 МПа через свердловини, у яких розміщені електропідігрівачі. Бурові свердловини діаметром 100 мм влаштовують із кроком 0,7 м на проектну глибину поперек напрямку руху підземних вод і з охопленням

території, яку захищають, опускають ін'єктор, перфоровану трубу діаметром від 25 до 50 мм.

Остигаючи в тріщинах породи, бітум їх закупорює і надає породі водонепроникність. Бітум не змішується з ґрунтовою водою, а, контактуючи з нею, утворює роздільну еластичну плівку, яка погано проводить тепло, а тому під тиском він витісняє воду навіть з високим гідравлічним напором і заповнює пустоти. Остигає бітум у порожнинах ґрунту повільно через низьку теплопровідність, а тому проникає у тріщини на значну відстань від свердловини. Радіус бітумізації коливається від 0,75 до 1,5 м.

Недоліком гарячої бітумізації є те, що з часом ґрунтові води видавлюють бітум із тріщин. Розплавлений бітум зберігає певну в'язкість, яка зростає зі зниженням температури, а тому він не може заповнити всі тріщини шириною менше за 1 мм і не забезпечує повну водонепроникність. Протягом декількох останніх десятиліть спосіб гарячої бітумізації застосовується нечасто.

Холодну бітумізацію використовують для надання водонепроникності піщаним ґрунтам.

Смолізація – дрібнозернистих пісків нагнітанням водного розчину карбамідної смоли з додаванням соляної кислоти, надає ґрунту високу міцність (1–5 МПа) і водонепроникність. Проте ця використання цієї технології призводить до насичення ґрунтових вод шкідливими для людини та живого світу речовинами.

3.2.6. Заповнення неглибокого карсту відкритим способом

Механізований спосіб заповнення яру ґрунтом (п. 3.2.7.) також застосовують і для заповнення неглибокого карсту.

3.2.7. Заповнення карсту через шурфи бутобетоном, бетоном

Бутобетоною називається кладка з природних каменів неправильної форми з двома приблизно паралельними поверхнями (постелями). Для бутобетонної кладки використовують камені з вапняку, піщанику, черепашнику, туфу, граніту. Камені занурюють у покладену бетонну суміш горизонтальними рядами з подальшим вібруванням. Бетонну суміш укладають шарами по 20 см, а камені в неї заглиблюють на половину їх висоти із зазорами 4–6 см між ними. Максимальний розмір каменів не повинен перевищувати 1/3 товщини

конструкції, що будується. Кладку вібрують за рухливості бетонної суміші 5–7 см або ущільнюють трамбівками за рухливості суміші в межах 8–12 см. Ця кладка міцна, менш трудомістка, ніж бутова, але вимагає більшої витрати цементу, оскільки обсяг каменю від загального обсягу кладки становить трохи більше за 50 %.

3.2.8. Заповнення глибокого карсту крізь свердловину

Заповнення порожнин і тріщин з метою запобігання обвалу покрівлі карсту крізь свердловину піском, дрібним щебенем, цементним розчином і бетонною сумішшю виконують за результатами гідрогеологічних досліджень та економічного аналізу.

Заповнення порожнин карсту бетонною сумішшю виконують у разі неглибокого їх розташування. Поверхневі навантаження від машин і складування незв'язного матеріалу можуть зруйнувати покрівлю порожнини, а тому в організації виконання цього процесу слід врахувати цей факт. Організаційну схему технології наведено на рис. 64.

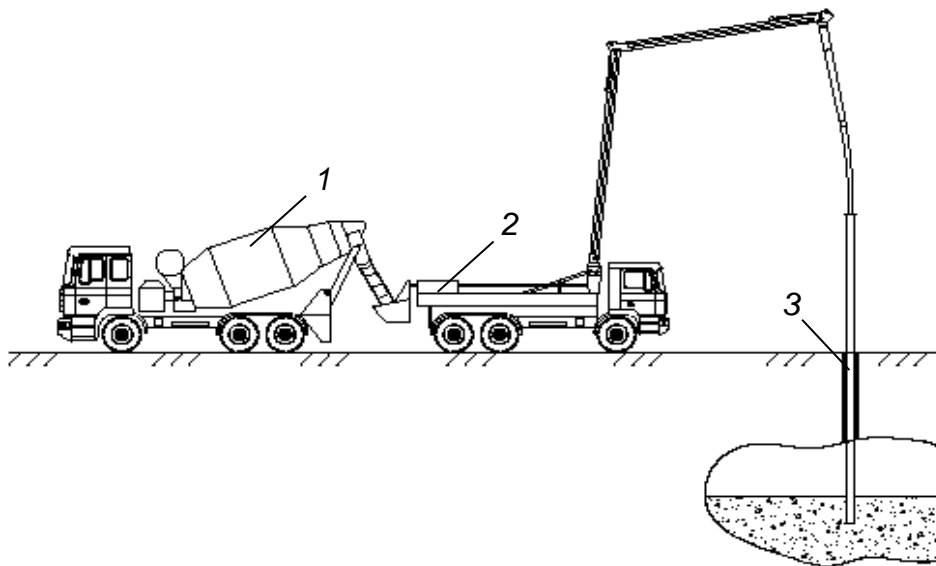


Рис. 64. Заповнення карстової пустоти бетонною сумішшю крізь свердловину:

1 – автобетонозмішувач; 2 – автобетононасос; 3 – свердловина

Якщо порожнина має складну форму стелі, щоб не залишилися пустоти, бетонну суміш вкладають крізь свердловину з візуальним контролем. Для цього в місці, де стеля найнижча, бурять свердловину для подачі бетонної суміші, а в найвищому місці стелі з поверхні

влаштовують штрек (шахту), у якому драбиною може спуститися робітник для контролю заповнення пустоти (рис. 65).

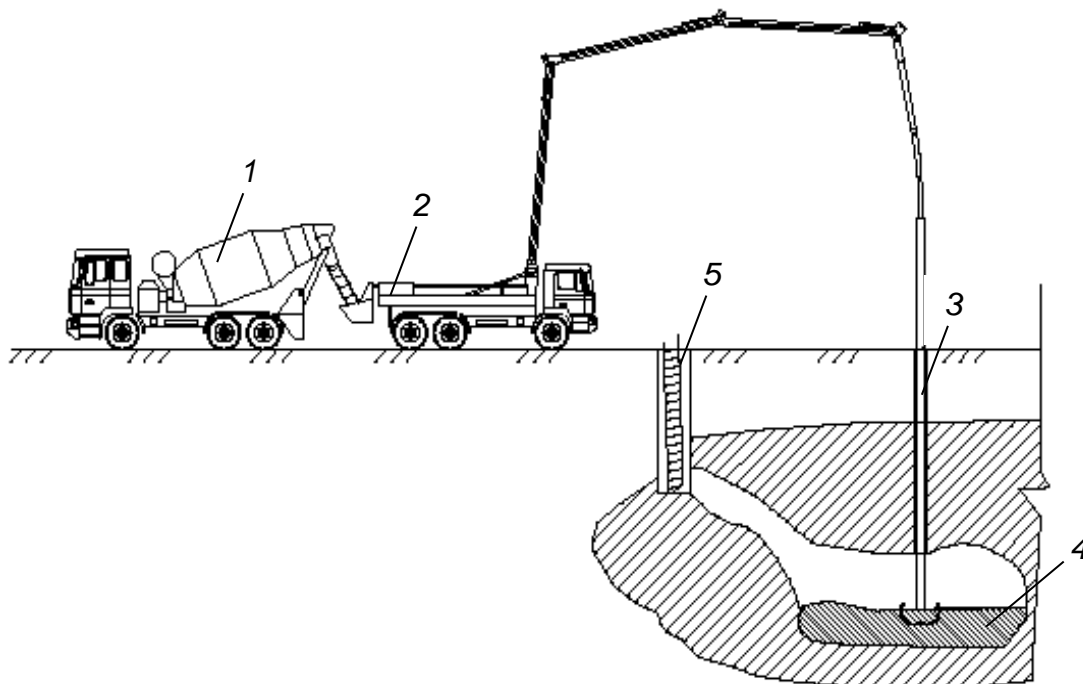


Рис. 65. Заповнення карстової пустоти бетонною сумішшю крізь

свердловину з візуальним контролем:

1 – бетонозмішувач; 2 – бетононасос; 3 – свердловина;

4 – укладена наливом бетонна суміш; 5 – штрек для контролю

Заповнення карсту гідросумішшю місцевої породи полягає в тому, що вода гідросуміші, якою заповнюють карстові пустоти, насичена солями породи, у якій виявлено карст, а тому вода гідросуміші не розчиняє цю породу з карстом.

До крайніх порожнин карсту, зв'язаних між собою, пробурюють дві віддалені свердловини (рис. 66). В одну зі свердловин під тиском нагнітають гідросуміш цієї ж закарстованої породи, а з другої відкачують освітлену засолену воду, яка виконала транспортну функцію (доставила подрібнену породу в карстову порожнину) для приготування на цій воді нової порції гідросуміші для заповнення порожнин.

Тобто гідросуміш для тампонування карстових порожнин вміщує подрібнену гірську породу, у якій виявлено карстові порожнини. Наприклад, карст проявляється у водорозчинному гіпсу.

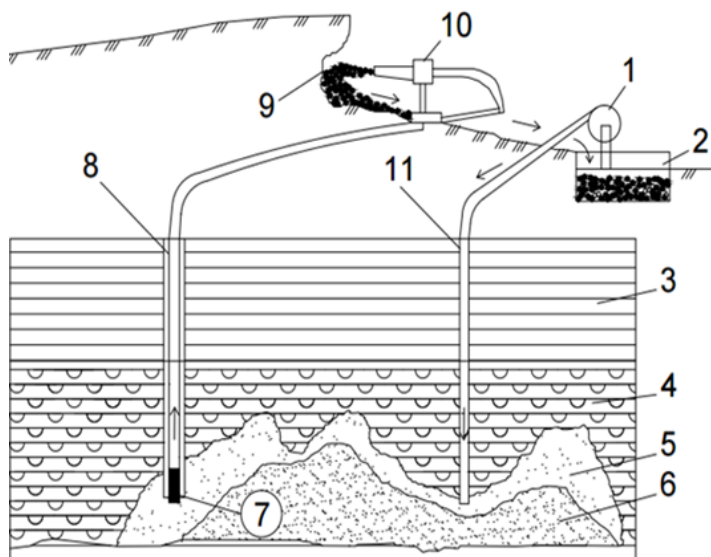


Рис. 66. Заповнення карсту гідросумішшю з місцевої породи:
 1 – гідронасос; 2 – бак для збору гідросуміші;
 3 – глина; 4 – гіпс;
 5 – карстова порожнина;
 6 – заповнення порожнини подрібненим гіпсом;
 7 – насос; 8 – свердловина;
 9 – добування гіпсу;
 10 – гідромонітор;
 11 – свердловина для подачі гідросуміші

Зверху цей шар накритий шаром із глини. До пустот карсту з допомогою гідронасоса 1 крізь свердловину 11 подають суміш 2 води з подрібненою породою і гіпсом. Мінеральні часточки 6 осідають на дно карстових порожнин 5 у всіх напрямках, але переважно за напрямком потоку води, яка рухається до насоса 7 і по свердловині 8 піднімається на поверхню до гідромонітора 10. Гідромонітором розмивають і подрібнюють закладочний матеріал для карсту, у якому є гіпс. Пульпу із закладочним матеріалом збирають у бак 2 для подавання у карстові порожнини. Насичена з гіпсу іонами кальцію і сульфату вода не агресивна до гіпсу і не розширює карстових порожнин, які заповнюють.

Отже, цей спосіб забезпечує заповнення карстових порожнин збільшує радіус розповсюдження матеріалу й запобігає подальшому розширенню порожнин технологічною водою.

Заповнення карсту сухою пилуватою місцевою породою з допомогою пневмонагнітання («сухого» тампонування) використовують також все частіше. Це пов'язано з тим, що тампонування традиційними глиноцементними й іншими компонентними системами з водою має певний недолік. Він полягає в тому, що тампонажні водні розчинні суміші продавлюють природні перегородки до нижче розміщених порожнин або в бік природного ухилу, і через це збільшується в кілька разів обсяг тампонування й погіршується його якість.

«Сухе» тампонування сумішами, приготовленими з борошна породи, у якій є прояви карсту (це породи з гіпсом, вапняком або з сіллю) виконують засипанням або нагнітанням за допомогою компресорної установки в карстові порожнини в сухому стані. У цьому випадку твердіння сумішей відбувається завдяки конденсаційній волозі.

Його краще проводити пізньої осені, у період заморозків, щоб запобігти суфозійному виносу матеріалу.

3.2.9. Хімічне закріплення ґрунтів над карстом

Суть заходу полягає в тому, що над закарстованою товщею з вище розміщених порід створюють покрівлю, штучно закріпивши відповідної товщини і протяжності шар цих порід, що є своєрідним перекриттям. Це перекриття витримає навантаження від верхнього ґрунту і забудови. Воно зупинить поширення вгору зони зсування у випадку обвалення покрівлі карстової порожнини й не порушить сформований рух підземних вод.

Методи хімічного закріплення викладено в попередніх розділах.

Запитання для самоконтролю

- 1. Які заходи інженерного захисту на території з карстами вам відомі?*
- 2. Викладіть технологію тампонажу та цементації карсту.*
- 3. Як засипають карстові порожнини?*
- 4. Розкрийте технологію водовідведення із закарстованих територій.*
- 5. Опишіть процес огороження територій протифільтраційними завісами. Наведіть параметри процесів.*
- 6. Проілюструйте схемою влаштування протифільтраційної «стіни в ґрунті» секційної залізобетонної на територіях із карстом.*
- 7. Як влаштовують протифільтраційну безперервну траншейну «стіну в ґрунті» з нетвердіючого і твердіючого матеріалів для захисту закарстованої території?*
- 8. Дайте визначення терміну «зворотний фільтр».*
- 9. Як заповнюють підземні порожнини карсту тампонажем?*
- 10. Як заповнюють підземні порожнини карсту бутобетонною кладкою?*
- 11. Якими матеріалами і якими способами здійснюють заповнення глибокого карсту крізь свердловини?*
- 12. Назвіть особливості хімічного закріплення ґрунтів над карстом.*

4. ПІДГОТОВКА ДО ЗАБУДОВИ ТЕРИТОРІЇ ЗІ СЛАБКИМИ ҐРУНТАМИ

4.1. Слабкі ґрунти та засоби їх зміцнення

Слабкими вважають ґрунти з високим ступенем вологості ($> 0,8$), великою стисливістю (модуль загальної деформації $E < 200$ кПа) і допустимим напруженням на них 100 кПа. До таких ґрунтів належать водонасичені:

- пилувато-глинисті (супіски та суглинки);
- глинисті (глини та мули);
- заторфовані ґрунти та торфи.

Слабкий пилувато-глинистий супісок – це водонасичена пухка піщано-глиниста осадова гірська порода, що складається (за масою) на 30–10 % із глинистих частинок розміром менш як 0,005 мм і 70–90 % алеврито-піщаних частинок і має коефіцієнт пористості понад 0,9.

Слабкий пилувато-глинистий суглинок – це молоді водонасичені континентальні відкладення, які мають 30–50 % часточок розміром менше за 0,01 мм і 10–30 % глинистих часточок діаметром менше за 0,005 мм, які переважно формують фізико-технічні показники.

Слабкий глиняний ґрунт – тістоподібна водонасичена маса осадових неметаморфізованих гірських порід із тонких (менше за 0,005 мм) фракцій глинистих мінералів у кількості 30 % і більше: каолініту, галуазіту, монтморілоніту, гідрослюд тощо.

Мул – це глинистий ґрунт у початковій стадії свого формування як структурний осад основних порід і окремих речовин під впливом мікробіологічних процесів. Мул має велику вологість (більшу за вологість на межі текучості) і коефіцієнт пористості, що перевищує значення для супісків $> 0,9$, для суглинків $> 1,0$, для глин $> 1,5$.

Мінеральний мул має у своєму складі до 10 % гумусу. Гумус, або перегній (лат. humus – «земля», «ґрунт»), – це органічна частина ґрунту, яка утворюється внаслідок розкладання рослинних і тваринних решток.

Мул розрізняють за кількістю гумусу від 0 до 90 %:

- мінералізований 10–30 %;
- мінерально-органічний 31–50 %;
- органо-мінеральний 51–70 %;
- органічний 71–90 %.

Торф – органічна порода, що утворюється внаслідок відмирання й неповного розпаду болотних рослин в умовах підвищеної вологості за недостатчі кисню. У торфах повільно продовжується мінералізація органіки.

Мулисті та заторфовані ґрунти характеризуються водонасиченістю, агресивністю ґрунтових вод, великим стисканням, тривалий час деформуються під навантаженням, великий розбіг (40 % і більше) деформаційних, міцнісних і фільтраційних показників, а також значну тиксотропність (здатність розріджуватися протягом динамічного впливу), а тому не можуть слугувати природними основами будівель і споруд.

Ступінь заторфованості ґрунту визначають умістом у відсотках за масою органічної речовини у ґрунті, висушеному за температури 100–105 °С. Їх поділяють на три групи за рівнем заторфованості:

1) ґрунти із сумішшю рослинних залишків:

- піщані 3–10 %,
- глинисті 5–10 %;

2) заторфовані:

- малозаторфовані 10 –25 %,
- середньзаторфовані 25–40 %,
- багатозаторфовані 40–60 %;

3) торф – 60% органічних залишків.

За наявності на території, відведеній під забудову слабких ґрунтів, залежно від стану ґрунту й очікуваного результату для підготовки цієї території під забудову або господарче використання вибирають один або групу геотехнічних заходів, а саме:

1) ущільнення слабких ґрунтів:

- водозниженням,
- привантаженням ґрунтом або будівельним матеріалами,
- привантаженням із влаштуванням паль-дрен,
- піщаними палями,
- віброфлотацією,
- трамбуванням надважкими трамбівками;

2) закріплення слабких ґрунтів:

- хімічним способом,
- ґрунтоцементозмішуванням;

3) заміна слабких ґрунтів міцними:

- вибіркова заміна за планом забудови,
- повна заміна слабких ґрунтів території міцними.

4.2. Технології зміцнення слабких ґрунтів

4.2.1. Ущільнення слабких ґрунтів

Для вивчення способів ущільнення ґрунтів автори рекомендують додатково використати навчальний посібник «Ущільнення ґрунтів у будівництві».

Ущільнення слабких ґрунтів водозниженням використовують у водонасичених ґрунтах. Ґрунтові води понижають дренажем неглибокого закладання відкритого і закритого типу або голкофільтрами.

Ущільнення відбувається через збільшення ваги ґрунту в разі ліквідації водовиштовхувальної сили, яка виникала за законом Архімеда (на тіло занурене у воду діє виштовхувальна сила, що дорівнює вазі води, витісненої цим тілом). Наприклад, 1 м^3 сухого піску з пористістю 30 % створює ущільнювальну силу 1500 кг, а 1 м^3 водонасиченого — $1500 - 700 = 1200$ кг, оскільки пісок без пор має об'єм 70 % у м^3 , отже, він витіснив $0,7 \text{ м}^3$ води, що створює виштовхувальну силу, яка дорівнює 700 кг.

Таким способом ущільнюють слабкі глинисті ґрунти (здатні віддавати з пор воду): заторфовані супіски, стрічкові глини, мули. Якщо зустрічаються слабофільтрувальні глинисті ґрунти, то для збільшення відтоку води в разі використання голкофільтрувальних установок застосовують електроосмос.

Влаштуванням відкритого траншейного дренажу у 50–60 роках минулого століття осушено пойми річок Ірпінь, Трубіж у Київській області, і з часом на ущільнених верхніх шарах болотистих заплавин стали вирощувати овочі для Києва (рис. 67).

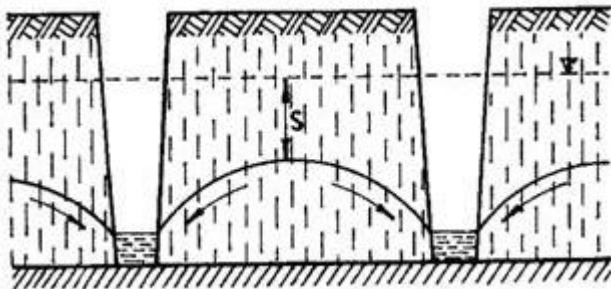


Рис. 67. Відкритий горизонтальний дренаж

Завдяки водозниженню заторфовані території з часом можуть бути придатними для зведення нових будівель і споруд.

Ущільнення слабких ґрунтів привантаженням ґрунтом або будівельним матеріалами виконують відсипанням горизонтальних шарів ґрунту (з інтервалами в часі) товщиною, що не перевищує 0,5–1,2 м. Збільшувати привантаження потрібно через певний час, указаний у проєкті виконання робіт. Протягом цього часу вода від стиснення ґрунту повільно відфільтрує, а ґрунт дещо ущільниться і стане міцнішим. Це запобігає виникненню випору слабого неущільненого ґрунту за межами привантаження та провалів у зоні насипів. Остаточний тиск під подошвою насипу повинен бути дещо більший, ніж тиск від майбутньої забудови.

Для улаштування насипу привантаження без обмеження допускаються: камінь, галька, гравій і пісок, який містить понад 90 % (за вагою) фракцій більше ніж 0,10 мм, у тому числі не менше як 50 % фракцій крупністю 0,25 мм і більше; супіски, легкі і важкі суглинки та глини, якщо природна вологість їх не перевищує меж, встановлених проєктом.

Ґрунт завозять із кар'єру автомобілями або скреперами. Будівельні матеріали (пісок або щебінь) завозять на місце привантаження як на тимчасовий склад.

Ущільнення ґрунтів привантаженням із влаштуванням паль-дрен виконують в слабких обводнених ґрунтах. Прискорення процесу ущільнення привантаженням можна досягти за допомогою влаштування з поверхні вертикальних піщаних паль-дрен. Вони скорочують фільтраційні шляхи для ґрунтової води, яка під тиском привантаження відфільтрує з ґрунту, а її місце займуть часточки ґрунту, і ґрунт стане щільнішим. Тривалість ущільнення таким способом різко скоротиться. Якщо слабкі обводнені ґрунти перекриті торфом, то під час влаштування насипів із піщаними палями-дренами його не видаляють. Піщані палі-дрени рекомендують застосовувати в умовах рихлих пилюватих і дрібних пісків, слабких стиснених заторфованих ґрунтів. Улаштування піщаних паль-дрен розпочинають зі зняття рослинного покриву поверхні слабого обводненого ґрунту та доставки й відсипання з піску робочої платформи. Відсипаний ґрунт в робочу платформу повинен мати коефіцієнт фільтрації не нижче ніж 3 м/добу. Товщина робочої платформи повинна бути в межах 0,5–1,5 м (рис. 68). Робочу платформу не ущільнюють тому, що це досягається в процесі влаштування паль. Поверхню робочої платформи планують із

поперечним ухилом не менше як 2 %. Якщо палі виконують із того самого ґрунту, що і робочу платформу, то ґрунт для платформи і паль завозять одночасно, а палі-дрени влаштовують безпосередньо за плануванням платформи.

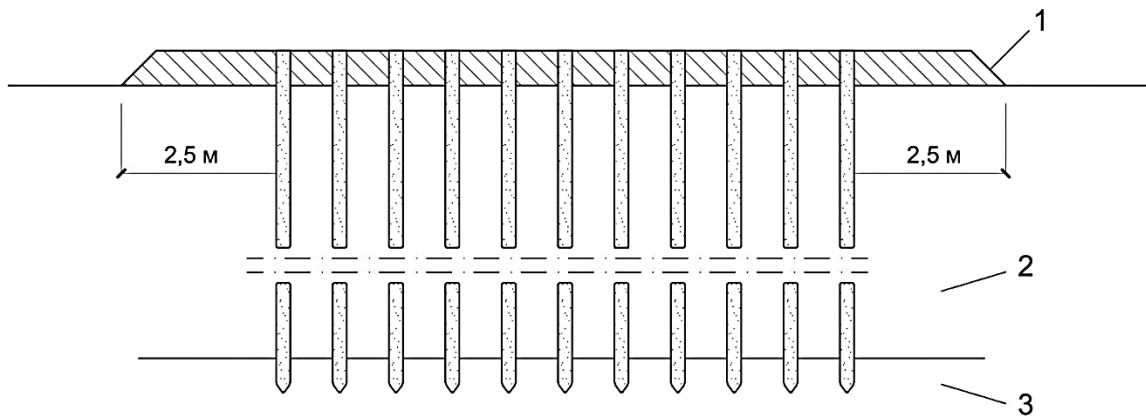


Рис. 68. Поперечний переріз насипу з піщаними палями-дренами:
1 – робоча платформа; 2 – слабкий обводнений ґрунт; 3 – міцний шар ґрунту

Вертикальні піщані палі-дрени виготовляють для заглиблення обсадної труби (інвентарної палі) з подальшим заповненням свердловини піском. У разі влаштування вертикальних паль-дрен прагнуть, щоб ґрунт навколо них не ущільнювався, тому що в більш щільного ґрунту зменшується водопроникність. Вертикальні піщані дрени влаштовують на глибину до 25 м діаметром 30–50 см на відстані 2–10 м одна від одної.

Для влаштування піщаних паль-дрен використовують сучасний узгоджений комплект машин зі спеціальним обладнанням (рис. 69).



Рис. 69. Комплект машин для влаштування піщаних паль-дрен

Пісок для паль-дрени має бути сухим або водонасиченим, оскільки він може не повністю висипатися з труби і потрібно з вийнятої з ґрунту труби його вибивати. Практика показала, що найбільша щільність дрени виявлена у випадку повного водонасичення піску. Замість вертикальних піщаних дрен можуть бути застосовані вертикальні дрени з іншого фільтрувального матеріалу, наприклад просіяного кислого шлаку, спеціального пористого картону або пластикової стрічки в паперовій обгортці.

Після влаштування паль-дрен відсипають насип-привантаження. Для цього використовують комплект землерийно-транспортних машин, які працюють за відомими технологіями облаштування привантаження території. Насип відсипають шарами, а тому тиск під подошвою насипу зростає пропорційно зростанню висоти насипу.

Ущільнення слабого ґрунту піщаними палями застосовують у сильно стисливих пилувато-глинистих ґрунтах, рихлих пісках, водонасичених пісках з органічними домішками, заторфованих ґрунтах на глибину до 18...20 м (рис. 70).

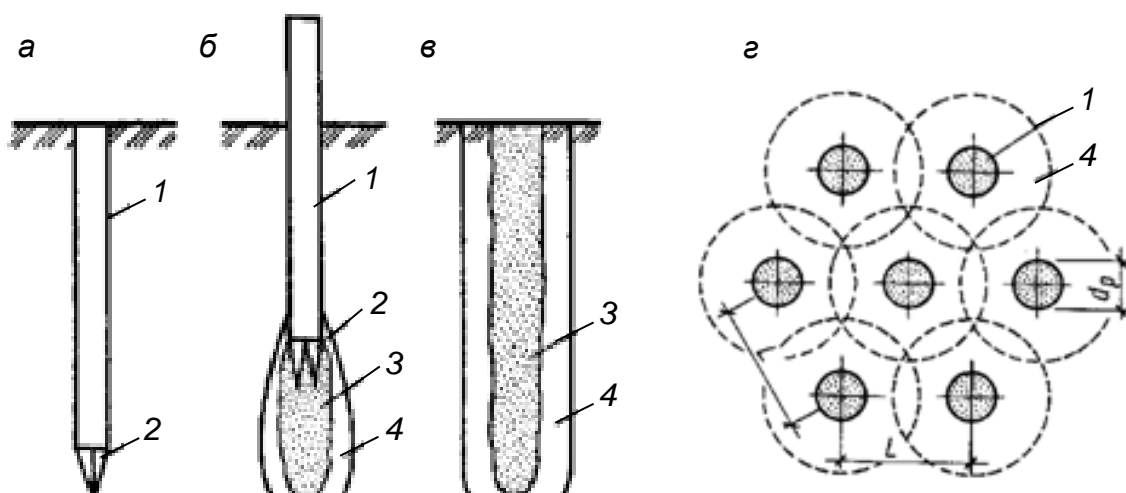


Рис. 70. Схема влаштування піщаних палей:

а – заглиблення обсадної труби; *б* – виймання з ґрунту обсадної труби з одночасним заповненням свердловини піском; *в* – схема піщаної палі; *г* – схема розміщення піщаних палей в плані:

1 – обсадна труба; 2 – наконечник, що сам розкривається; 3 – піщана паля; 4 – зона ущільнення ґрунту

Влаштування піщаних палей розпочинають із заглиблення в ґрунт вібратором або молотом порожньої металевої труби з наконечником, що сам розкривається. Навколо заглиблення труби ґрунт кругом неї ущільнюється. На потрібній глибині вібратор і заглиблення зупиняють. Порожню обсадну трубу заповнюють піском і розпочинають її виймати з ґрунту. Наконечник труби розкривається, а пісок із труби висипається у свердловину й ущільнюється від ваги піску. Іноді використовують спеціальну трамбівку, яку скидають за допомогою троса та лебідки на пісок у трубі, щоб пісок мав велику щільність. Унаслідок цього створюється ущільнений масив ґрунту із середньою щільністю значно вищою, ніж неущільненого ґрунту.

Застосовують також у разі потреби метод «паля в палю». Для цього після виймання труби із ґрунту наконечник закривають, а трубу повторно заглиблюють у пісок уже влаштованої палі і знову влаштовують піщану палю. Піщані палі влаштовують здебільшого в шаховому порядку з перетином зон ущільнення.

Піщані палі завдяки ущільненню слабого ґрунту покращують його міцність з 1 кг/см^2 до $2,5 \text{ кг/см}^2$ і з $0,5 \text{ кг/см}^2$ до $1,5 \text{ кг/см}^2$.

Останнім часом запропоновано піщані палі влаштовувати в оболонці з геотекстилю. Для цього в порожню трубу, заглиблену в ґрунт, закладають сформований у вигляді рукава геотекстиль, який потім заповнюють піском. Це дає змогу в оточуючому палю ґрунті зберегти його структурну міцність, якщо вона є, що сприятиме підвищенню його міцності і зменшенню деформативності.

Ущільнення ґрунтів віброфлотацією є провідним методом ущільнення слабких незв'язних ґрунтів (рис. 71). Спеціальний вібратор (діаметром 30 – 50 см) на торці напямної труби (віброфлотатор)

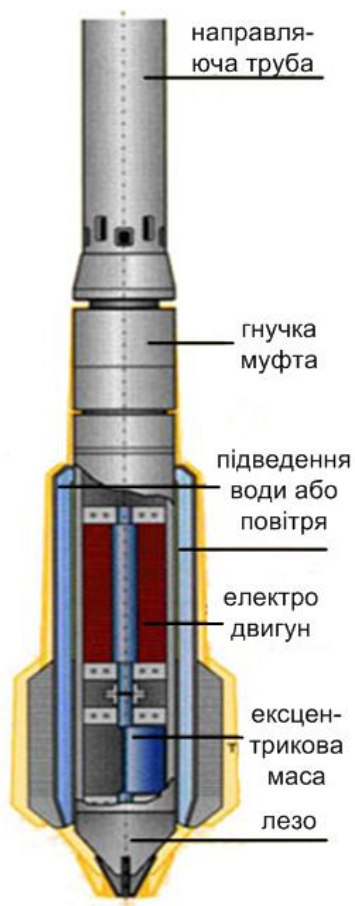
опускають краном у піщаний ґрунт з увімкненим вібратором і подаванням із нижніх сопел вібратора води під тиском.

Від коливань вібратора вводяться у стан коливальних рухів також і розташовані в зоні дії часточки ґрунту. Часточки ґрунту перебувають під впливом інерційних сил, які пропорційні масам цих часточок.

Оскільки маси часточок ґрунту неоднакові, то і сили інерції різні, а це призводить до того, що в місцях контактів часточок виникають напруги зсуву, від яких виникає переміщення часточок і ґрунт ущільнюється.

У пісках сили зв'язків між часточкам найменші серед інших ґрунтів, тому ущільнення вібруванням незв'язних і малозв'язних ґрунтів найбільш успішне.

З метою підвищення ущільнення піщаного ґрунту через сопла, розміщені в нижньому загостреному та верхньому кінці вібратора, за бажанням оператора можна подавати воду, яка знімає водні плівкові натяги між часточками ґрунту.



Ущільнення пісків віброфлотацією рекомендоване на глибині від 3 до 20 м і більше. Коефіцієнт ущільнення піску в такому випадку може досягати 0,5–0,9. Коефіцієнт ущільнення залежить від виду піску, відстані між точками опускання віброфлотатора, а також від тривалості вібрування.

Точки опускання віброфлотатора в ґрунт визначають за сіткою з відстанню 1,5–5,0 м. Віброфлотатор опускають повільно, щоб струмені води розмивали й насичували пісок, що є навколо, водою. Після досягнення потрібної глибини струмінь води спрямовують на верхні сопла і віброфлотатор повільно піднімають на поверхню (рис. 72).

Рис. 71. Віброфлотатор

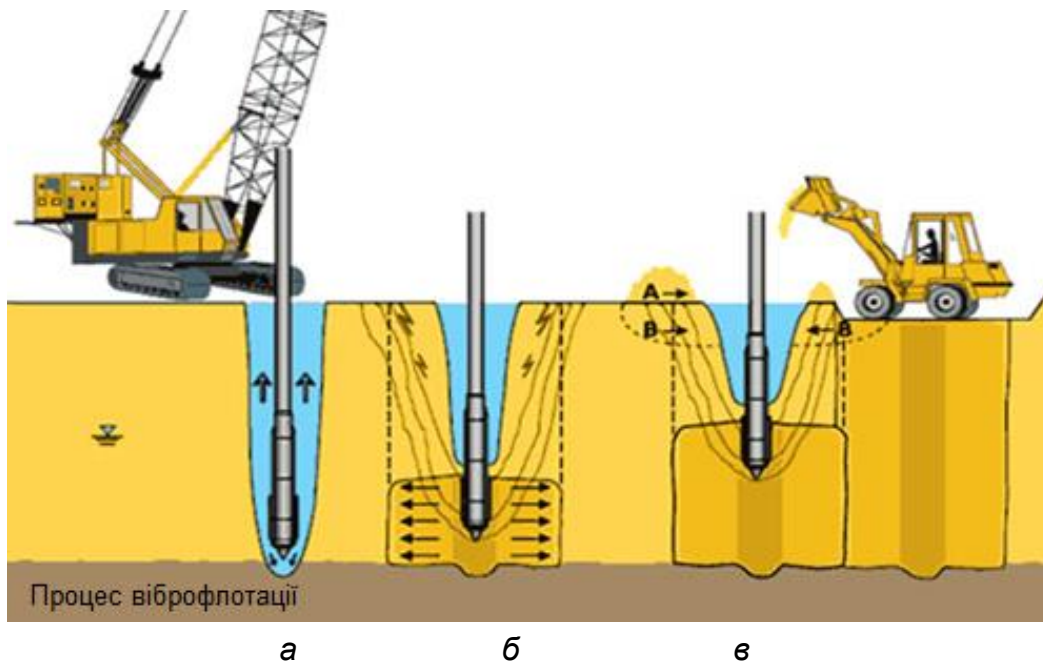


Рис. 72. Схема ущільнення ґрунту віброфлотацією:

а – опускання флотатора з подачею води; б – піднімання флотатора з осіданням оточуючого ґрунту; в – підсипання ґрунту в лунку

На місці піднятого віброфлотатора створюється конічний кратер завдяки ущільненню й переміщенню вниз часточок ґрунту. Цей кратер засипають місцевим піском або щебенем і виконують повторне віброущільнення (рис. 73).



Рис. 73. Схема засипання кратера ґрунтом з повторним віброущільненням віброфлотатором

Шар ґрунту 0,5–1,0 м на поверхні залишається розрихленим, і його потрібно ущільнити іншим способом (наприклад, важкими трамбівками).

Ущільнення ґрунтів надважкими трамбівками з поверхні застосовують у рихлих пісках за ступеня водонасичення $S_r < 0,7$.

Унаслідок трамбування ґрунту надважкими трамбівками він отримує величезне силове навантаження, яке супроводжується поверхневими динамічними хвилями. Від витіснення й динамічних коливань ґрунту його часточки переміщуються і ґрунт стає щільнішим. Для цього потрібно скидати трамбівки вагою 8–12 тонн і більше з висоти від 10–20 м, що забезпечить глибину ущільнення ґрунту 5–7 м. Трамбівка вагою 15 тонн забезпечує глибину трамбування 8–10 м.

У 80–90 роках минулого століття у Європі використовували трамбівку вагою 25 тонн, яку скидали з висоти 28 м (рис. 74). Індивідуальну установку (гігамашину) з трамбівкою вагою 40 т, яку скидали з висоти 40 м, тривалий час використовували для ущільнення ґрунтів у будівництві доріг у Швейцарії, США, Японії та Мексиці.

Сьогодні на видатних будовах світу працює гіга-машина на самохідному шасі зі 168 коліс, яка має 7 кілометрів гідропроводів і трамбівку вагою 170 т, яку скидали з висоти 22 м. Цією машиною було ущільнено 20 млн м³ піщаного ґрунту, відсипаного в море та на узбережжі моря для злітно-посадкової смуги аеропорту міста Ніцца (рис. 75). Серійно виготовляють машини з вагою трамбівки 35 т.



Рис. 74. Динамічне ущільнення ґрунту з використанням трамбівки 25 т з висоти 28 м



Рис. 75. Динамічне ущільнення ґрунту гігамашиною

Трамбування як насипного, так і природного ґрунту надважкими трамбівками виконують в окремих точках на відстані 1,2–1,5 діаметра трамбівки без перекриття слідів із підсипанням місцевого ґрунту в лунки, створені ударами трамбівки (рис. 75). Процеси трамбування й підсипання лунок розділяють у часі. Коли глибина лунки перевищить 0,6–0,7 діаметра трамбівки, то утворену лунку засипають і процес ущільнення повторюють.

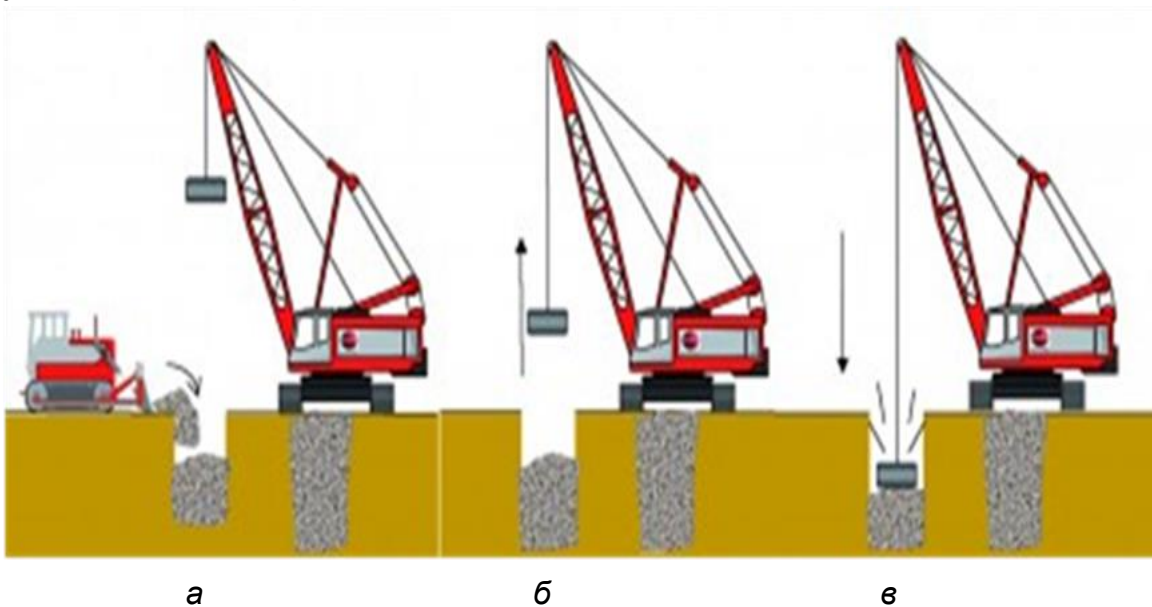


Рис. 76. Трамбування ґрунту в окремій точці удару:
 а – підсипання місцевого ґрунту в лунки; б – ущільнення ґрунту в лунці; в – ущільнення ґрунту до заданої відмови

4.2.2. Закріплення слабких ґрунтів хімічним способом

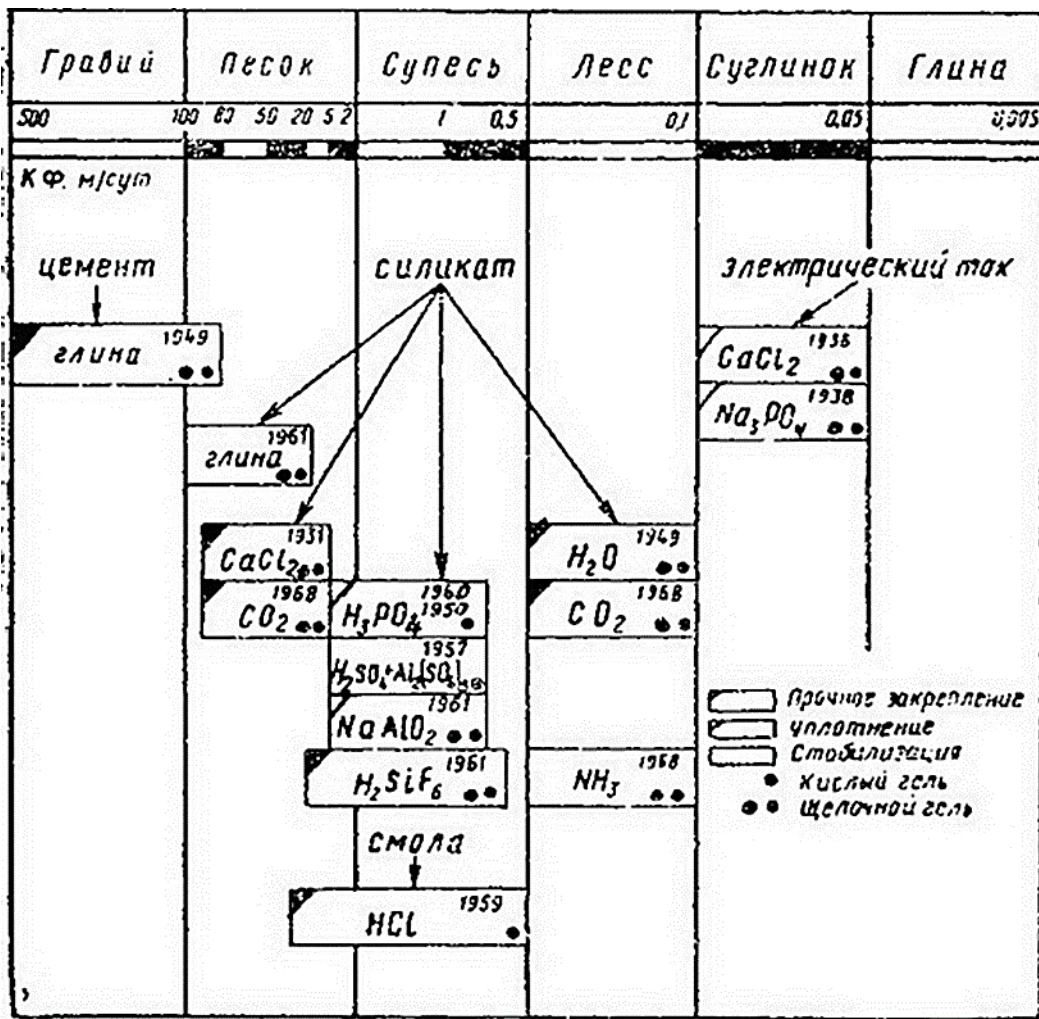
З 30-х років минулого століття протягом 40 років у нашій країні пристосовано до регіональних умов і розроблено 14 способів закріплення слабких ґрунтів із суглинків, лесів, супісків, пісків і гравію з коефіцієнтом фільтрації від 0,05 м за добу до 500 м за добу. Для цього в ґрунт нагнітають водні розчини силікату натрію (із затверджувачем і без нього), глини, глиноцементні, карбамідні й інші смоли. Унаслідок закріплення ґрунтам надається підвищена міцність, жорсткість і водостійкість і ліквідовується просідання та пучення.

У табл. 4 залежно від виду та коефіцієнта фільтрації ґрунту наведено рекомендації до вибору способу закріплення ґрунтів розроблені, професором Б. А. Ржаніциним, основоположником хімічного закріплення ґрунтів.

Хімічне закріплення суглинків з коефіцієнтом фільтрації 0,05–0,1 м за добу. Для закріплення суглинків через їх низьку фільтрацію нагнітання розчинів рекомендують вести в постійному електричному полі з виникненням електроосмосу, але цей спосіб складний і дорогий, а тому для підготовки території під забудову його не використовують.

Таблиця 4

Способи закріплення ґрунтів за про. Б.А. Ржаніциним



Хімічне закріплення піщаних ґрунтів з коефіцієнтом фільтрації 0,5–2,0 м за добу (пливунів) виконують однорозчинною багатокомпонентною силікатизацією (силікат натрію з добавкою фосфорної кислоти). Міцність пливуну досягає 0,5 МПа.

У разі хімічного закріплення піщаних ґрунтів на глибинах 50 м і більше, розчини нагнітають манжетними ін'єкторами, які опускають в пробурену під захистом глинистого розчину свердловину діаметром 120–150 мм на всю глибину закріплюваного масиву. Зібраний різьбовими з'єднаннями і з окремих трубок ін'єктор із перфорованою робочою ланкою, яка має нижній і верхній манжети, опускають у свердловину. На будь-якій глибині, переважно послідовно знизу вгору, манжетами виділяють західки і у виділений інтервал свердловини нагнітають закріплювальний розчин, звідки він під тиском фільтрує в ґрунт.

Для закріплення пилюватих пісків із коефіцієнтом фільтрації від 0,0006 до 0,006 см/с застосовують однорозчинний спосіб. У ґрунт

нагнітають розчин, який створює гель із рідкого скла та фосфорної кислоти або з рідкого скла, сірчаної кислоти і сірчаноокислого амонію.

Силікатизація дворозчинна полягає в тому, що в супіски і пісок будь-якої вологості через забитий ін'єктор (металеву перфоровану трубу) почергово нагнітають розчин силікату натрію (рідке скло) $\text{Na}_2\text{O}_n\text{SiO}_2$ і розчин хлористого кальцію CaCl_2 . Унаслідок хімічної реакції між ними в порах ґрунту утворюється гідрогель кремнієвої кислоти і ґрунт швидко і міцно закріплюється. Дворозчинний спосіб забезпечує міцність ґрунту на стиск 1,5–3,5 МПа і практично його повну водонепроникність. Міцність закріпленого ґрунту не знижується від дії агресивних ґрунтових вод. Недоліками цього способу є висока вартість і велика трудомісткість робіт (рис. 77).

У разі дворозчинної силікатизації ґрунтів розчини нагнітають ін'єкторами заглибленими рядами для рідкого скла і хлористого кальцію через один ряд. Розчин хлористого кальцію потрібно нагнати відразу після нагнітання рідкого скла. Перерва між нагнітанням рідкого скла і хлористого кальцію не повинна перевищувати 24; 6; 2; 1 годину, за швидкості руху ґрунтової води відповідно 0; 0,5; 1,5; 3 метри за добу.

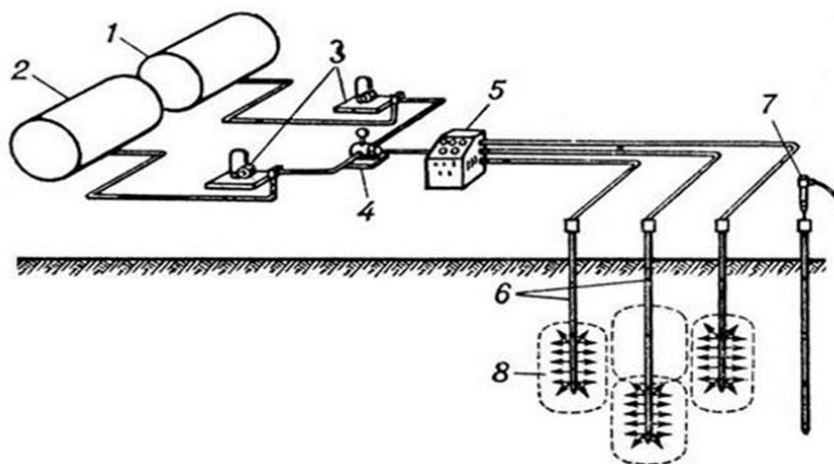


Рис. 77. Схема дворозчинної силікатизації ґрунту:

1 – силікат натрію; 2 – соляна кислота; 3 – насоси; 4 – змішувач; 5 – пульт управління; 6 – ін'єктор; 7 – заглиблення ін'єктора пневматичним молотком; 8 – контур закріплення

Кожний розчин слід нагнати окремим насосом. Змішування розчинів у баках, шлангах, насосах і ін'єкторах не допускається.

Для збільшення радіуса закріплення 0,7 м і більше розчин силікату підігривають до температури 40–60 °С, щоб знизити його в'язкість.

Силікатизацію **однорозчинну** багатокomпонентну використовують для закріплення мiлких піщаних ґрунтів, що мають коефіцієнт фільтрації 0,5–5 м за добу. У цьому способі як затверджувач використовують фосфорну кислоту, сірчану кислоту і сірчаноокислий алюміній, алюмінат натрію, кремнефтористоводневу кислоту. Зі всіх затверджувачів кремнефтористоводнева кислота найефективніша – міцність закріплення з нею становить 2–4 МПа.

Для закріплення добре проникних пісків розчин складається з силікату натрію і глини. Спосіб застосовують у пісках з коефіцієнтом фільтрації 50–100 м/ добу в разі використання місцевих глин і в пісках з фільтрацією 20–50 м/добу в разі використання бентонітових глин.

Силікатизацію газу в піщаних ґрунтах виконують за двома схемами:

- нагнітають силікат натрію, а потім вуглекислий газ;
- вуглекислий газ нагнітають до і після силікату натрію.

Унаслідок взаємодії вуглекислого газу з розчином силікату натрію утворюється гель SiO_2 , який надає ґрунту міцність і водостійкість. Попередня активізація ґрунтів вуглекислим газом підвищує міцність закріплення на 25–30 % в інертних пісках і на 50 % у карбонатних пісках.

Смолізацію слабого ґрунту сечовино-формальдегідною (карбамідною) смолою практикують тому, що її випускають у достатній кількості, легко розчиняють у воді й легко нагнітають у ґрунт. Цю смолу створюють унаслідок поліконденсації сечовини та формальдегіду. Вона має невисоку в'язкість і полімеризується з різними кислотними затверджувачами в порах ґрунту за температури 4–10 °С. Але широкого впровадження в будівельну практику цей спосіб не набув через насичення ґрунтів і ґрунтових вод токсичним формальдегідом.

Суть смолізації полягає в нагнітанні в ґрунт гелеутворювального розчину, що складається з розчину смоли і затверджувача – соляної або щавлевої кислоти. Спосіб забезпечує міцне закріплення, надає ґрунтам водонепроникність. Закріплення карбамідною смолою піщаних ґрунтів із затверджувачем із 3–5 % соляної кислоти забезпечує цим ґрунтам міцність близько 5 МПа.

Для смолізації карбонатних пісків використовують для гелеутворення розчини щавлевої і кремнефтористоводневої кислот, що утворюють на поверхні карбонатів захисні плівки, які перешкоджають нейтралізації затверджувачів із карбамідних золів. З підвищеним умістом карбонатів (понад 3 %) здійснюють попередню обробку ґрунту розчином кислоти в об'ємі, який дорівнює об'єму смоли.

Газова силікатизація. У нашій країні за рекомендацією В. Є. Соколовича застосовують газову силікатизацію піщаних і макропористих лесових ґрунтів, засновану на використанні як затверджувача рідкого скла вуглекислого газу (діоксиду вуглецю). Технологія способу полягає в тому, що в ґрунт через забиті ін'єктори або спеціально обладнані свердловини нагнітається вуглекислий газ для попередньої активізації ґрунту, потім розчин силікату натрію і знову вуглекислий газ для затвердіння. Міцність закріплених методів газової силікатизації пісків становить 0,8...1,5 МПа.

Відстань між ін'єкторами або свердловинами, через які одночасно проводиться нагнітання газу, повинно бути не менше ніж 6 радіусів закріплення.

Технологія нагнітання хімічних розчинів. Розчини нагнітають у ґрунт західками в обсязі та в технологічній послідовності, що передбачені проектом:

а) у неоднорідних за проникністю ґрунтах шари з більшою проникністю потрібно закріпити насамперед;

б) послідовний порядок ін'єкційних робіт у точках ін'єкції в плані і у західкам в глибину не повинен допускати, щоб раніше закріплені західки утрудняли занурення ін'єкторів для пізніших ін'єкцій;

в) під час закріплення водоносних піщаних ґрунтів потрібно, щоб послідовність ін'єкційних робіт забезпечувала надійне віджимання підземної води нагнітальними реагентами. Защемлення підземної води в закріпленому масиві не допускається.

Якість ін'єкційного хімічного закріплення ґрунтів визначають польовими й лабораторними дослідженнями ґрунтів. Для відбору проб через сім діб після закінчення ін'єкційних робіт викопують 1 шурф на 2–3 тис. м³ закріпленого ґрунту і бурять контрольні свердловини в кількості 3–5 % від загальної кількості ін'єкційних.

Цементация в слабких ґрунтах. Цементацию доцільно застосовувати в гравійно-галькових породах із розміром зерен понад 2 мм за умови, що пори між зернами вільні від глинистих або піщаних частинок, у крупнозернистих пісках – з діаметром зерен понад 0,8 мм.

Цементацию застосовують для зміцнення насипних ґрунтів, відкладень гальки різних фракцій, крупнозернистих і середніх за крупністю пісків з коефіцієнтом фільтрації понад 80 м за добу.

Цементацийний розчин зазвичай складається з цементу і води з водоцементним відношенням 0,4...1,0.

Для цементации ґрунтів застосовують забивні ін'єктори або ін'єктори-тампони, що опускаються в пробурені свердловини. Ін'єктори

являють собою трубу діаметром 25...100 мм, забезпечену перфорованою ланкою довжиною 0,5...1,5 м. Після занурення ін'єктора в ґрунт або свердловину в трубу під тиском подається чиста вода – «свердловина промивається». Потім через трубу нагнітається цементний розчин, який, проникаючи в ґрунт, цементує його.

Для закріплення піщаних ґрунтів глиноцементациєю на глибині 50 м і більше використовують манжетні ін'єктори, які опускають в пробурену на всю глибину закріплення під захистом глинистого розчину свердловину діаметром 120–150 мм. Влаштовані в нижній і верхній перфорованій зоні ін'єктора тампони дають змогу нагнати цементно-глинистий закріплювальний розчин у зазор між ін'єктором і стінкою свердловини в будь-якій зоні свердловини.

Електрохімічне закріплення ґрунтів

Для закріплення слабких малопроникних ґрунтів, представлених мілкими пісками, суглинками і супісками, розроблено спосіб збільшення проникності ґрунту хімічними розчинами створенням постійного електричного поля.

Зазвичай розчини вводять у ґрунт під тиском за допомогою перфорованих труб-електродів. Напроти труб-анодів забивають металеві стрижні-катоди. Покращення руху розчинів у ґрунті в цьому випадку обумовлене рухом води від анода до катода (рис. 78). При цьому велике значення має правильне поєднання режимів подачі розчинів у ґрунт і величини електричного струму, якій призначається відповідно до фізико-механічних властивостей ґрунту.

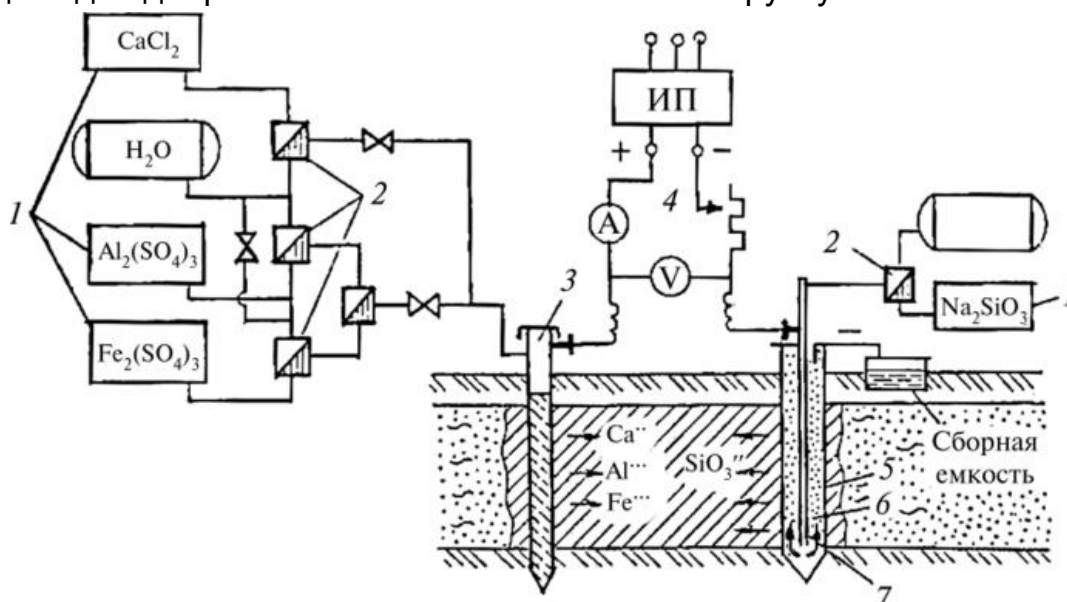


Рис. 78. Схема електрохімічного закріплення ґрунту:

- 1 – ємкості для розчинів; 2 – змішувачі-дозатори; 3 – трубчасті електроди-ін'єктори; 4 – електроустановка; 5 – безтрубні катоди; 6 – пісок; 7 – труба

4.2.3. Бурозмішувальне закріплення мулів

Бурозмішувальний спосіб закріплення мулів полягає в механічному перемішуванні і подальшій хімічній взаємодії водоцементного розчину з мулом, завдяки чому поліпшуються будівельні властивості мулистого масиву.

За допомогою бурозмішувальної технології в товщі слабого водонасиченого глинистого ґрунту виготовляють циліндричні мулоцементні палі діаметром до 1000 мм і конструкції з них.

Мулоцементні палі розташовують кущами, рядами і полями. Для бурозмішувального закріплення мулів слід застосовувати портландцемент, портландцемент із мінеральними добавками і шлакопортландцемент марки не нижче 400, а за наявності сульфатної агресії – сульфатостійкий портландцемент, сульфатостійкий портландцемент із мінеральними добавками, сульфатостійкий шлакопортландцемент і пуцолановий портландцемент марки не нижче 400.

У першому наближенні може бути рекомендовано для сталого закріплення ґрунту введення від 160 до 250 кг портландцементу марки 400–450 на 1 м³ мулу, який закріплюють, а в разі сульфатної агресії – введення сульфатостійкого цементу з підвищеним дозуванням (200–270 кг на м³ ґрунту). Цемент вводять у ґрунт у вигляді водоцементного розчину.

Бурова установка для виготовлення цементноґрунтових паль повинна мати обертальний момент не менше ніж:

- 2,5 кНм для паль діаметром до 0,7 м з глибиною до 10,0 м;
- 5,0 кНм для паль діаметром до 1,0 м з глибиною до 10,0 м;
- 7,0 кНм для паль діаметром понад 1,0 м з глибиною більше за 10,0 м.

Установка повинна забезпечувати частоту обертання бурозмішувача в межах 30–150 об/хв. Для нагнітання в ґрунт водоцементного розчину застосовують будівельні розчинонасоси з тиском не менше ніж 0,5–0,7 МПа.

Комплексне закріплення мулів бурозмішувальним способом передбачає два складові процеси:

- приготування закріплювального водоцементного розчину;
- нагнітання цементного розчину в забій свердловини й перемішування його з ґрунтом за допомогою бурозмішувача.

Залежно від інженерно-геологічних умов використовують одну з трьох технологій цементноґрунтозмішування: нагнітання цементного

розчину із заглибленням бурозмішувача під час його зворотного ходу або в процесі як заглиблення, так і зворотного ходу.

Контроль якості матеріалу здійснюють шляхом випробування кернів з тіла палі не раніше ніж через 28 діб після її виготовлення й випробування їх осьовим стиском.

4.3. Заміна слабких ґрунтів міцними

4.3.1. Вибіркова заміна слабких ґрунтів

Процес вибіркової заміни слабких ґрунтів території відбувається за планом забудови.

4.3.2. Повна заміна слабких ґрунтів

Заходи інженерної підготовки під час освоєння заболочених територій передбачають комплекс загальних і спеціальних заходів, серед яких є часткове виборфування ґрунту або повне виборфування ґрунту.

Метод повного виборфування полягає у вилученні торф'яного ґрунту з подальшою його заміною мінеральним. Цей метод є радикальним. Його перевага полягає в тому, що в разі використання піщаних ґрунтів вдається практично уникнути різких деформацій основ будинків. До недоліків цього методу варто віднести великі обсяги робіт порівняно з методами привантаження.

На територіях промислових підприємств і комунально-складських зон використовують часткове чи повне виборфування, осушення територій.

Для запобігання перемішуванню ґрунту насипу з ґрунтом слабкої водонасиченої основи і більшої рівномірності осідання насипу застосовують розділовий прошарок – геотекстиль, кінці якого заводять у тіло насипу.

Осідання земляного насипу на торф'яній основі може затягуватися на кілька років. Для прискорення осідання влаштовують вертикальні дрени з піску, картону чи геотекстилю. Дрени розміщують через 3–5 м.

Слабкі ґрунти можна ущільнити піщаними палями діаметром 0,4–0,8 м, які сприймають на себе частину тиску від забудови і знижують тиск на ґрунт основи. Мули, що мають в ущільненому стані опір здвигу, можна залишати під насипом.

Запитання для самоконтролю

1. *Перерахуйте геотехнічні заходи для підготовки до забудови території зі слабкими ґрунтами.*
2. *Розкрийте суть ущільнення ґрунтів водозниженням.*
3. *Які основні положення технології ущільнення слабких ґрунтів привантаженням?*
4. *Проілюструйте схемою ущільнення слабких ґрунтів привантаженням із влаштуванням паль-дрен.*
5. *Як ущільнюють слабкі ґрунти піщаними палями?*
6. *Перерахуйте послідовність робочих операцій ущільнення ґрунтів привантаженням з улаштуванням піщаних паль.*
7. *Як ущільнюють водонасичені піски віброфлотацією?*
8. *Як ущільнюють слабкі ґрунти надважкими трамбівками?*
9. *Охарактеризуйте способи хімічного закріплення слабких ґрунтів. Наведіть приклади.*
10. *Викладіть основні технологічні особливості закріплення мулів бурозмішувальним способом.*
11. *У яких випадках використовують часткове, а в яких повне виторфовування ґрунту?*

5. ПІДГОТОВКА ДО ЗАБУДОВИ ТЕРИТОРІЇ, СКЛАДЕНОЇ ЛЕСОВИМИ ҐРУНТАМИ

5.1. Загальні положення просідання ґрунтів

Лесові просадні макропористі ґрунти займають понад 80 % території України (рис. 79). Щільність їх становить 1,4–1,6 г/см³. Завдяки великій кількості макропор у вигляді трубчатих каналців діаметром

0,1–4,0 мм пористість лесових ґрунтів сягає 45–55 %, а вологість не більше ніж 6–15 %. Зволоження лесового ґрунту викликає великі деформації (просідання), яке в середньому в Україні становить 15–30 см, а максимальні значення відмічені у Придніпров'ї (74 см), Причорномор'ї (80 см) і Придністров'ї (92,6 см), де потужність лесових товщ становить 20–30 м, а рівень ґрунтових вод перебуває на глибинах майже 10,0 м. На таких територіях будівлі і споруди можуть зазнавати значних нерівномірних деформацій.

Вартість будівництва на цих ґрунтах зростає на 2–8 %, а іноді на 10–15 %.



Рис. 79. Карта лесових ґрунтів в Україні:
I – перший тип; II – другий тип просідання

До основних причин просідання лесів належать: велика пористість; невелика водостійкість агрегатів ґрунту; розчинення водою солей, що цементують зерна ґрунту. Під час просідання ґрунт ущільнюється через переміщення і більш компактне укладання окремих

часточок та їхніх агрегатів, завдяки чому знижується пористість до стану, що відповідає наявному тиску.

Для інженерного захисту й підготовки для забудови територій, складених лесовими ґрунтами, передбачені такі заходи:

- 1) поверхнєве ущільнення лесу важкими трамбівками;
- 2) ущільнення лесу ґрунтовими палями;
- 3) ущільнення лесу попереднім замочуванням;
- 4) ущільнення лесу замочуванням із вибухом;
- 5) хімічне закріплення лесу силікатизацією;
- 6) термічне закріплення лесу;
- 7) закріплення лесу струменевим ґрунтоцементозмішуванням.

5.2. Заходи захисту та підготовки територій, складених лесовими ґрунтами

5.2.1. Поверхнєве ущільнення лесу важкими трамбівками

Цей спосіб зменшення просадок лесу доцільно вести, якщо пониження поверхні під час трамбування перевищує 7–8 см для зв'язних і 5 см для незв'язних ґрунтів зі ступенем вологості $S_r \leq 0,7$ і щільності сухого ґрунту $\rho_d \leq 1,6 \text{ г/см}^3$. Його виконують вільним скиданням (до 12 ударів) трамбівкою діаметром 1,4–3,5 м і вагою 20–150 кН за допомогою крана-екскаватора з висоти 5–10 м. Вантажопідйомність крана-екскаватора має у 3-4 рази перевищувати вагу трамбівки.

Ущільнення трамбівками утворює в основі шар ґрунту, який не просідає і створює перепону воді до нижньої товщі, що просідає. Ущільнення важкими трамбівками ґрунтів, що просідають, I типу застосовують для усунення просідання, а ґрунтів II типу – ще й для створення водонепроникного екрана під забудовою.

Поверхнєве ущільнення лесу трамбівками масою 2–3 т дає змогу зменшити водопроникність ґрунту товщиною 1,5–2,0 м, а трамбівкою масою 4,5–5,0 т – водопроникність ґрунту товщиною 2,5–3,0 м. Трамбування масою 10 т і більше ущільнює шар лесу товщиною 5,5–6,0 м.

Потрібна глибина ущільнення ґрунтів, що просідають, визначається розрахунками з умови повного усунення просідання ґрунтів у межах усієї зони деформування або тільки у верхній її частині

на глибину, за якої сумарні осідання і просідання фундаментів не перевищать граничних величин.

Після закінчення трамбування верхній розпушений шар ґрунту додатково ущільнюють легкими ударами трамбівки із скиданням її з висоти 0,5–1,0 м або укочуванням. Якщо після трамбування відмітка виявиться нижче за проєктну, здійснюється підсипання місцевого ґрунту з його ущільненням.

5.2.2. Ущільнення лесу ґрунтовими палями

Таке ущільнення виконують за допомогою спеціального станка ударно-канатного буріння для влаштування вертикальної циліндричної порожнини. Після досягнення проєктної глибини свердловини заповнюють лесоподібними суглинком або супіском. У свердловину засипають 0,25–0,4 т указанного ґрунту, щоб його висота не перевищувала два діаметри свердловини, і ущільнюють скиданням бурового наконечника. Верхня частина шару товщиною 1–3,5 м ґрунту і палі розрихлюється, а тому наприкінці влаштування ґрунтових паль територію ущільнюють важкими трамбівками.

Аналогічне ущільнення лесу варто виконувати сучасною технікою, яка вдавлює в лесовий ґрунт спеціальний циліндричний балон для створення вертикальної осесиметричної порожнини, яку заповнюють з ущільненням місцевим ґрунтом (рис. 80).

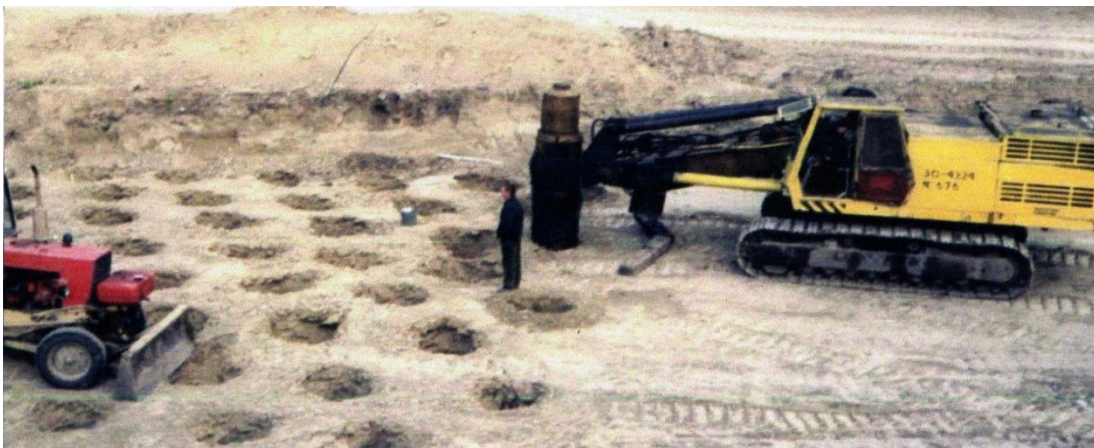


Рис. 80. Видавлювання вертикальних порожнин для їх заповнення місцевим ґрунтом з ущільненням

5.2.3. Ущільнення лесу попереднім замочуванням

Суть методу полягає в тому, що сухий лесовий ґрунт замочують до початку забудови. Розмочений лес втратить макропористу структуру

і від своєї ваги ущільниться. Після висихання ущільнений лес, що частково втратив здатність просідати, зможе сприймати певні навантаження.

Цей метод рекомендують використовувати в місцях, де відсутня забудова або відстань від наявних будівель повинна бути не меншою за три товщини шару, що просідає, за наявності водоупору або півтори товщини без водоупору.

Для замочування лесу потрібно на землю вилити воду, а щоб вона не розтікалася певну територію обваловують ґрунтом, який знімають бульдозером з площі, призначеної для замочування, і це буде котлован – карта замочування. Глибину котловану назначають не менше ніж 0,5 м. Рівень води в котловані повинен бути 0,3–0,5 м. Дно котловану накривають шаром піску або мілкою щебеню товщиною 8–10 см, щоб ґрунт не замулювався.

Для прискорення замочування в котловані бурять свердловини діаметром не менше ніж 15 см, глибиною 0,5–0,8 товщі лесу, вздовж периметра котловану через 2–5 м, а в середині через 5–10 м і засипають дренавальним матеріалом (піском, щебенем) (рис. 81).

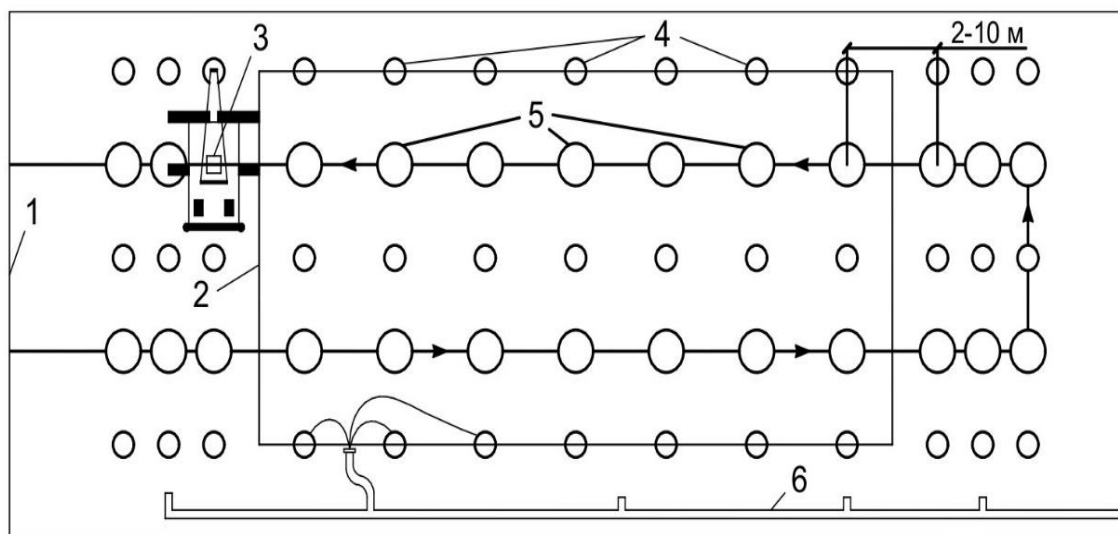


Рис. 81. Замочування лесових ґрунтів через свердловини:

- 1 – контур котловану; 2 – контур проектованої будівлі; 3 – бурова машина;
- 4 – свердловини для попереднього замочування діаметром 15–20 см;
- 5 – стоянки бурової машини; 6 – водопровід

Для контролю за просіданням у межах котловану в кутах сітки з чарунками 5–10 м влаштовують поверхневі марки з арматурної сталі діаметром 20–24 мм і довжиною 80–100 см, які забивають у ґрунт на глибину 60–80 см. Марки також влаштовують за межами котловану на

відстані двох товщин шару лесу двома-трьома поперечниками з кроком марок 5–8 м. Для контролю пошарового просідання ґрунту в центрі котловану з кроком 0,5–0,8 м влаштовують глибинні марки за глибиною через 2–3 м на всю товщу лесу.

Замочування розпочинають з подавання води в котлован із декількох точок. Рівень води 0,3–0,5 м підтримують постійно. Кількість влитої води обліковують. Просідання ґрунту контролюють кожні 5–10 днів. Подачу води припиняють після просідання протягом останніх двох тижнів не більше ніж 1 см. Кількість води не повинна перевищувати розрахунковий об'єм більше ніж на 20 %.

Після замочування верхній шар ґрунту знімають і влаштовують піщану подушку товщиною 0,3...1 м.

Через 10–20 діб у котловані виконують поверхнєве додаткове ущільнення ґрунту, який мало ущільнився від малого навантаження від власної ваги.

5.2.4. Ущільнення лесу замочуванням з вибухом

Суть способу полягає в ослабленні структурних зв'язків ґрунту замочуванням до межі текучості поштовхами, струсом і коливаннями ґрунту від серії підводних вибухів одиночних зарядів, розташованих у глибині замоченого масиву. Його найбільш ефективно виконувати в лесових суглинках і супісках із щільністю в сухому стані до $14,5 \text{ кН/м}^3$. Якщо ґрунти товщі просідання зволожені недостатньо, то здійснювати вибухи забороняється для запобігання можливого утворення камуфлетних порожнин.

Структура комплексного процесу ущільнення лесового ґрунтового масиву за цим способом може бути такою:

- влаштування на території з лесом обвалуванням мілкого котловану;
- буріння за сіткою з чарункою 5 x 5 м свердловин діаметром до 500 мм;
- розміщення в свердловинах труб діаметром до 100 мм;
- засипання у свердловинах затрубного простору щебенем;
- замочування ґрунту з використанням системи мілких траншей і інвентарних труб до ступеня вологості 0,8–0,85;
- розміщення у трубах зарядів вибухової речовини вагою 0,05–0,20 кг;
- підривання зарядів вибухової речовини;

- після нетривалої перерви механізоване виймання труб;
- тривале природне висушування території перед забудовою.

Виконання декількох серій вибухів зарядів з інтервалом в одну добу і більше викликає деформації ґрунту розміром 6–2 % від товщини замоченого шару (рис. 82). Це становитиме 140–240 см, якщо товща сухого лесу сягає 20 м.



Рис. 82. Ущільнення лесового ґрунту гідровибухом

Через 3–4 місяці після виконання вибухів щільність в сухому стані в масиві ґрунту збільшується з 1,30–1,45 г/см³ до 1,59–1,69 г/см³.

Тут варто взазначити, що цей спосіб не знайшов практичного впровадження через відсутність гарантій, що всі заряди вибухнули під майбутньою забудовою.

5.2.5. Хімічне закріплення лесу силікатизацією

Однорозчинна силікатизація ефективна для закріплення макропористих лесових ґрунтів унаслідок їх високої проникності. Особливістю силікатизації лесів є те, що до складу цих ґрунтів входять солі, що виконують роль затверджувача рідкого скла. Силікатизація лесів проводиться однорозчинною ін'єкцією в товщу ґрунтів розчину силікату натрію. Процес гелеутворення проходить миттєво, міцність закріплення масиву зростає дуже швидко і може досягати до 2 МПа і більше. Закріплення водостійке, що забезпечує ліквідацію просадних властивостей. Силікат натрію $\text{Na}_2\text{O}_n\text{SiO}_2$ доставляють на місце закріплення лесу у вигляді силікат-глиби або у водному розчині щільністю 1,4–1,5 г/см³. Щільність силікатного розчину на об'єкті

доводять до 1,13–1,20 г/см³ і ін'єктують у ґрунт за допомогою забивних ін'єкторів, заглиблених у пробурені свердловини.

Якість закріплення лесів перевіряють бурінням контрольних свердловин з відбором кернів.

2.6. Термічне закріплення лесу

Термічне закріплення лесів і лесоподібних ґрунтів базується на можливості випалювання цих ґрунтів, унаслідок чого міцність випаленого ґрунту зростає на порядок. Реалізувати термозакріплення можна за декількома технологіями (рис. 83):

- 1) випалення лесоподібних ґрунтів спалюванням палива у свердловинах;
- 2) випалення лесоподібних ґрунтів нагнітанням нагрітого газу;
- 3) електротермічне зміцнення випаленням і спіканням ґрунтів;
- 4) електротермічне зміцнення ґрунтів, що просідають;
- 5) електрозаплавлення свердловин ґрунтовими сумішами.

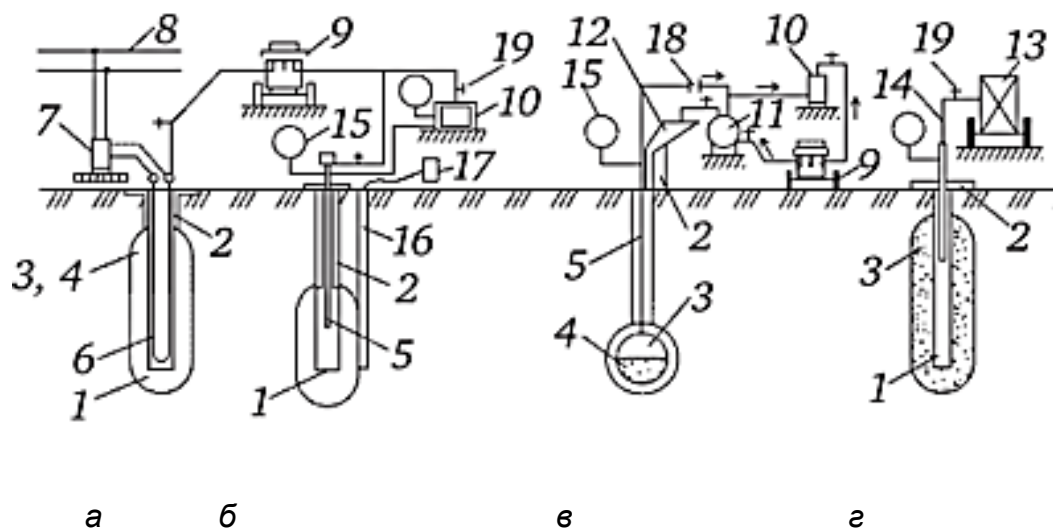


Рис. 83. Схема способів термічного закріплення ґрунтів:

- а – електротермічне зміцнення випаленням і спіканням;
 б – спалювання палива у свердловинах; в – спалювання ґрунтових сумішей у свердловинах; г – генерація нагрітих газів в агрегатах; 1 – свердловина; 2 – затвор; 3 – випалений лес; 4 – розплавлений ґрунт; 5 – форсунка; 6 – електронагрівач; 7 – трансформатор; 8 – електрична мережа; 9 – компресор; 10 – місткість для палива; 11 – ресивер; 12 – бункер для ґрунтових сумішей; 13 – агрегат; 14 – трубопровід; 15 – манометр; 16 – термопари; 17 – прилад; 18 – гнучке з'єднання; 19 – вентиль

1) Випалення лесоподібних ґрунтів спалюванням палива у свердловинах набуло найбільшого поширення серед способів термічного зміцнення ґрунтів. Його застосовують у лесах і глинистих ґрунтах, що просідають, зі вмістом глинистих часточок не менше ніж 7 % і ступеня вологості не більше за 0,8 %. Глибинний випал ґрунтів виконують через герметизовані або відкриті свердловини, у які опускають спеціальні пальники або електронагрівачі (рис. 83). Лесові ґрунти II типу потрібно випалювати на всю глибину товщі, що просідає. Довжина факела горіння газоподібного палива становить 10...12 м, а рідкого – 6...8 м. Якщо товщина зміцнюваного шару ґрунту велика, то випалювання виконують західками.

Температура на зовнішньому контурі масиву, який заплановано випалити, повинна бути в межах 400–800 °С. Температуру всередині свердловин визначають термометром-термопарою і регулюють зміною концентрації палива й регулюванням подачі стисненого повітря за показаннями манометрів. У свердловинах глибиною до 8 м допускається візуальний контроль крізь вічко з використанням оптичних пірометрів.

Роботи розпочинають з розбивки та буріння нагрівальних і допоміжних свердловин, монтажу обладнання, інженерних мереж і комунікацій та підключення їх до зовнішніх джерел енергії, у свердловини монтують затвори, екрани і відсікачі (рис. 84).

Для герметизації гирла свердловин застосовують гвинтові затвори, діаметр яких більший за діаметр свердловин на 3–4 см. Їх загвинчують у ґрунт буровими установками.

Міцність і розміри випаленого ґрунту уточнюють вибіркоким контрольним бурінням.

Недоліком такого способу є те, що форсунки й засоби контролю процесу доводиться монтувати на кожній із свердловин.

2) Випалення лесоподібних ґрунтів нагнітанням нагрітого газу у свердловини

За цим способом атмосферне повітря нагрівають у спеціальних стаціонарних або пересувних установках і за допомогою компресорних установок нагнітають у свердловини як тепловий агент. Температура нагрітих газів зазвичай не перевищує 950–1000 °С.

Використовують цю технологію нечасто через високу вартість. Низька ефективність проявляється, якщо один теплотворний агрегат обслуговує велику кількість свердловин. У цьому випадку в мережах

теплопроводів є великі тепловтрати. Спосіб доцільно використати там, де застосування полум'я заборонено.

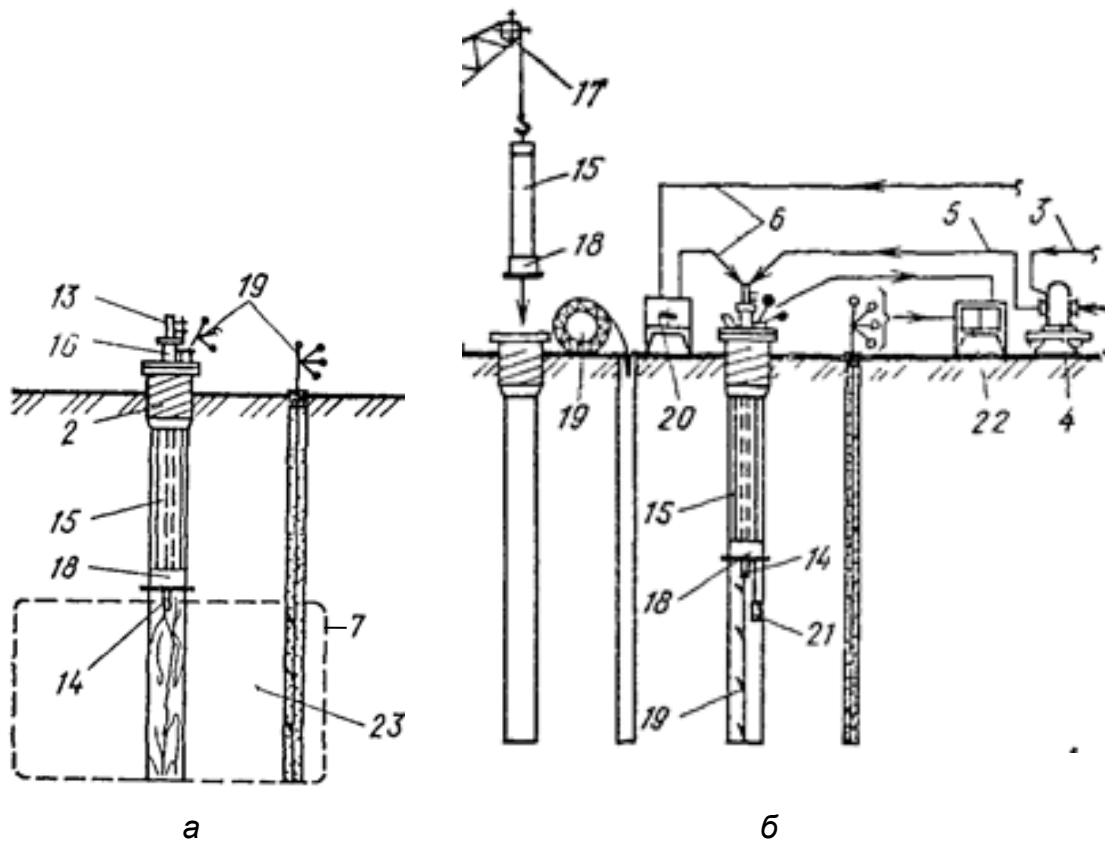


Рис. 84. Схема спалювання палива у свердловинах:
 а – посекційний монтаж труби для повітря, обладнання, мереж і їх підключення; б – випалювання лесу; 2 – затвор; 3 – електрична мережа; 4 – газодувка; 5 – повітропровід; 6 – газопровід; 7 – випалений лес;
 8 – свердловина; 9 – контрольна свердловина; 13, 14, 15 – відповідно форсунка; труба; трубопровід для повітря; 16 – кришка затвора; 17 – кран; 18 – відсікач; 19 – термopари; 20 – манометр; 21 – запальник; 22 – потенціометри; 23 – випалений лес

3) Електротермічне зміцнення лесів

Для випалення лесів цим способом у свердловини опускають електричні нагрівачі з термостійких сплавів спірального і стрижневого типу. Електричну напругу від зовнішньої мережі знижують спеціальними трансформаторами з масляним охолодженням до 24 або 36 вольт, а сила струму повинна бути в межах 1500–2500 ампер.

На кожен погонний метр закріпленого ґрунту в свердловині витрачають від 5 до 20 кВт електроенергії за годину. Термозміцнення ґрунтів виконують західками висотою, яка визначається розмірами електронагрівача. Випалення циліндра розрахованого об'єму ґрунту кругом свердловини в західці заввишки 4–5 м може тривати декілька годин.

Застосування такого способу стримується ціною електроенергії.

4) Електрозапалення свердловин ґрунтовими сумішами

Переваги цього способу в тому, що якість матеріалу розплаву піддається варіюванню залежно від потрібних за розрахунком міцності та деформаційних властивостей. Для спікання ґрунту в свердловині опускають нагрівачі (термографітові стрижні) і обсипають їх ґрунтовою сумішшю. У цьому випадку температура в свердловині досягає 1700–2000 °С і ґрунт навколо графітових нагрівачів розплавляється. У ґрунтову суміш можна помістити домішки, що зменшують температуру плавлення сумішей. Форма свердловини може бути різною, зокрема мати розширення забою заглибленого в горизонти, що не просідають, для створення несучої п'яти опор.

5.2.7. Закріплення лесу струменевим ґрунтоцементозмішуванням

Закріплення лесу струменевим ґрунтоцементозмішуванням (Jet-Grouting) досягається зануренням у пробурену свердловину струменевого монітора з насадками, через які подають воду і цементний розчин під тиском до 40 МПа зі швидкістю 200–300 м/с. Прилеглий до свердловини лес руйнується напором води й інтенсивно перемішується з цементним розчином. Поступове виймання монітора зі свердловини створює колони закріпленого лесу.

Комплексний процес закріплення лесу струменевим ґрунтоцементозмішуванням складається з простих процесів:

- буріння свердловини малого діаметра на проектну глибину;
- занурення у свердловину штанги зі струмним монітором, оснащеним у нижній частині соплами для виходу водяного струменя, що ріже ґрунт, та ін'єкційної суміші;
- зворотне повільне піднімання з обертанням бурової штанги з монітором і накачування ін'єкційної суміші (рис. 85).

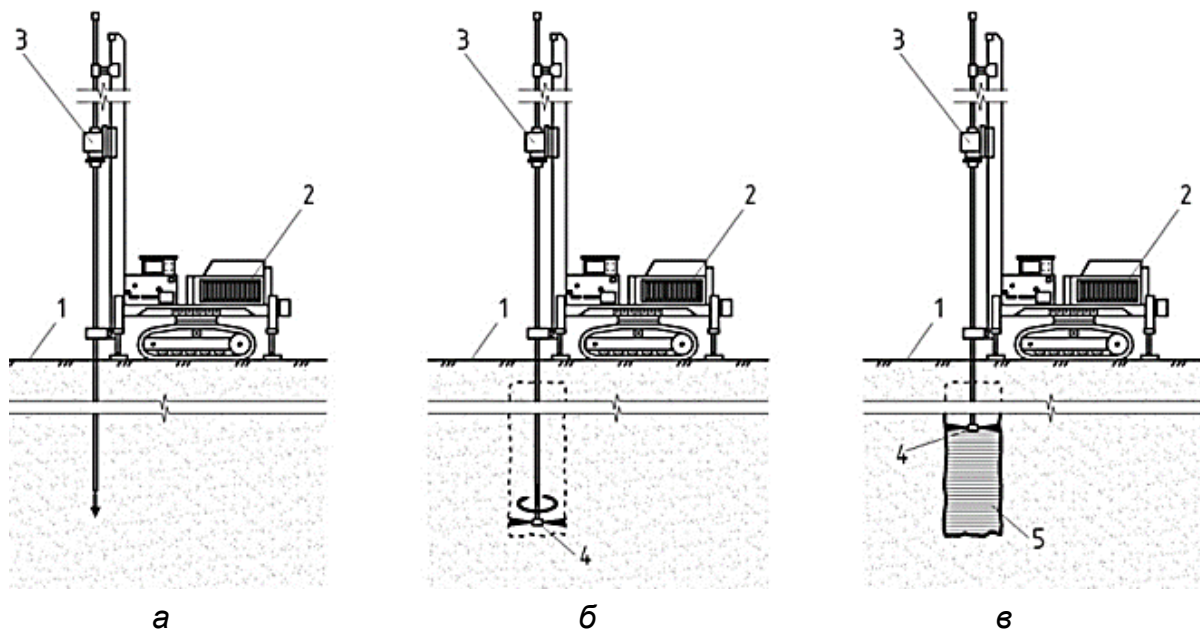


Рис. 85. Технологічна схема струменевої цементації ґрунтів:
 а – буріння свердловини; б – заглиблення в свердловину струменевого монітора; в – поступове виймання монітора зі свердловини: 1 – бурова установка; 2 – стріла; 4 – струменевий монітор; 5 – ґрунтоцементна завіса (стіна)

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть заходи з підготовки до забудови території, складеної лесовими ґрунтами.
2. Як ущільнюють сухі лесові ґрунти важкими трамбівками?
3. Яке обладнання і у якій послідовності використовують для ущільнення лесів утрамбовуванням вертикальних порожнин?
4. У яких умовах застосовують ущільнення лесу замочуванням із вибухом?
5. У чому полягає суть методу «ущільнення лесу попереднім замочуванням»?
6. Якими технологіями реалізують термічне закріплення лесу? У чому відмінність між ними?
7. Викладіть технологічні особливості струменевого ґрунтоцементнозмішування лесів.

6. ПІДГОТОВКА ДО ЗАБУДОВИ ПІДТОПЛЕНОЇ ТЕРИТОРІЇ

6.1. Причини підтоплення територій і запобіжні засоби для їх захисту

Підтоплення споруд і будівель виникають з двох причин.

Перша причина природна: ґрунтові води, маючи постійний горизонт у кожній місцевості, підвищують або знижують свій рівень залежно від сезонних коливань. Найбільше підвищення рівня ґрунтових вод в Україні на 1,0–1,2 м припадає на весну.

Інша причина техногенна. Вода потрапляє в ґрунт унаслідок прориву водогінних комунікацій. На рівень ґрунтових вод значно впливає наявність підземних інженерних споруд, які порушують природну циркуляцію води, утрудняють відтік її з тих районів, де в ґрунті є перешкоди з бетону, тож рівень води завжди піднімається, коли вода зустрічає перешкоду. Це називається «баражний ефект». Підземні протяжні конструкції-перепони для води можуть зустрічатися також на територіях, відведених під забудову (табл. 5).

Таблиця 5

Граничні значення глибин залягання ґрунтових вод

Призначення території	Гранична глибина до рівня ґрунтових вод, м	Примітки
Багатоповерхова капітальна забудова:		
– якщо глибина промерзання 0,7 м і більше	не менше ніж 2,0	не менше ніж 0,5 м від підошов фундаментів
– те саме, менше ніж 0,7 м	не менше ніж 1,5	те саме
– з підвальними приміщеннями	від підлоги підвалів не менше ніж 1,0	те саме
Малоповерхова садибна забудова	не менше ніж 1,5	не менше за глибину промерзання
Вулиці, дороги, площі	не менше ніж 1,0	те саме
Від низу трубопроводів питної води	не менше ніж 0,5	те саме
Парки, сквери, зелені насадження	не менше ніж 1,0	не менше за глибину зростання дерев
Стадіони, спортивні майданчики, інші площинні споруди	не менше ніж 0,5	потрібне локальне водозниження для капітальних споруд

Для захисту від підтоплення й підготовки території, відведеної під забудову, слід вжити запобіжних заходів, які забезпечать потрібну відстань між першою підлогою будівель і рівнем ґрунтових вод, а саме:

- 1) налагодження стоку поверхневих вод;
- 2) зниження рівня ґрунтових вод дренажем;
- 3) штучне підвищення поверхні території.

6.2. Технології інженерних заходів для захисту від підтоплення

6.2.1. Налагодження стоку поверхневих вод

Якщо на території відведеній під забудову рівень ґрунтових вод близький до показника підтоплення, то щоб поверхневі води не впливали на рівень ґрунтових вод, на цій території потрібно виконати вертикальне планування з метою відведення поверхневих вод за її межі. Планування території повинно унеможливлувати застояність води в зниженнях поверхні ґрунту й забезпечувати своєчасне відведення її за межі території.

6.2.2. Зниження рівня ґрунтових вод дренажем

Основним методом профілактики підтоплення є створення дренажних систем. Дренаж – це споруда, яка перехоплює або понижує рівень ґрунтових вод. Робота дренажу основана на здатності відводити воду дренажем, яка опускається під водоносний горизонт, а також на роботі осушувальних каналів, що відводять воду з прилеглої території.

За конструкцією і характером розміщення дренажу в ґрунтовому шарі розрізняють горизонтальний і вертикальний дренаж. Рух води в горизонтальному дренажі самопливний, а підземні води з вертикального дренажу відводять насосами. Горизонтальний дренаж буває відкритого і закритого типу. Відкритий дренаж являє собою звичайну мережу осушувальних каналів, і їх споруджують переважно на незабудованих територіях.

Якщо дренаж закладено під водоносний шар до водоупору, його називають досконалим, а якщо він розташований у межах водоносного шару, то є недосконалим.

Водовідведення ґрунтових вод

У комплексах інженерного захисту від підтоплення ґрунтовими водами територій і споруд застосовують дренаж.

Зворотне засипання траншей горизонтального дренажу належить виконувати в ґрунтах із коефіцієнтами фільтрації менше ніж 5 м/добу. Засипання виконують пісками із коефіцієнтом фільтрації понад 5 м/добу:

- в однорідних ґрунтах на висоту $(0,6-0,7)H$, де H – висота від низу дренажної обсіпки до максимально існуючого рівня ґрунтових вод;

- у шаруватих ґрунтах частину дренажної траншеї засипають піском на 0,5 м вище за максимальний наявний рівень ґрунтових вод.

Вертикальний дренаж застосовується для дренажу ґрунтів із значною водопроникністю у двошаровому середовищі. Для багат шарового середовища потрібно обґрунтування ефективності цього виду дренажу. Вертикальний дренаж найбільш ефективний у випадках, коли слабопроникні ґрунти підстеляються проникними ґрунтами з напірними водами.

Комбінований дренаж застосовують у випадках складної будови відкладень, коли верхній слабопроникний шар ґрунту великої потужності підстеляється проникними ґрунтами з напірними водами.

Променевий дренаж застосовується для глибокого зниження рівня ґрунтових вод, він є ефективним для дренажу територій зі складною будовою рельєфу поверхні та ґрунтових шарів, на ділянках із щільною забудовою і густо насиченими комунікаціями підземним простором.

Внутрішній дренаж прийнятний для захисту будинків і споруд, якщо неможливо влаштувати класичні системи дренажу, для реконструкції будівель і споруд, коли немає жорстких вимог щодо вологості в приміщенні та за відсутності зосередженого ґрунтового притоку.

Спеціальні види дренажу застосовують для посилення ефекту осушення слабопроникних ґрунтів (прискорення темпів осушення, поліпшення роботи фільтрів). До них належать вакуумний, електросушильний, вентиляційний та інші дренажні системи.

У будівництві будь-якого виду дренажу виконують основні та технологічні процеси й операції. Для горизонтального закритого дренажу основні процеси передбачають влаштування траншеї з проектним ухилом, укладання дренажних труб, влаштування фільтрувального шару, з'єднання дренажів із колекторами, присипку труб.

Підготовчими роботами є винос в натуру, підготовка будівельних полос, доставка обладнання. На завершальній стадії будівництва виконуються зворотна засипка, рекультивація. За високого рівня ґрунтових вод зазвичай виконують додаткові заходи: відкриті канали, лідируючий дренаж, водознижувальні установки різного типу.

Будівництво горизонтального закритого дренажу виконують широкотраншейними, траншейними, вузькотраншейними та безтраншейними методами.

Широкотраншейний метод застосовують у разі високого рівня ґрунтових вод. Влаштовують траншею трапецеподібної форми з поличкою. Труби вкладають або вручну, або за допомогою крана. Ґрунтові води збирають нижче полиці, і така сама схема не потребує попереднього водозниження.

Траншейний – риють траншею по дну від 0,5 м і більше, у яку вкладаються труби трубоукладачем або вручну.

Вузькотраншейний – траншея 24–40 см, що різко зменшує земляні роботи але унеможлиблює допуск людей у траншею і потребує застосування тракторів дреноукладачів.

Безтраншейний – виконується дренажною машиною, прорізається щілина з одночасним укладанням труби, і влаштовується обсипка дренажним матеріалом. Цей спосіб найкраще підходить для пластмасових труб.

Влаштування безтраншейного горизонтально дренажу здійснюють комплексом машин, до якого входять:

- бульдозери для зрізки та рекультивації рослинного шару, планування трас, засипки й ущільнення ґрунту в траншеї;
- екскаватори для розробки вхідного прямоку, котлованів під витокові й оглядові колодязі;
- дреноукладачі для розробки траншей, вкладання дренажних труб, влаштування фільтрувальної обсипки;
- автосамоскиди — доставка гравійно-піщаної суміші та дренажних труб на будівництво;
- екскаватор для завантаження гравійно-піщаної суміші;
- трактор із причепом для переміщення дренажних труб і фільтрувальної обсипки в межах об'єкта, перевантаження фільтрувальної обсипки в бункер дреноукладачі.

Для розчищення русл малих річок і струмків виконують такі основні роботи:

- зрізання рослинного шару (бульдозер 96 кВт);

- розробка сухого ґрунту (драглайн);
- переміщення сухого ґрунту для відсипок в межах заболоченості;
- розробка мокрого ґрунту (з-під води) у підвал;
- перекидання мокрого ґрунту на 30–40 м;
- розрівнювання підвалів після їх висушування;
- насип рослинного шару;
- планування поверхневих кавальєрів.

6.2.3. Штучне підвищення поверхні території

Штучне підвищення планувальних відміток поверхні території впроваджують здебільшого на заплавних і заболочених ділянках, які за цільовим призначенням підлягають освоєнню і забудові. Штучне підвищення здійснюють шляхом підсипання або намівання ґрунту з обов'язковим попереднім відсипанням дренажного шару. Вибір планувальних відміток поверхні залежить від прогнозних максимальних відміток рівня ґрунтових вод з урахуванням гідрологічного режиму річок і водоймищ, у зоні впливу яких розташована територія.

Відмітки підсипання або намівання території призначають з метою забезпечення:

- граничної глибини залягання ґрунтових вод за умови будівельного освоєння підземного простору;
- вертикального планування і улаштування поверхневого водовідведення;
- розвитку самопливних каналізаційної та водостічної мереж;
- закладання колекторів різного призначення, транспортних тунелів, підземних переходів;
- нормального існування деревно-чагарникової рослинності.

Штучне підвищення поверхні території не повинно порушувати умови природного дренажу підземних вод і створювати підпори на шляху поверхневого та підземного стоку з прилеглих територій. У руслах ярів і балок потрібно прокласти дренажі та водовідвідні мережі і лише після цього засипати чи замивати їх ґрунтом. Невеличкі струмки та водовідвідні канали треба замикає в колектори із супутнім дренажем.

Якщо це є можливим, рослинний шар ґрунтів під час підготовки підвищення території треба зняти й забезпечити його зберігання для рекультивациі.

Потреба в осушенні ґрунтів штучного підсипання або наміву залежить від фільтраційних властивостей самих ґрунтів, характеру поверхні, на яку здійснюється підсипання, і гідрогеологічних умов території. У разі освоєння великих площ можливе застосування в основі штучних ґрунтів систематичного дренажу або фільтрувального шару з добре проникних пісків. Для наміву території доцільно використовувати піщані ґрунти, отримані під час поглиблення русл річок, розчищення каналів (рис. 86).



Рис. 86. Схема штучного підвищення поверхні територій

Запитання для самоконтролю

1. *Обґрунтуйте причини підтоплення територій.*
2. *Наведіть приклади граничних значень глибин залягання ґрунтових вод за призначенням територій.*
3. *Перерахуйте заходи для захисту від підтоплення і підготовки територій, відведеної під забудову.*
4. *Які види дренажу для профілактики підтоплення вам відомі?*
5. *Якими методами влаштовують горизонтальний закритий дренаж? Назвіть застосування кожного з них.*

6. *Перерахуйте в технологічній послідовності процес розчистки русл малих річок і струмків.*

7. *За яких гідрогеологічних умов територій застосовують штучне підвищення їх поверхні?*

7. ПІДГОТОВКА ДО ЗАБУДОВИ ЗАТОПЛЮВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

7.1. Причини виникнення повеней, паводків і геотехнічні заходи для захисту від затоплення територій

Залежно від причини виникнення повені, паводки і катастрофічні затоплення поділяються на п'ять груп:

– *перша група* – затоплення, пов'язані з максимальним стоком від танення снігу;

– *друга група* – повені від інтенсивних дощів і танення снігу взимку;

– *третья група* – затоплення від великого опору водяному потоку в річках (частіше від заторів льоду весною);

– *четверта група* – повені, створені вітровим нагоном води у водоймищах;

– *п'ята група* – затоплення від прориву гребель водосховищ.

В межах України переважно (70–80 %) проявляються перші три групи.

За розмірами і збитками повені, паводки і катастрофічні затоплення діляться на чотири групи.

Перша група – низькі (малі) повені спостерігаються 1 раз на 5–10 років переважно на рівнинних річках. Затоплення охоплює до 10 % сільськогосподарських угідь, збитки незначні, ритм життя населення не порушується.

Друга група – високі повені з повторюваністю 1 раз на 20–25 років. Затоплення охоплює до 15 % сільськогосподарських угідь, матеріальні і моральні збитки значні, ритм життя населення іноді істотно порушується з частковою евакуацією.

Третя група – великі повені з повторюваністю 1 раз на 50–100 років. Затоплення охоплює до 50–100 % сільськогосподарських угідь, матеріальні і моральні збитки великі, ритм життя населення і господарська діяльність паралізується і призводять до масової евакуації населення.

Четверта група – катастрофічні затоплення не частіше одного разу на 100–200 років. Катастрофічні затоплення охоплюють значні території в межах однієї або декількох річкових систем, затоплено понад 70 % сільськогосподарських угідь, населені пункти, об'єкти економіки і транспорту. Матеріальні збитки величезні, є загиблі люди. Господарська і виробнича діяльність повністю паралізована, тимчасово змінюється життєвий уклад населення.

Відповідно до правил планування та забудови населених пунктів території, які можуть бути затоплені частіше одного разу на 25 років із максимальним рівнем затоплення 0,6 м, належать до несприятливих територій і повинні бути захищені від затоплення.

Для захисту від затоплення й інженерної підготовки території, відведеної для забудови, вживають такі геотехнічні заходи:

- 1) обвалування територій з боку водойми;
- 2) штучне підвищення території;
- 3) розчищення та спрямлення русла річки;
- 4) будівництво обвідних каналів.

Обвалування ефективно застосовувати для захисту великих площ. У цьому випадку обсяги земляних робіт будуть невеликі, але виникне потреба перекачувати дощові води з території у водойму через дамбу.

Штучне підвищення поверхні території краще використовувати, якщо територія має невелику площу, а ґрунтовий кар'єр розташований поряд. Цей спосіб надає змогу самопливом скидати у водойму дощові води з території, мати вихід забудови до води, але вартість цього способу відносно висока.

Способи регулювання стоку і русла річки забезпечують захист від затоплення території, якщо використати попередні засоби неможливо або у випадку використання наявного водосховища. Цей спосіб відрізняється від інших високою вартістю захисних засобів.

7.2. Технологія захисту території забудови від затоплення

7.2.1. Обвалування території

Для обвалування територій використовують механічні або гідромеханічні способи влаштування захисних ґрунтових дамб залежно від їх геометричних розмірів, призначення, наявності місцевих ґрунтів і типу будівельної техніки. Перевищення гребня дамби над рівнем води

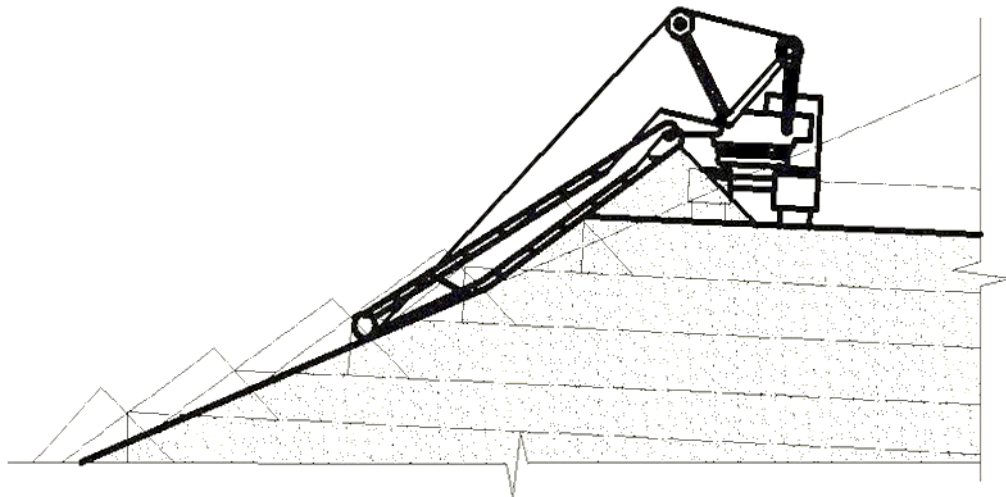
зазвичай таке: для рівнин 1,2–1,5 м, з відкосом 1:1,5 та шириною гребня 4,5 м.

Механізовані способи влаштування дамб із використанням кар'єрного ґрунту знайомі студентам із загального курсу технології будівельного виробництва. Для застосування таких способів потрібен технологічний комплекс машин, кожна з яких виконує певні процеси, наприклад:

- для зняття родючого ґрунту зі складуванням у відвал використовують бульдозери потужністю 98–109 кВт (103–147 л. с.), трактори 3–4 класу;

- рихлення ґрунту основи дамби виконують розпушувачами на тракторах 3–5 класу;

- для розроблення ґрунту в кар'єрі з навантаженням в автотранспорт використовують гідравлічні екскаватори з прямою або зворотною лопатою і ковшем місткістю 0,8–2,5 м³, залежно від місткості кузова автомобіля;



- пошарове розрівнювання ґрунту виконують бульдозерами потужністю від 150 до 250 кВт;

- для ущільнення ґрунту основи дамби використовують гладкі та кулачкові причіпні катки вагою від 5 т, а також катки дорожні самохідні на пневмоколісному ході вагою до 16 т;

- для планування гребня та відкосів дамби використовують грейдери й екскаватори-планувальники (рис. 87).

Рис. 87. Планування відкосу дамби обвалювачем ОПМ-2М

Застосування **гідромеханізації** для влаштування дамби обвалування передбачає естакадний спосіб (рис. 88). Пульпопровід

прокладають по естакаді у вигляді окремих опор, а гідросуміш розосереджено випускають на поверхню, що наминають з ряду регульованих отворів – випусків. Естакаду встановлюють на відстані не менш ніж 4 м від бровки підошви внутрішнього укосу дамби проміжного обвалування. Товщина шару наміву може бути різною, але загальна висота намівання визначається висотою естакади. Здебільшого естакаду виконують з дерева, і вона має висоту від 3 до 5 м із заглибленням в основу до 1,5 м.

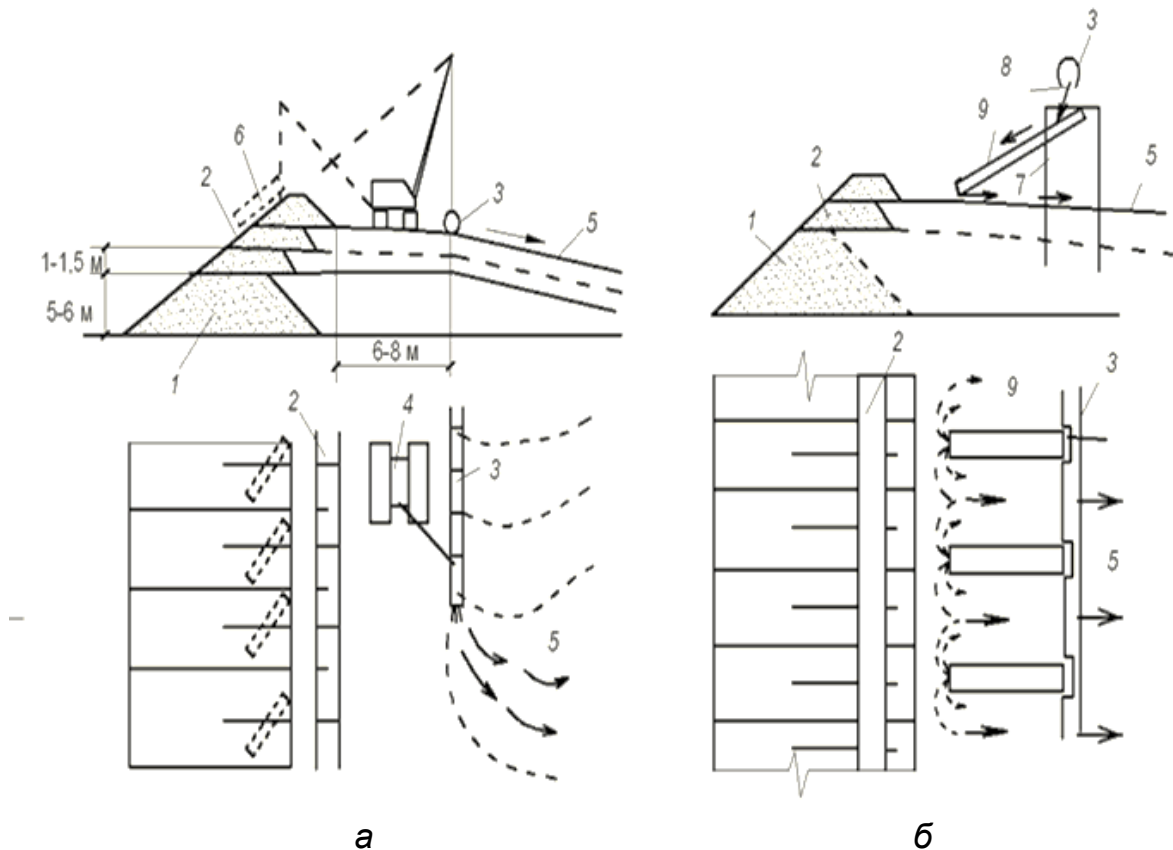
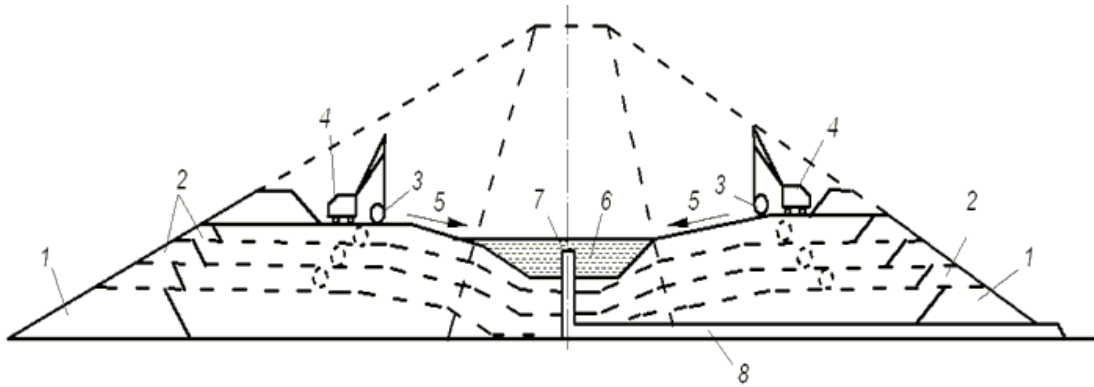


Рис. 88. Способи наміву дамб обвалування:
 а – безестакадний; б – естакадний; 1 – дамба початкового обвалування; 2 – дамби проміжного обвалування; 3 – пульпопровід; 4 – кран для перестановки пульпопроводу; 5 – пляж наміву; 6 – розташування вільних ланок пульпопроводу; 7 – естакада; 8 – отвори в пульпопроводі з регулятором; 9 – лотки для зливання пульпи

Двобічну схему наміву (рис. 89) частіше застосовують для намівання надводних частин споруд. Намівання за цією схемою виконують будь-яким способом: естакадним, безестакадним або низькоопорним. Гідросуміш випускають із розподільчих трубопроводів, які укладають паралельно один одному вздовж відкосів споруди. При



цьому найбільш крупні часточки кар'єрного ґрунту відкладаються в бокових призмах, а дрібніші – у ставку-відстійнику. Встановлено, що із застосуванням двобічної схеми намивання з ставком-відстійником з нього разом із скидною водою відмиваються частки з найбільшою крупністю від 0,05 до 0,1 мм, тобто приблизно 10 % обсягу ґрунту. У разі безставкового двобічного намивання відмивання дріб'язку становить зазвичай 12...16 %, а в окремих випадках і більше.

Рис. 89. Двобічна схема намиву:

1 – дамба початкового обвалування; 2 – проміжні дамби обвалування; 3 – розподільчі пульповоди; 4 – кран для перестановки ланок пульповоду; 5 – пляж намиву; 6 – ставок-відстійник; 7 – колодезь для скидання висвітленої води, що нарощується; 8 – водоскидна труба

Труби на естакаді монтують тракторними кранами-трубоукладальниками або гусеничними кранами звичайної конструкції. Ланки труб поєднують швидкорозйомними самоущільнювальними бандажними з'єднаннями.

Отвори для випуску гідросуміші діаметром 150–мм розміщують на трубопроводі через 6 м один від одного. Зазвичай влаштовують один отвір у кожній ланці труби. Одночасно працюють чотири отвори.

У міру намивання ярусу споруди розподільчі лотки скорочують, потім знімають і намивання здійснюють безпосередньо з патрубків. Стойки естакади залишають у намитому ґрунті, горизонтальні елементи прибирають, щоб унеможливити контактну фільтрацію. Після закінчення намивання цього ярусу встановлюють естакаду наступного ярусу, на яку перекладають розподільчі трубопроводи, і намивання починають знову.

7.2.2. Штучне підвищення поверхні території

Для освоєння під забудову підтоплених і затоплених, а також тимчасово підтоплюваних і затоплюваних територій поверхню території слід підвищувати.

Для захисту території від затоплення підсипанням відмітка брівки берегового укосу території має бути не менш ніж на 0,5 м вищою за розрахунковий рівень води у водному об'єкті з урахуванням розрахункової висоти хвилі та її нахату. Відмітки поверхні підсипаної території в разі захисту від підтоплення визначаються величиною норми осушування з урахуванням прогнозу рівня ґрунтових вод.

Відведення поверхневого стоку із захищеної території слід здійснювати у водойми, водотоки, яри, у загальноміські каналізаційні або зливові системи з урахуванням природоохоронних вимог.

Для здійснення штучного підвищення поверхні території потрібно забезпечувати умови природного дренажу підземних вод. Уздовж тальвегів ярів і балок, що засипаються або замиваються, слід прокладати дренаж, а постійні водотоки поміщати в колектори із супутніми дренами.

У разі засипання тимчасових водотоків чи водойм для розвантаження підземних вод потрібно передбачити підсипання в основі фільтрувального шару або пластового дренажу.

Технологією робіт щодо штучного підвищення поверхні території через підсипання або намивання ґрунту передбачено переміщення ґрунтових мас із незатоплюваних ділянок корінного берега або заплави на затоплювані. У разі дефіциту ґрунтів слід використовувати корисні виїмки під час поглиблення русл річок.

Намивання ґрунту. Штучне підвищення поверхні території не має порушувати умов природного дренажу підземних вод. У руслах ярів і балок потрібно прокладати дренажні та водовідвідні мережі і лише після цього засипати або замивати їх ґрунтом. Невеликі струмки й водовідвідні канали треба замикати в колектори.

Під час підготовки підвищення території рослинний шар ґрунтів належить зняти й забезпечити його зберігання для рекультивації.

Коли освоюються великі площі, в основі штучних ґрунтів потрібно застосовувати систематичний дренаж або фільтрувальний шар пісків. Для намивання території насамперед використовують піщані ґрунти, отримані в процесі поглиблення або розчищення русл річок і каналів.

Належить отримати спеціальний висновок про можливість використання ґрунтів для штучного підсипання або намивання.

Вертикальне планування територій штучного підсипання або намівання має унеможливлувати застояність води в зниженнях поверхні ґрунту.

Механізми, що застосовуються для намівання ґрунту

Розробка ґрунту земснарядами застосовується найбільш широко. Земснарядами називають плавзасоби, спеціально обладнані для розробки ґрунту (рис. 90).

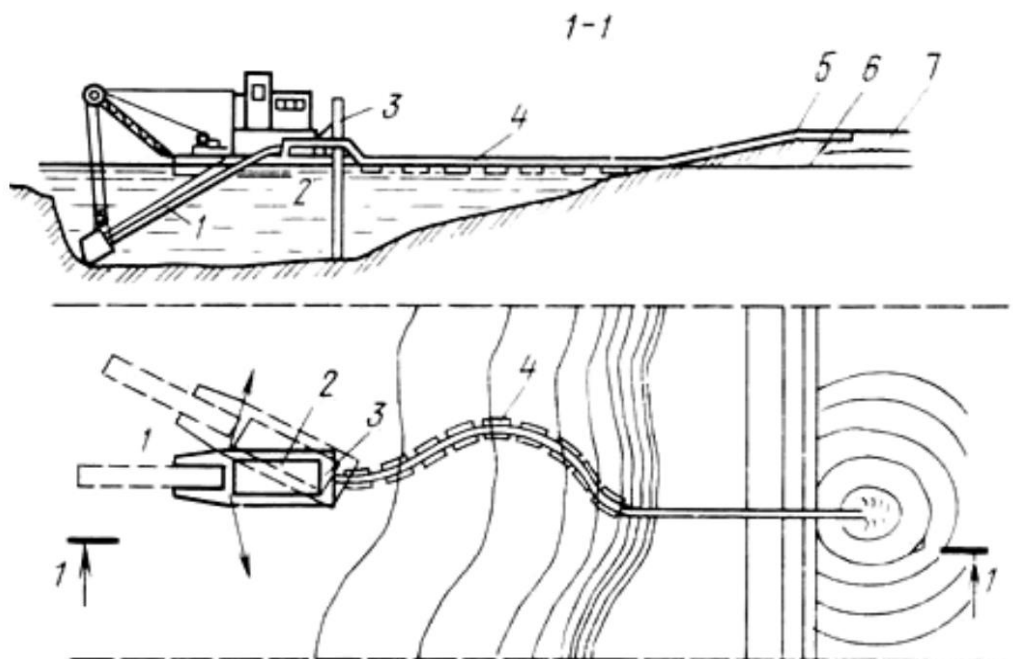


Рис. 90. Землесосний спосіб наміву території:

- 1 – всмоктувальна пульпа труба з розпушувачем;
- 2 – плавзасіб із землесосом;
- 3 – пальова опора;
- 4 – пульповід на понтонах;
- 5 – береговий пульповід;
- 6 – обвалування карти наміву;
- 7 – пульпа в карті наміву

Способи наміву ґрунту. Застосовуються такі способи наміву: естакадний і безестакадний. Під способом наміву розуміють метод розташування й перестановки труб, з яких випускається пульпа.

Безестакадний спосіб (рис. 88, а). Розподільчий трубопровід укладають безпосередньо на ґрунті, що намівають, а гідросуміш випускають зосереджено з торця трубопроводу. Труби в процесі намівання нарощують краном, для чого застосовують швидкорозбірні розтрубні з'єднання. Товщина шару наміву становить 0,2 м для дрібних пісків і 0,5 м – для крупних.

Намівання починають із випуску гідросуміші з торця першої ланки трубопроводу, укладеної на початку карти, і ведуть до утворення перед ним шару відкладення потрібної товщини. Потім без перерви в

подаванні гідросуміші нарощують другу ланку трубопроводу і продовжують намівання шару ґрунту тієї самої товщини. Унаслідок послідовного нарощування труб із безперервним випуском гідросуміші утворюється тонкий шар намивного ґрунту по всій довжині карти. Так само здійснюють намівання і під час розбирання розподільчого трубопроводу: спочатку кінець останньої ланки піднімають краном на висоту, що відповідає товщині шару, який наливається, а після намівання відключають цю ланку. Таким чином намівання відбувається у процесі човникового руху крану, що або нарощує, або скорочує розподільчий трубопровід. У міру намівання ґрунту розподільчий трубопровід переміщують паралельно лінії зовнішнього укусу споруди, зберігаючи весь час постійну відстань 7–8 м від бровки внутрішнього відкосу дамби проміжного обвалування.

Безестакадний спосіб відрізняється значною економічністю та ефективністю внаслідок економії матеріалів, зменшення кількості робітників, що обслуговують намівання, і зниження простоїв земснарядів. Витрати праці за безестакадного способу порівняно з естакадним у 3,5 раза нижче. Спосіб виник 1952 року на будівництві Мінгечаурської ГЕС (Азербайджан). Цим способом можна намівати будь-які ґрунти, крім глинистих (глинисті ґрунти мають тривалий час водовіддавання, що не дає змоги пересуватися по них крану на широких гусеницях). Також цей спосіб не використовують для намівання вузькопрофільних споруд шириною 5–10 м.

Схеми наміву ґрунту. Існує декілька схем наміву. Найбільш розповсюджені піонерно-торцева, двобічна й одnobічна. Рідше застосовують мозаїчну схему наміву.

Одnobічну схему (рис. 91) намівання застосовують для зведення захисних дамб з хвилестійким відкосом, які більш розпластовані, ніж споруди обтиснутого профілю, але не потребують для підготовки бетонних кріплень. Крім того, одnobічну схему намівання використовують у разі підготовки основи під споруди, розширення наявних земляних споруд і укріплення берегів, коли ґрунт примивається до берега або відкосу споруди, і в разі замивання пазух бетонних споруд. Одnobічна схема застосовується для підводного і надводного намівання. В останньому випадку роботи можуть виконуватися зі ставком-відстійником і без нього. У разі намівання за одnobічною схемою можна застосовувати естакадний, безестакадний і низькоопорний способи.

Мозаїчна схема (рис. 92) намивання це намивання ґрунту зосередженими обсягами конічної форми, що розташовані в шаховому порядку.

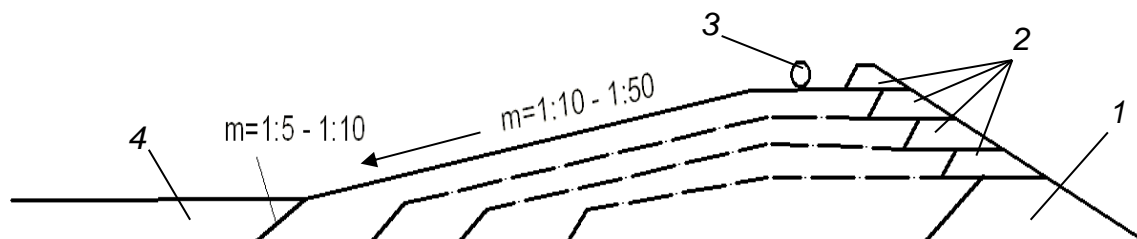


Рис. 91. Однобічна схема намиву:
 1 – дамба початкового обвалування; 2 – проміжні дамби обвалування; 3 – розподільчі пульповоди; 4 – пляж намиву

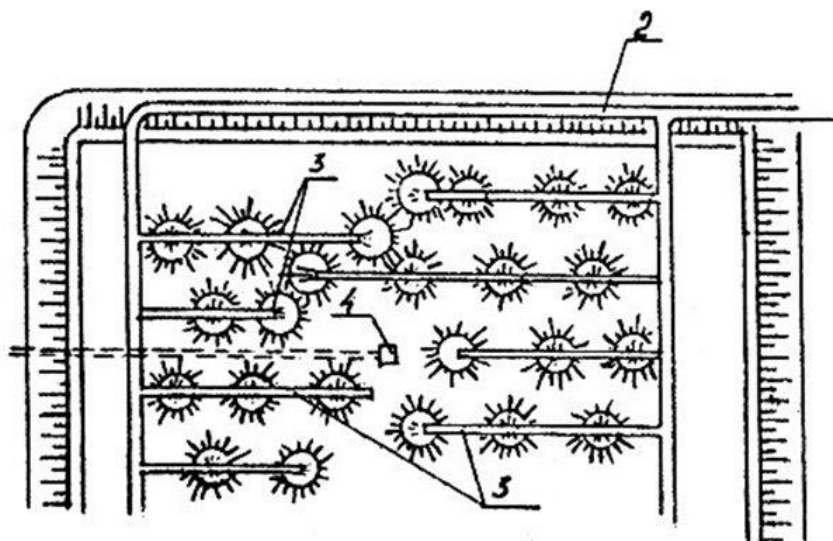
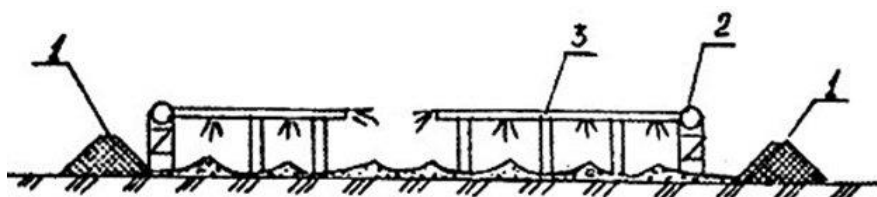


Рис. 92 – Мозаїчний спосіб намиву:
 1 – обвалування; 2 – розливний ґрунтопровід; 3 – відростки ґрунтопроводу з випусками; 4 – скидний колодязь

Вона забезпечує зведення однорідних споруд із неоднорідних кар'єрних ґрунтів, що неможливо із застосуванням інших схем.

Цю схему застосовують також для намівання площ і основ під різноманітні споруди, укладання піску або гравію у штабель, тобто у випадках, коли потрібно забезпечити постійний гранулометричний склад по всій площі і перерізам споруди.

7.2.3. Гідромеханічні методи розчищення русл річок

Вибір методу виконання робіт залежить від завдань з очищення, наявності механізмів і економічної доцільності. Для проведення цих робіт використовують серійне обладнання (земснаряди). Для малих і середніх річок перевага надається дизельним земснарядам з усадкою 0,5–0,6 м із дальністю транспортування пульпи до 100 м, довжиною плаваючого пульпопроводу 60–120 м, потужністю 100–250 м³/год. Це дає змогу виконувати роботи в будь-яких умовах річки (рис. 93).



Рис. 93. Плавзасіб із серійним обладнанням для розчищення русла річок

Поглиблювальні роботи забезпечують нормальний пропуск розходів в річці.

Запитання для самоконтролю

1. *Перерахуйте геотехнічні заходи для захисту від підтоплення й інженерної підготовки території, відведеної під забудову.*
2. *Розкрийте суть обвалування територій механічним і гідромеханічним способами.*
3. *Проілюструйте схемами способи наміву дамб обвалування.*
4. *Перерахуйте механізми для намівання ґрунту.*

5. Особливості намивання ґрунту естакадним і безестакадними способами.

6. Нарисуйте і поясніть мозаїчний спосіб намивання ґрунту зосередженими обсягами конічної форми.

Список літератури

1. *Агролісомеліорація* : навчальний посібник / Роговський С. В., Василенко І. Д., Черняк В. М. – Київ : Фітосоціоцентпр, 2011. – 292 с.
2. *Агролісомеліорація* : підручник / В. Ю. Юхновський, С. М. Дударець, В. М. Малюга; за ред. В. Ю. Юхновського. – Київ : Кондор-Видавництво, 2012. – 372 с.
3. *Бакулін Є. А.* Інженерний захист та підготовка територій : навч. посіб.; за ред. канд. техн. наук Бакуліна Є. А. / Є. А. Бакулін, І. А. Яковенко, В. М. Бакуліна. – Київ : НУБіП України, 2020. – 212 с.
4. *Великодний Ю. Й.* Захист територій від зсувів : навчальний посібник / Ю. Й. Великодний. – Полтава : ТОВ «Поліграфцентр Скайтек», 2006. – 116 с.
5. *Величко С. В.* Інженерний захист території: метод. вказівки до виконання курсового проекту з дисц. «ГТС спец. Призначення» для магістрів спец. 192 «Буд-во та цив. Інженерія» спеціалізації «Гідротех. буд-во» / С. В. Величко, О. В. Дупляк; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ : КНУБА, 2019. – 40 с.
6. *Величко С. В.* Водоскидні споруди. Водозливна гребля на нескельній основі : методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Гідротехнічні споруди» / С. В. Величко, О. В. Дупляк; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ : КНУБА, 2016. – 64 с.
7. *Величко С. В., Дупляк О. В., Рокочинський А. М., Волк Л. Р.* Гідротехнічні водозабірні споруди : навч. посібник для студ. галузі знань 19, спец. 194 та 192 / С. В. Величко [та ін.]; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ : КНУБА, 2023. – 256 с.
8. *Гайдін А. М.* Техногенний карст: [монографія] / А. М. Гайдін, Г. І. Рудько; Адаменко О. М., рец. – Київ – Чернівці : Букрек, 2016. – 200 с.
9. *Далматов Б. И.* Механика грунтов, основания и фундаменты / Б. И. Далматов. – Л. : Стройиздат, 1988. – 415 с.
10. *Ізоляційні роботи в будівництві* : навч. посібник для вищ. навч. закл. / О. М. Лівінський [та ін.]; за ред. О. М. Лівінського; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт.; Вінницьк. нац. техн. ун-т. – Київ : [б. в.], 2009. – 203 с.
11. *Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти*: підручник / М. Л. Зоценко та ін. – Полтава : ПНТУ, 2004. – 568 с.
12. *Інженерна підготовка територій населених місць* : навчальний посібник / за ред. Линника І. Е. – Харків : ХДАМГ, 2004. – 337 с.
13. *Інженерний захист та освоєння територій* : довідник / за ред. В. С. Ніщука. – Київ : Основа, 2000. – 344 с.
14. *Крутов В. И.* Основания и фундаменты на просадочных грунтах / В. И. Крутов. – Київ : Будівельник, 1982. – 224 с.
15. *Мала гірнича енциклопедія*: в 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Т. I–II — Бахмут : Видавництво «Донбас», 2004. – 1292 с.; т. III – Донецьк : Видавництво «Східний видавничий дім», 2013. – 644 с.
16. *Махия О. М.* Підвищення ефективності методу «стіна в ґрунті» з використанням імпульсного глинозмішувача: автореф. дис... канд. техн. наук :

05.23.08 / Махиня Олександр Миколайович; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури – Київ : КНУБА, 2004. – 20 с.

17. *Основи і фундаменти*: методичні вказівки для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.060101 «Будівництво» заочної форми навчання / уклад.: І. П. Бойко, В. С. Носенко, В. Л. Підлуцький. – Київ : КНУБА, 2015. – 44 с.

18. *Посібник по розробці ПОБ і ПВР (до ДБН А.3.1-5*-96)* – Київ : Держкоммістобудування України, 1998.

19. *Расширенная классификация методов устройства стен в грунте* / Г. Н. Тонкачев, С. П. Шарапа // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 42. – С. 385–390.

20. *Ржаницын Б. А. Химическое закрепление грунтов в строительстве.* – М. : Стройиздат, 1986. – 264 с.

21. *Рожков А. Г. Борьба с оврагами* / А. Г. Рожков. – М. : Колос, 1981. – 199 с.

22. *Розроблення фрагмента технологічної карти будівельного заходу*: методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Інженерний захист та підготовка територій (ТБВ)» для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / уклад. Терновий В. І. – Київ : КНУБА, 2016. – 21 с.

23. *Снісаренко В. І. Технології геотехнічного будівництва*: монографія / В. І. Снісаренко, Л. В. Гембарський, М. О. Гембарська; НДІ підзем. і спец. буд-ва (НДІ підземспецбуд). – Київ : НДІ Підземспецбуд, 2015. – 551 с.

24. *Стецюк В. В., Ковальчук І. П. Основи геоморфології*: навч. посіб. / за ред. О. М. Маринича. – Київ : Вища шк., 2005. – 495 с.

25. *Терновий В. І. Бурові роботи у будівництві*: навч. посібник / В. І. Терновий, О. С. Молодід, І. М. Уманець; Київ. нац. ун-т будівн. і архіт. – Київ : КНУБА, 2016. – 87 с.

26. *Терновий В. І. Ущільнення ґрунтів у будівництві*: навчальний посібник / уклад.: В. І. Терновий та ін. – Київ : КНУБА, 2016. – 128 с.

27. *Технологія будівельного виробництва* / за ред.. О. О. Літвінова, Ю. І. Белякова. – Київ : Вища школа, 1984 . – 479 с.

28. *Технологія будівельного виробництва*: підручник / за ред. В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленка. – Київ : Вища шк., 2002. – 430 с.

29. *Технологія будівельного виробництва*: підручник / М. Г. Ярмоленко, Є. Г. Романушко, В. І. Терновий та ін.; за ред. М. Г. Ярмоленка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – Київ : Вища шк., 2005. – 34 с.: іл.

30. *Филахтов А. Л. Опыт возведения сооружений методом «стена в грунте»* / А. Л. Филахтов, Г. К. Лубенец, Н. В. Писанко, М. Г. Янкулин. – Киев : Будівельник, 1981. – 234 с.

31. *Методы ускорения стабилизации земляного полотна при строительстве дорог на болотах*: обзорная информация. Автомобильные дороги. – М. : Минавтодор РСФСР, ЦБНТИ, вып. 5, 1984. – 39 с.

32. Яресько В. Н., Банников М. Д., Сеськов В. И. Опыт применения предварительной консолидации и временной пригрузки / Яресько В. Н., Банников М. Д., Сеськов В. И. – М. : Союздорнии, 1976. – Вып. 91.
33. *An economic assessment of methods of accelerating the consolidation of natural soils.* – TRRL Supplementary-Report, 1977. – № 203.
34. *Menard L. La consolidation dynamique des sols de foundation // Annales del'YTBTP, 1974. – № 320, sept. – P. 194–222.*
35. *Маринеску К. Модифицированный способ интенсивного динамического уплотнения слабых грунтов / К. Маринеску // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1986. – № 2. – С. 26–28.*
36. *Уплотнение просадочных грунтов / В. И. Крутов, В. Г. Галицкий, А. А. Мусаелян; под ред. Крутова. – М. : Стройиздат, 1974. – 208 с.*
37. *Babak Hamidi Advances in dynamic compaction / Babak Hamidi, Hamid Nikraz, Serge Varaksin // Proceedings of Indian Geotechnical Conference, December 15–17, 2011.*
38. *Організація будівельного виробництва : ДБН А.3.1-5-2009. – [Чинний від 2012-01-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 61 с.*
39. *Охорона праці та промислова безпека у будівництві : ДБН А.3.2.-2-2009. – [Чинний від 2013-01-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. – 94 с.*
40. *Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування : ДБН В.1.1-24:2009. – [Чинний від 2011-01-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 108 с.*
41. *Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення : ДБН В.1.1-25-2009. – [Чинний від 2011-01-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 52 с.*
42. *Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення : ДБН В.1.1-45:2017. – [Чинний від 2017-10-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 29 с.*
43. *Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення : ДБН В.1.1-46:2017. – [Чинний від 2017-11-01]. – Київ : Мінрегіон України, 2017. – 47 с.*
44. *Основи та фундаменти будівель та споруд. Основні положення : ДБН В.2.1-10-2018. – [Чинний від 01.01.2019]. – Київ : Мінрегіон України, 2018. – 36 с.*
45. *Гідротехнічні, енергетичні та меліоративні системи і споруди, підземні гірничі виробки. Гідротехнічні споруди. Основні положення : ДБН В.2.4-3-2010. – [Чинний від 2011-01-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 37 с.*
46. *Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і спорудження фундаментів (СНиП 3.02.01-87, MOD) : ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013. – [Чинний від 01.01.2014]. – Київ : Мінрегіон України, 2013. – 98 с.*
47. *Настанова щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів : ДСТУ-Н Б В.1.1-37:2016. – [Чинний від 2017-04-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 94 с.*

48. *Настанова* щодо інженерного захисту територій, будівель і споруд від підтоплення та затоплення : ДСТУ-Н Б В.1.1-38:2016. – [Чинний від 2017-04-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 135 с.

49. *Настанова* щодо інженерної підготовки ґрунтової основи будівель і споруд : ДСТУ-Н Б В.1.1-39:2016. – [Чинний від 2017-04-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 71 с.

50. *Настанова* щодо проектування будівель і споруд на слабких ґрунтах : ДСТУ-Н Б В.1.1-40:2016. – [Чинний від 2017-04-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 66 с.

51. *Настанова* щодо проектування будівель і споруд на закарстованих територіях : ДСТУ-Н Б В.1.1-41:2016. – [Чинний від 2017-04-01]. – Київ : Мінрегіон України, Укрархбудінформ, 2017. – 96 с.

52. *Настанова* щодо проектування будівель і споруд на підроблюваних територіях : ДСТУ-Н Б В.1.1-42:2016. – [Чинний від 2017-04-01]. – Київ : Мінрегіон України, Укрархбудінформ, 2017. – 72 с.

53. *Настанова* щодо проектування будівель і споруд на просідаючих ґрунтах : ДСТУ-Н Б В.1.1-44:2016. – [Чинний від 2017-04-01]. – Київ : Мінрегіон України, Укрархбудінформ, 2017. – 68 с.

54. *Настанова* щодо проектування і влаштування заглиблених споруд способом «стіна в ґрунті» : ДСТУ-Н Б В.2.1-29:2014. – [Чинний від 2015-01-01.] – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. – 71 с.

55. *Настанова* з проектування підпірних стін : ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014. – [Чинний від 2015-10-01.] – Київ : Мінрегіон України, 2015. – 86 с.

56. *Настанова* з проектування котлованів для улаштування фундаментів і заглиблених споруд : ДСТУ-Н Б В.2.1-32:2014. – [Чинний від 2015-10-01.] – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 100 с.

Навчальне видання

ТЕРНОВИЙ Віталій Іванович;
УМАНЕЦЬ Ірина Михайлівна;
БАСАРАБ Володимир Аксенійович;
МАХИНЯ Олександр Миколайович

ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ТЕРИТОРІЙ ВІД НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ

Навчальний посібник

Редагування та коректура *Т. В. Івченко*
Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Підписано до друку 12.10.2023. Формат 60 × 84_{1/16}.
Ум. друк. арк. 7,21. Обл.-вид. арк. 7,75.
Вид. № 16/IV-23. Зам. № 25/1-23.

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002.

