


ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОЇ КУРСОВОЇ
РОБОТИ**

*Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 5 від «26» травня 2023 р.)
Обов'язково до розміщення в репозиторії*

Запоріжжя 2023



Методичні вказівки до виконання міждисциплінарної курсової роботи (для здобувачів вищої освіти спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти) / Н.М. Максимова, Н.В. Володченкова. Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. 114 с.

Методичні вказівки включають завдання за варіантами, методичні пояснення щодо порядку виконання, вимоги до його оформлення.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» другого (магістерського) рівня освіти.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Затверджено на засіданні кафедри
Безпеки праці та охорони довкілля
Протокол № 1 від «02» травня 2023 р.

Узгоджено:

Секретар Редакційної ради


Малій Х. В.
«05» травня 2023 р.

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023

ЗМІСТ

ВСТУП

1	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОЦІНКУ МОЖЛИВИХ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ ПРИ ГІДРОДИНАМІЧНИХ АВАРІЯХ НА НАКОПИЧУВАЧАХ РІДКИХ ВІДХОДІВ	5
1.1	Загальні вимоги до оформлення міждисциплінарної курсової роботи	6
1.2	Загальні вимоги, типи хвостосховищ і шламонакопичувачів	9
1.3	Основні положення, прийняті при оцінці можливих зон затоплення при гідродинамічних аваріях на накопичувачах рідких відходів	16
1.4	Питання для самоконтролю	18
2	РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ НАКОПИЧУВАЧА РІДКИХ ВІДХОДІВ	19
2.1	Загальні положення	19
2.2	Розрахунок ємності хвостосховища	20
2.3	Розрахунок параметрів хвостосховища і терміну його експлуатації	22
2.4	Приклад розрахунку параметрів хвостосховища	24
3	ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ОБ'ЄМІВ ХВОСТОСХОВИЩ	37
3.1	Приклад побудови графіку об'ємів хвостосховища	37
4	РОЗРАХУНОК УТВОРЕННЯ ПРОРАНУ (ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ДАМБИ)	40
4.1	Розрахунок утворення прорану (процесу руйнування дамби)	40
4.2	Приклад розрахунку утворення прорану (процесу руйнування дамби)	45
5	РОЗРАХУНОК РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВІДХОДІВ, ЯКІ СКЛАДОВАНО В ХВОСТОСХОВИЩІ, У ВИПАДКУ РУЙНУВАННЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ ДАМБИ. РОЗРАХУНОК ЗОНИ ЗАТОПЛЕННЯ ПРИ РОЗТІКАННІ ПОТОКУ ВИЛИВУ	57
5.1	Розтікання рідких відходів по плоскій місцевості	57
5.2	Приклад розрахунку розтікання рідких відходів по плоскій місцевості	59
5.3	Розрахунок параметрів забруднення ґрунтового покриття	60
5.4	Приклад розрахунку параметрів забруднення ґрунтового покриття	62
6	РОЗРАХУНОК РОЗМІРУ ШКОДИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕМЕЛЬ ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД	65
6.1	Визначення розмірів шкоди, зумовленої	65



	забрудненням земельних ресурсів	
6.1.1	Порядок визначення забруднення (засмічення) земель	65
6.2	Приклад визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням земельних ресурсів	76
6.3	Визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів	88
6.3.1	Забруднення водних об'єктів наднормативними скидами забруднюючих речовин у водний об'єкт зі зворотними водами	88
6.3.2	Забруднення водних об'єктів забруднюючими речовинами у чистому вигляді у складі продукції, сировини та відходами	89
6.3.3	Розрахунок розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок наднормативного скиду забруднюючих речовин у водний об'єкт зі зворотними водами	90
6.4	Приклад визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів	93
6.5	Приклад висновку за розділом, присвяченому розрахунку розміру шкоди від забруднення земель та поверхневих вод	95
7	РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ СПОРУД ХВОСТОВОГО ТА ШЛАМОВОГО ГОСПОДАРСТВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	96
	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	98
	РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА	99
	ДОДАТКИ	102
	Додаток А Завдання до виконання міждисциплінарної курсової роботи за варіантами	103



ВСТУП

Метою виконання міждисциплінарної курсової роботи є ознайомлення здобувачів вищої освіти з основами оцінки можливих зон затоплення при руйнуванні огорожувальних споруд накопичувачів шламів, рідких виробничих відходів, стічних вод, зокрема хвостосховищ.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні завдання:

- розглядається розмив гребель і дамб хвостосховища потоком води (рідини) і формування максимальної витрати потоку вилливу;
- визначаються розміри зони затоплення;
- розраховуються розміри відшкодування збитків, зумовлених забрудненням земельних і водних ресурсів.

Рекомендації з розрахунку зон затоплення при раптовому прориві огорожувальних дамб хвостосховищ дозволяють визначати зони затоплення, що необхідно для розробки заходів з мінімізації або виключення катастрофічних наслідків від розтікання хвостосховищ та для розрахунку зон можливого затоплення існуючих та проєктованих хвостосховищ.

Прикладом застосування методики розрахунку зон затоплення при раптовому прориві огорожувальних дамб хвостосховищ та інших накопичувачі рідких відходів є складання розділу з описом очікуваного значного негативного впливу діяльності на довкілля, зумовленого вразливістю проєкту до ризиків надзвичайних ситуацій, заходів запобігання та пом'якшення впливу надзвичайних ситуацій на довкілля та під час складання заходів реагування на надзвичайні ситуації у Звіті з оцінки впливу на довкілля для різних видів діяльності, зокрема у галузі видобування корисних копалин. Також результати розрахунків наслідків від гідродинамічної аварії враховуються під час оцінки ризиків підприємства та складання Плану ліквідації аварійних ситуацій на підприємстві.



1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОЦІНКУ МОЖЛИВИХ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ ПРИ ГІДРОДИНАМІЧНИХ АВАРІЯХ НА НАКОПИЧУВАЧАХ РІДКИХ ВІДХОДІВ

1.1 Загальні вимоги до оформлення міждисциплінарної курсової роботи

Відповідно до індивідуального варіанту (див. дод. А) здобувач вищої освіти виконує міждисциплінарну курсову роботу поступово за розділами: у вступі наводиться актуальність виконання роботи, мета міждисциплінарної курсової роботи і задачі; завдання наводиться на початку роботи, після вступу, до змісту (вихідні дані у вигляді таблиць за варіантом згідно з дод. А); в розділі 1 розглядаються теоретичні питання відповідно до варіанту (орієнтовний обсяг до 1-2 сторінки); в наступних розділах 2-5 визначаються можливі зони затоплення при гідродинамічних аваріях на накопичувачі рідких відходів; в 6 розділі нараховуються розміри відшкодування збитків за забруднення земельних та водних ресурсів; в 7 розділі наводяться рекомендації щодо мінімізації негативного впливу від гідродинамічної аварії на накопичувачі (орієнтовний обсяг до 3-4 сторінки); потім наводять висновки та рекомендації, використані джерела, додатки.

Зміст міждисциплінарної курсової роботи наведено нижче.

ТИТУЛЬНИЙ АРКУШ

ЗМІСТ

ВСТУП

- 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ
- 2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ НАКОПИЧУВАЧА РІДКИХ ВІДХОДІВ
- 3 ПОБУДОВА ГРАФІКУ ОБ'ЄМІВ ХВОСТОСХОВИЩА
- 4 РОЗРАХУНОК УТВОРЕННЯ ПРОРАНУ (ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ДАМБИ)
- 5 РОЗРАХУНОК РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВІДХОДІВ, ЯКІ СКЛАДОВАНО В ХВОСТОСХОВИЩІ, У ВИПАДКУ РУЙНУВАННЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ ДАМБИ.
РОЗРАХУНОК ЗОНИ ЗАТОПЛЕННЯ ПРИ РОЗТІКАННІ ПОТОКУ ВИЛИВУ
 - 5.1 Розтікання рідких відходів по плоскій місцевості
 - 5.2 Розрахунок параметрів забруднення ґрунтового покриву
- 6 РОЗРАХУНОК РОЗМІРУ ШКОДИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕМЕЛЬ ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД
 - 6.1 Визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням земельних ресурсів

6.2 Визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів

7 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ СПОРУД ХВОСТОВОГО ТА ШЛАМОВОГО ГОСПОДАРСТВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА
ДОДАТКИ (за потребою)

Авторський рукопис (міждисциплінарна курсова робота) має бути набраний в редакторі Word не раніше 2016 року, шрифт 14 пт, Arial (що забезпечує 40 рядків на сторінці, 70 знаків у рядку), з одинарним інтервалом у форматі А4, з полями таких розмірів: верхнє поле – 20 мм; нижнє поле – 20 мм; внутрішнє поле – 20 мм; зовнішнє поле – 20 мм.

Формат – вертикальний, А4. Виключення можуть становити за необхідністю розмістити великі таблиці та креслення, тоді допускається формат горизонтальний А3. Всі креслення подаються з зазначенням масштабу.

Обов'язковою умовою є побудова за власним варіантом креслення поперечного перерізу огорожувальної дамби хвостосховища в масштабі М 1:1000 – М 1:100 із наведенням масштабної лінійки (див. рис. 2.4).

Обов'язково необхідно навести графік зміни об'ємів в залежності від рівня наповнення $V = f(H)$ хвостосховища, побудований за власним варіантом.

Загальні вимоги щодо оформлення – згідно з ДСТУ 3008:2015 «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення».


Номери сторінок рукопису проставляють на нижньому полі аркуша посередині, починаючи з третьої сторінки, дотримуючись наскрізної нумерації без пропусків і буквених доповнень.

Титульний аркуш і другу сторінку включають до загальної нумерації сторінок. Номер сторінки на титульному аркуші та наступній за ним сторінці не проставляють.

Ілюстрації й таблиці, розміщені на окремих сторінках, також включають до загальної нумерації сторінок.

Ілюстрації (графіки, таблиці, малюнки, рисунки, фотографії, ескізи та інше) повинні бути пронумеровані, мати назву і пояснювальний текст (при необхідності). Ілюстрації розміщуються після першого згадування в тексті. Посилання в тексті на ілюстрацію обов'язкове.

Примітки друкують під таблицею.



Формули повинні бути оформлені в програмі Equation Editor 2.0/3.0 (внутрішній редактор Microsoft Word).

У текстовій частині заголовки розміщуються посередині рядка та друкуються великими літерами без крапки в кінці, без підкреслення.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів тексту (за необхідності) друкуються з великої літери (без підкреслення) без крапки в кінці. Усі заголовки мають бути супідрядними і відповідати змісту роботи. Аббревіатури в заголовках не вживають, їх треба розшифрувати у тексті.

Заголовки з двох чи більше речень слід відокремлювати крапками.

Заголовки не розміщують внизу сторінки, якщо після нього уміщується лише один рядок тексту.

У додатках розміщують офіційні, додаткові і розрахункові матеріали, допоміжні висновки тощо. Усі додатки повинні мати буквену нумерацію. Нумерація формул, таблиць і рисунків у кожному з додатків має бути самостійною.

Бібліографічний опис документів здійснюється за ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання». Перелік джерел, на які є посилання по тексту міждисциплінарної курсової роботи, наводять у кінці роботи перед додатками. У переліку джерел посилання бібліографічні описи подають у порядку, за яким джерела вперше згадують у тексті, або в алфавітному порядку. Порядкові номери бібліографічних описів у переліку джерел мають відповідати посиланням на них у тексті міждисциплінарної курсової роботи.

Під час виконання міждисциплінарної курсової роботи здобувачі вищої освіти повинні дотримуватись певних стандартів та академічної політики відповідно до Положення про академічну доброчесність здобувачів вищої освіти та науково-педагогічних працівників:

- шахрайство та плагіат заборонені;
- матеріали в рамках курсу, захищені авторським правом, можуть бути використані лише тільки здобувачами освіти, яким призначено даний курс, зарахованих на курс для цілей, пов'язаних з цим курсом, і не можуть поширюватися;
- спілкування з однокурсниками та викладачем має бути професійним та ввічливим;
- очікується, що здобувачі вищої освіти перевірятимуть всі письмові повідомлення, включаючи поштові повідомлення, на коректність змісту та мови;
- університет прагне підтримувати середовище, вільне від дискримінації або дискримінаційних домагань, спрямованих на будь-яку людину або групу в межах своєї спільноти – здобувачів освіти, співробітників або відвідувачів.



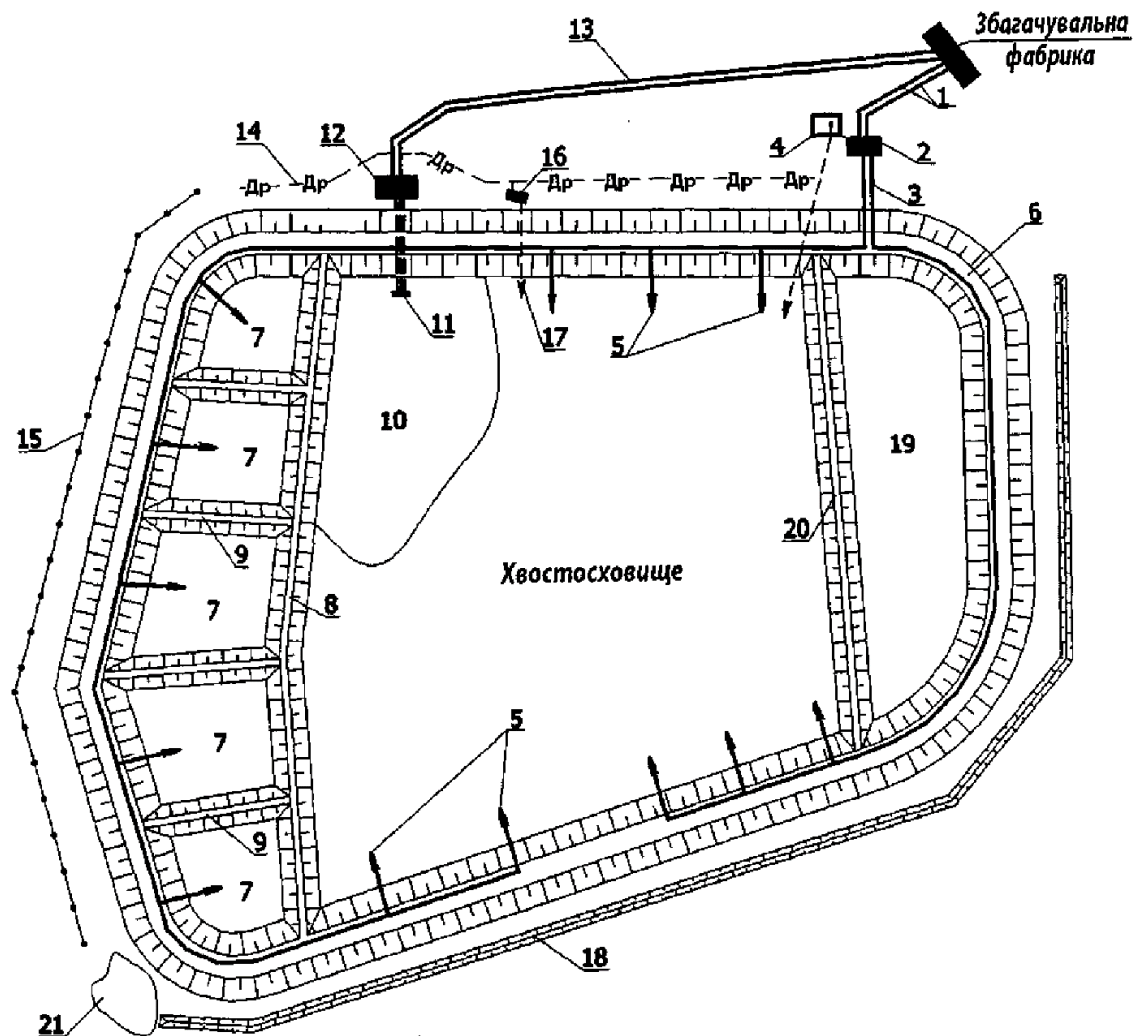
1.2 Загальні вимоги, типи хвостосховищ і шламонакопичувачів

В прикладі розглядається визначення можливих зон затоплення при гідродинамічної аварії на хвостосховищі.

Наведемо нижче певні положення з ДБН В.2.4-5:2012 «Хвостосховища і шламонакопичувачі. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво». Ці будівельні норми поширюються на хвостосховища і шламонакопичувачі збагачувальних фабрик і гідрометалургійних заводів чорної та кольорової металургії, вугільної, урановидобувної та переробної промисловості, а також шламонакопичувачі металургійних підприємств і підприємств хімічної промисловості (для твердих мінеральних відходів IV-III класу небезпеки згідно з ДСанПіН 2.2.7.029, які можуть транспортуватися у вигляді пульпи і для яких розроблені технології складування у шламонакопичувачі) (рис. 1.1) [4].

Розташування нового хвостосховища або шламонакопичувача потрібно виконувати на основі матеріалів вибору і техніко-економічного порівняння майданчиків для його розміщення і організації санітарно-захисної зони (СЗЗ) з урахуванням кількості та властивостей відходів, що складуватимуться, рельєфу місцевості, відстані майданчиків від підприємства, ґрунтів основи майданчиків з визначенням схем транспортування (в ув'язці з перспективним планом розвитку підприємства і району розташування та інженерно-технічними заходами цивільного захисту (цивільної оборони) згідно з ДБН В.1.2-4, а також з урахуванням можливості організації промислового використання заскладованих хвостів або шламів іншими підприємствами). Улаштування хвостосховищ і шламонакопичувачів згідно з ДБН 360 у межах промислових зон не допускається.

При виборі майданчиків під хвостосховища і шламонакопичувачі рекомендується використовувати деградовані і малопродуктивні сільськогосподарські угіддя, сухі долини, балки, яри, відпрацьовані кар'єри. Слід надавати перевагу тим майданчикам, де немає надходження поверхневих вод водотоків у хвостосховище, що має проектуватися, а також майданчикам, в основі яких залягають слабоводопроникні ґрунти. Майданчик хвостосховища або шламонакопичувача рекомендується розміщувати з підвітряної сторони і нижче за рельєфом від населених пунктів та охоронних зон джерел водопостачання, поза зоною наведеної сейсмічності від вибухових робіт, майданчик не повинен затоплюватися повеневими водами. При виборі майданчиків слід дотримуватися санітарних норм, а також норм і правил безпеки. Відведення майданчиків слід робити з урахуванням черговості їх освоєння.



- | | |
|---|---|
| 1 – самопливна подача пульпи | 12 – насосна станція оборотної води |
| 2 – пульпонасосна станція | 13 – трубопроводи оборотної води |
| 3 – магістральні пульпопроводи | 14 – дренаж |
| 4 – аварійна ємкість | 15 – протифільтраційна завіса |
| 5 – розподільні пульпопроводи з випусками | 16 – дренажна насосна станція |
| 6 – дамба обвалування | 17 – напірна подача дренажної води |
| 7 – карта намівання | 18 – нагірна канава |
| 8 – внутрішня дамба | 19 – відсік повторного використання хвостів |
| 9 – розділююча дамба | 20 – відсічна дамба |
| 10 – відстійний ставок | 21 – акумулююча ємкість поверхневих і дренажних вод |
| 11 – водозабірня споруда | |

Рисунок 1.1 – Схема хвостового господарства гірничо-збагачувального комбінату у відповідності до довідкового дод. А ДБН В.2.4-5:2012 [4]

При розміщенні хвостосховищ нових підприємств розробляється ТЕО, у якому слід визначити основні проектні рішення щодо складування хвостів на весь період розробки затверджених запасів родовища, на які підприємство-замовник проекту має дозвільні документи, із визначенням проектних рішень і необхідних капіталовкладень для першої черги будівництва та з орієнтовними даними по інших чергах будівництва. Розрахункові строки експлуатації однієї черги будівництва визначаються замовником. Стадію "Проект" рекомендується розробляти для однієї з черг будівництва у відповідності з техніко-економічне обґрунтуванням (ТЕО).



Для шламонакопичувачів період обґрунтованого строку служби, на який розробляється ТЕО, визначається замовником (з урахуванням можливості повторного перероблення та використання заскладованих шламів) [4].

Розроблення стадії "Проект" слід базувати на балансовій схемі видалення відходів, розробленій на стадії "ТЕО" (або схеми), яка коригується весь термін експлуатації підприємства з урахуванням змін технології, потужності, майнової належності, землекористування, урахування інших підключених до система гідротранспортування твердих відходів (СГТВ) об'єктів тощо, а також вимог щодо охорони навколишнього середовища. При розробці балансової схеми слід виконувати розрахунки енергозощадливого водного та сольового балансів (по роках заповнення).

На стадії "Проект" визначаються: склад і конструкція споруд із зазначенням прийнятої фізико-механічної характеристики ґрунтів, хвостів чи шламів, розрахункові криві ковзання, криві депресії, коефіцієнти запасу стійкості укосів по чергах будівництва чи ярусах заповнення накопичувача, проектні криві залежності площ та об'ємів від відміток гребеня дамб, графік заповнення ємкості по роках експлуатації, рівні води у відстійних ставках, технологія і графік намивання огорожувальних споруд у літній і зимовий періоди, допустима інтенсивність намивання та строки відпочинку пляжу між намиванням окремих шарів, спосіб випускання пульпи по ярусах із зазначенням мінімально допустимого перевищення гребеня огорожувальних споруд над рівнем води у відстійному ставку, з урахуванням акумулювання поверхневого стоку і вітрового нахату та нагону хвиль на всіх етапах експлуатації накопичувача, об'єму повеневого стоку розрахункової вірогідності перевищення. Обов'язковим є розгляд питань стосовно контрольних спостережень та встановлення контрольновиміральної апаратури (КВА), організації служби експлуатації, визначення необхідних машин і механізмів тощо.

При складуванні радіоактивних хвостів повинні виконуватися прогностичні розрахунки території можливого розповсюдження забруднюючих речовин, які містяться у хвостах. Проект хвостосховища радіоактивних відходів (РАВ) також повинен містити дві оцінки безпеки (під час експлуатації та після консервації хвостосховища, з аналізом сценаріїв розвитку можливих надзвичайних ситуацій, їх наслідків та вжитих заходів для попередження аварій).

Після затвердження стадії "Проект" за завданням замовника додатково слід розробити "Проект технічної експлуатації хвостового (шламового) господарства і оборотного водопостачання". У проекті експлуатації потрібно навести відомості щодо призначення та існуючого стану споруд, щодо організації спостережень та контролю, настанови та вимоги з технічної експлуатації споруд, організації структури керування, охорони навколишнього середовища, техніки безпеки тощо.



При проектуванні хвостосховищ і шламонакопичувачів потрібно [4]:

- забезпечувати економічність та надійність роботи споруд, контролювання технічного стану споруд і виконання заходів з охорони навколишнього середовища при будівництві, експлуатації та консервації споруд;

- передбачати найбільш раціональне використання відведеної території шляхом зведення хвостосховища або шламонакопичувача максимально допустимої висоти;

- застосовувати для зведення хвостосховищ і шламонакопичувачів (огороджувальних споруд, водозабірних споруд, дренажів тощо) матеріали, які забезпечуватимуть їх стійкість до корозії з урахуванням впливу агресивних ґрунтових вод, пульпи, оборотної води на весь період експлуатації та консервації.

Для підвищення надійності і удосконалення процесів складування хвостів та шламів хвостосховища та шламонакопичувачі слід розділяти на секції (відсіки), кількість яких визначається в залежності від типу хвостосховища або шламонакопичувача, його площі, довжини огороджувальних дамб, кількості, гранулометричного та хімічного складу хвостів та шламів, черговості та темпів будівництва.

Проектування накопичувачів на торф'яниках з шаром торфу понад 1,5 м та слабких за несучою здатністю ґрунтах потребує виконання додаткових інженерних заходів, які встановлюються на основі техніко-економічного порівняння варіантів. Проектування накопичувачів на відвалах потрібно виконувати на основі досліджень.

Хвостосховища і шламонакопичувачі поділяються на наступні типи:

- за рельєфом місцевості: на рівнинні, заплавні, ярові, косогірні, котлованні;

- за типом основи: на споруджені на корінних ґрунтах, на відвалах, комбіновані;

- за типом конструкції: з огороджувальними спорудами, без огороджувальних споруд, дренавані, недренавані, комбіновані, а також з пляжем або без пляжу, односекційні, двосекційні та багатосекційні;


- за способом спорудження: на насипні, наливні, комбіновані, а також побудовані на повну висоту чи почергово;

- за способом заповнення: на відвальні (насипні), наливні, наливні від дамби до ставка, наливні від корінного берега до ставка, з кільцевим наливом, з картовим наливом, з комбінованим способом заповнення.

Хвостосховища (шламонакопичувачі) проектуються з оборотним водопостачанням або без нього.

Категорії складності об'єктів будівництва визначаються згідно з ДБН А.2.2-3.

Клас наслідків (відповідальності) накопичувача за техніко-економічного обґрунтування може бути знижено або підвищено.



Клас наслідків (відповідальності) огороджувальних споруд не повинен бути нижче за клас хвостосховища або шламонакопичувача.

Огороджувальні споруди повинні мати оптимальний профіль, який би при мінімальних капіталовкладеннях на спорудження був здатний забезпечити безаварійну експлуатацію хвостосховищ (шламонакопичувачів) та їх стійкість у період консервації і рекультивації.

Мінімальна ширина гребеня повинна визначатися з урахуванням розміщення пульпопроводів, доріг і техніки, яка використовується при зведенні споруд, а також можливості виконання робіт із подальшого нарощування цих огороджувальних споруд.

Рекомендується використовувати відвали розкривних порід кар'єру підприємства як елементи огороджувальних споруд накопичувачів. Будівництво хвостосховищ на внутрішніх відвалах і відпрацьованих територіях кар'єрів потребує техніко-економічного обґрунтування і, за необхідності, наукових рекомендацій щодо засобів із захисту підземних водоносних горизонтів та щодо підготовки основи дамб та основи хвостосховища, що зводяться на внутрішніх відвалах, для забезпечення надійності та стійкості споруд. Необхідно параметри кожного конструктивного елемента огороджувальних споруд приймати з урахуванням об'ємів, характеристики і строків розробки гірських порід при розкриванні кар'єрів підприємства, а також властивостей порід, що використовуються (з прогнозуванням зміни цих властивостей у процесі будівництва і експлуатації, особливо за наявності порід неводостійких, які вміщують водорозчинні включення, несучозостійких, здатних розм'якати тощо). Відсипання ґрунту рекомендується робити пошарово на всю ширину дамби, забезпечуючи відсутність розшарування ґрунту за крупністю, або на повну висоту. Рекомендується найбільш водостійкі породи відсипати з боку верхнього б'єфу.

При використанні відвалів розкривних порід необхідно виконувати випереджаюче нарощування відвалу над рівнем відстійного ставка оборотного водопостачання. Відвал у межах можливої дії води повинен мати екран. При конструюванні екрана слід враховувати можливість його нерівномірного осідання. Ширина гребеня гребель і дамб, що відсипаються методом відвалоутворення, визначається залежно від технології відсипання.

Дамби, що розділяють хвостосховища і шламонакопичувачі, як правило, потрібно екранувати з однієї сторони, при цьому екран надійно з'єднують з протифільтраційними конструктивними елементами суміжних з ними хвостосховищ і шламонакопичувачів.

Можливість використання хвостів (шламів), які складуються у накопичувачі, для зведення огороджувальних споруд визначається в залежності від крупності хвостів або шламів та їх хімічного складу.



Конструкція наливної дамби повинна забезпечувати відсутність суфозії, фільтраційного випирання наливних відходів і забезпечувати безвідмовну роботу дренажу.

При проектуванні первинних огорожувальних дамб допускається застосовувати як сипкі ґрунти (піщані, гравійні, щебеневі, жорстк'яні, галечникові, скельні і напівскельні), так і зв'язані ґрунти (супіски, суглинки, глини). Рекомендується в дамби також відсипати відходи підприємств (розкриті породи кар'єрів і копалень, порожню породу, горілі породи тощо).

При проектуванні вторинних огорожувальних дамб, які відсипаються, рекомендується застосовувати відходи підприємств і розкриті скельні породи. При відсипанні негорілих порід (відходів вуглезбагачення) для попередження самозагорання застосовують зволоження, пошарове розрівнювання і ущільнення, відсипання прошарків і захист укосів інертним матеріалом.

Наливні споруди накопичувачів слід проектувати з протифільтраційними екранами, ядрами і понурами.

Способи наливання огорожувальних дамб поділяють на наливання з вільним розтіканням потоку пульпи і з обмеженням її розтікання. При наливанні з вільним розтіканням пульпи огорожувальну споруду нарощують поступово, з наливанням упорної призми. Для створення обтиснутого профілю огорожувальних споруд потік пульпи потрібно обмежити, створюючи зону упорної призми невисокими дамбами обвалування (спосіб картового наливу).

Карту наливання проектують обмеженою з усіх боків дамбами, які поділяються на три типи: обвалування (огорожувальні), що створюють низовий укіс хвостосховища, внутрішні, які формують її верховий укіс, і розділяючі – між картами наливання. Огорожувальні дамби є основною частиною хвостосховища, тому їх матеріал повинен бути стійким до дії оборотної води (з урахуванням її хімічного складу, який прогнозується на цьому підприємстві) і зміни температур, а коефіцієнт фільтрації – більше коефіцієнта фільтрації наливних у карту відходів. Внутрішні дамби необхідно зводити із ґрунтів з великим коефіцієнтом фільтрації. Матеріал розділяючих дамб повинен забезпечувати їх стійкість під час наливання.

Огорожувальні дамби слід проектувати насипним способом із будь-якого ґрунту, що має необхідний коефіцієнт фільтрації (зокрема з самих відходів). Якщо коефіцієнт фільтрації наливного ґрунту в карті вищий за коефіцієнт фільтрації огорожувальних дамб, слід влаштовувати дренажну систему. Зведення внутрішніх і розділяючих дамб із маловодопроникного ґрунту погіршує умови консолідації наливних відходів. Коефіцієнти закладання низового укосу слід визначати на основі виконаних розрахунків.

Висоту ярусу наливання визначають відповідно до кривої заповнення ємності накопичувача і з урахуванням способу виконання земляних робіт. Оптимальна висота ярусу дамб від 2,5 м до 5 м. При їх

зведенні слід враховувати, що чим нижче ярус, тим менше сумарний об'єм насипного ґрунту огорожувальних дамб.

Ширину гребеня дамб на кожному ярусі нарощування призначають з урахуванням розміщення на них пульпопроводів, експлуатаційної дороги, мереж освітлення, валиків для безпечного проїзду. За необхідності на них влаштовують майданчики для розвороту та відстою транспортних засобів.

У поперечному перерізі профіль огорожувальної дамби має вигляд трапеції, бокові сторони якої називають укосами. Укіс з боку хвостосховища називають верховим, із зовнішнього боку – низовим (рис. 1.2). Нахили укосів (відношення висоти до закладання укосу) залежать від висоти і матеріалів дамби, а також від її основи.

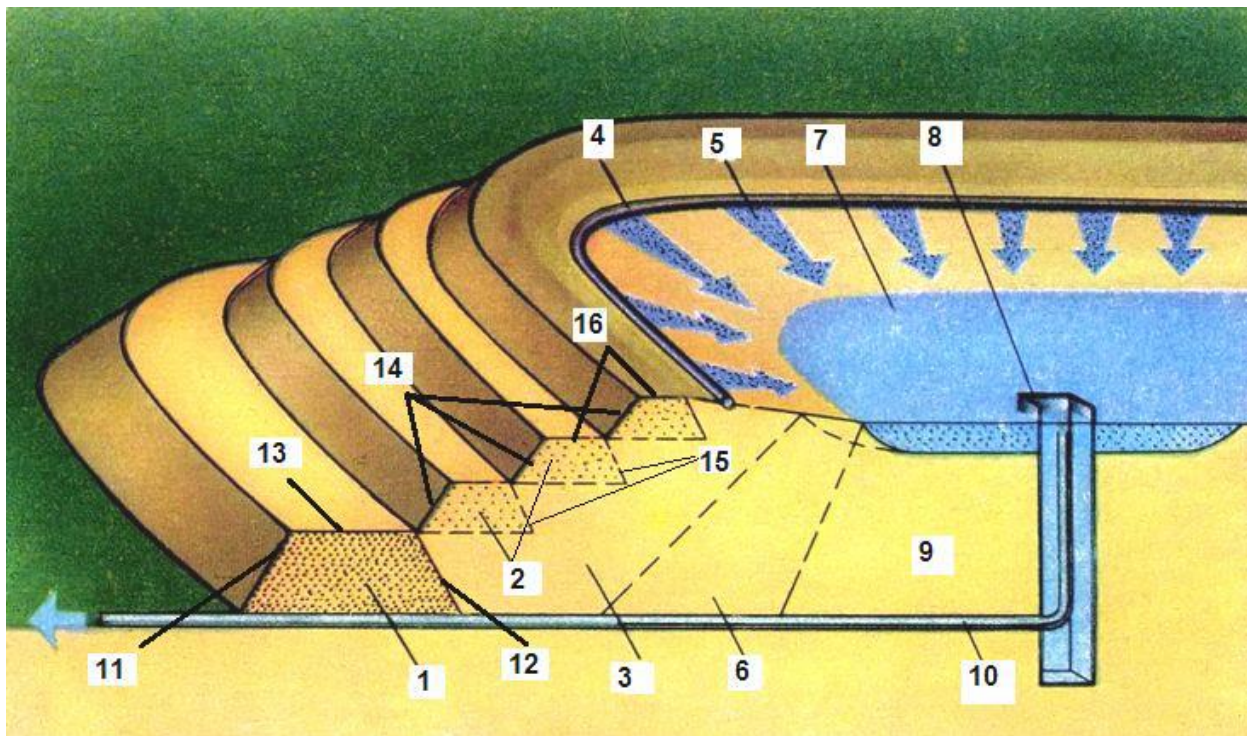


Рисунок 1.2 – Схема хвостосховища [11]:

1– первинна дамба; 2 – вторинні дамби (зводяться поярусно); 3 – призма упору, що складається з найбільш крупнозернистих фракцій ґрунту; 4 – наливний пульповід; 5 – пляж (ділиться на карти); 6 – проміжна зона; 7 – ставок-відстійник, що забезпечує освітлення води і водопостачання; 8 – водоскидний (водозабірний) колодязь; 9 – ядро (центральна зона); 10 – водоскидна труба; 11 – низовий укіс первинної дамби; 12 – верховий укіс вторинної дамби; 13 – гребінь первинної дамби; 14 – низовий укіс вторинних дамб; 15 – верховий укіс вторинних дамб; 16 – гребінь вторинних дамб



1.3 Основні положення, прийняті при оцінці можливих зон затоплення при гідродинамічних аваріях на накопичувачах рідких відходів

Методика призначена для розрахунку зон затоплення та кількісної оцінки рівня безпеки при гідродинамічній аварії на експлуатованих та проєктованих накопичувачах шламів, рідких виробничих відходів, стоків та технічних вод, зокрема хвостосховищах.

Методика може бути використана для розрахунку зон затоплення та кількісної оцінки рівня безпеки при аваріях на сховищах підприємств різних галузей промисловості.

При аварії на сховищах відходів та стоків відбувається руйнування огорожувальних дамб та розлив вмісту сховищ, що викликає:

- затоплення навколишніх територій, у тому числі місць тимчасової чи постійної присутності людини, будівель та споруд;
- поширення хвилею прориву шкідливих речовин, яке призводить до забруднення ґрунтів та земель, ґрунтових вод, поверхневих водойм, джерел питного водопостачання.

Небезпека аварій визначається наслідками надзвичайних ситуацій, що виникають (НС).

У Методиці використано традиційні положення теорії руслових процесів, безнапірного гідротранспорту ґрунтів.

Методика дозволяє визначити показники, що характеризують аварію та її наслідки:

- межі зони затоплення;
- час утворення прорану;
- розміри прорану;
- витрати та обсяги рідких відходів, що виливаються в міру розвитку прорану;
- висота, швидкість та гідродинамічний тиск хвилі прориву шляхом руху;
- показники наслідків аварій щодо впливу на навколишнє природне середовище.

Процес руйнування сховища, утворення прорану і руху потоку відходів, що утворюється при цьому, є складним. Нерівномірний і неусталений характер руху потоку по всій трасі розтікання зумовлюють змінні значення його гідродинамічних параметрів, тому для спрощення розрахунків аналізований процес поділяється в розрахунковому відношенні на два етапи:

- 1) розрахунок утворення прорану;
- 2) розрахунок максимальних параметрів потоку трасою розтікання.

У Методиці прийнято такі припущення:

- розрахунок проводиться для глибини шару рідини та несконсолідованих відходів не менше 25 см;




- відходи в сховищі можуть бути однорідними або неоднорідними за складом;
- поперечний переріз прорану приймається прямокутним та постійним по всій довжині прорану;
- після утворення прорану рідина розтікається по місцевості, що має природний ухил;
- гідравлічний стрибок, що виникає на переході потоку з ділянки з ухилом дна більше критичного на ділянку, де ухил менше критичного, – не розглядається.

З огляду на важкість розрахунків і значної кількості ітерацій визначення можливих зон затоплення при руйнуванні огорожувальних споруд накопичувачів шламів, рідких виробничих відходів, стічних вод, зокрема хвостосщовищ в переважній більшості випадків виконують за допомогою спеціалізованих комплексів комп'ютерних програм, зокрема «PRORAN».

Для спрощення розрахунків під час виконання міждисциплінарної курсової роботи закладено ряд спрощень:

- розглядається хвостосховище рівнинного типу, квадратної форми у плані, спряження огорожувальних дамб одна з одною приймається кутовим;
- поверхня, на якій проектується гідротехнічна споруда, рівна;
- не значний об'єм накопичувача;
- нарощення дамб за рахунок привантаження гірничою масою не розглядається;
- не досліджується розподіл на сконсолідовані та несконсолідовані відходи;
- щільність пульпи приймається усередненою, не пошарово, не розглядаються сконсолідовані відходи;
- розрахунок параметрів потоку в перерізі у підшви укусу дамби не розраховується, а для розрахунку параметрів потоку під час розтікання по прилеглий місцевості за початкові параметри приймаються результати розрахунку утворення прорану;
- розглядається лише нарахування розмірів відшкодування збитків за забруднення земельних та водних ресурсів, а оцінка впливу на всі інші компоненти навколишнього середовища, в т.ч. атмосферне повітря, підземні води, рослинний і тваринний світ, соціальний ризик не розглядаються;
- під час нарахування розмірів відшкодування збитків за забруднення земельних та водних ресурсів дозволяється врахувати лише пріоритетні речовини, але не менше трьох.

Перелічені спрощення обумовлюють зменшення розрахункової частини курсової роботи, однак надають можливість ознайомитись з методикою визначення можливих зон затоплення при руйнуванні



огороджувальних споруд накопичувачів шламів, рідких виробничих відходів, стічних вод, зокрема хвостосховищ.

Міждисциплінарна курсова робота виконується відповідно до індивідуального завдання за варіантами (дод. А).

1.4 Питання для самоконтролю (за всіма розділами міждисциплінарної курсової роботи)

1. Що являє собою пульпа?
2. На які типи поділяються хвостосховища та шламонакопичувачі?
3. Який укіс дамби називають верховим, а який – низовим?
4. З яких матеріалів зазвичай споруджують первинні та вторинні дамби хвостосховищ?
5. Для чого слід підтримувати перевищення гребеня дамби над рівнем заповнення хвостосховища?
6. За якої умови припиняється розрахунок параметрів витоку відходів з прорану?
7. Які основні параметри враховуються під час визначення висоти потоку розтікання відходів по місцевості з рівнинним рельєфом?
8. За яких умов на Вашу думку нарахування збитків, заподіяних водним ресурсам внаслідок їх забруднення, повинно бути більше: за умови визначеного регламентуючими документами значення ГДК або за умови відсутності встановленого ГДК забруднюючої речовини?
9. Які Вам відомі природоохоронні заходи для мінімізації техногенного впливу за умови гідродинамічної аварії на накопичувачі багатотонажних рідких відходів?

2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ НАКОПИЧУВАЧА РІДКИХ ВІДХОДІВ

2.1 Загальні положення

До комплексу хвостосховища входять: огорожувальна дамба, надводний пляж, ставок-відстійник, пульповоди, водоскидні, дренажні та інші споруди.

Пульпа – це суміш твердих відходів з водою, основними характеристиками якої є консистенція, щільність частинок і гранулометричний склад хвостів. Консистенція пульпи – це співвідношення маси твердих відходів T до маси рідини P , тобто $T:P$.

Щільність частинок пульпи ρ_n , тобто відношення маси пульпи до її об'єму, визначають за формулою [3, 14]:

$$\rho_n = (T + P) / (T/\rho_{ч.хв} + P/\rho_в), \text{ т/м}^3, \quad (2.1)$$

де T – маса твердих відходів, т; P – маса рідини, т; $\rho_{ч.хв}$ – щільність частинок хвостів, т/м³; $\rho_в$ – щільність води ($\rho_в=1$ т/м³).

Консистенція пульпи ($T:P$) для різних видів хвостів змінюється у великому діапазоні (від 1:1 до 1:30 та більше) і залежить від щільності частинок хвостів, відстані транспортування, діаметру пульповодів, напірного обладнання й інших факторів.

Перевищення гребеня дамби над рівнем заповнення хвостосховища приймають $h_{зап}$ з урахуванням вітрового хвилеутворення, але не менше 0,5 м (рис. 2.1).

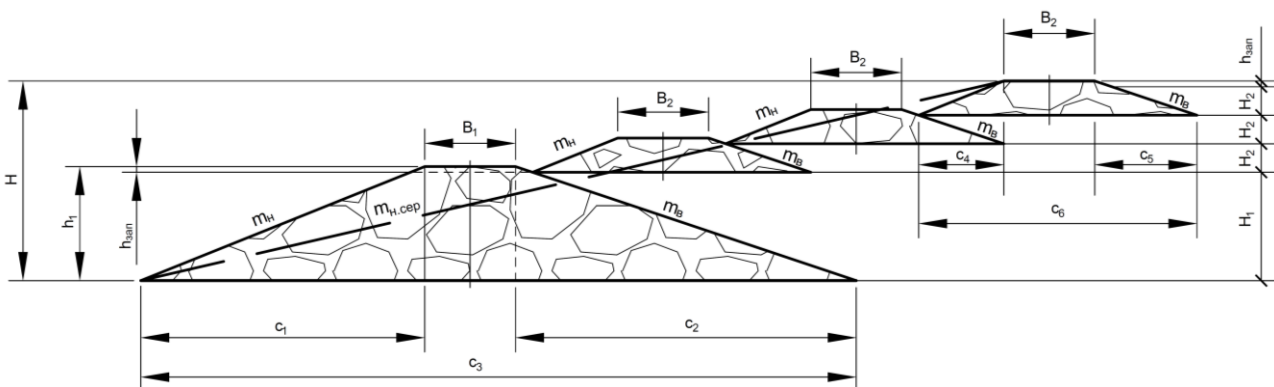



Рисунок 2.1 – Поперечний переріз огорожувальної дамби:

B_1 – ширина по гребеню первинної дамби; h_1 – висота первинної дамби; c_1 – закладання низового укосу первинної дамби; c_2 – закладання верхового укосу первинної дамби; c_3 – ширина нижньої основи первинної дамби; B_2 – ширина по гребеню вторинних дамб; h_2 – висота вторинних дамб; c_4 – закладання низових укосів вторинних дамб; c_5 – закладання верхових укосів вторинних дамб; c_6 – ширина нижньої основи вторинних дамб; $h_{зап}$ – перевищення гребеня дамби над рівнем заповнення



Закладання укосу – це проекція довжини укосу на горизонтальну площину. Верховий укіс як правило споруджують більш пологим, тому що він насичений водою майже на повну висоту.

Горизонтальну площину, яка обмежує тіло дамби зверху, називають гребенем дамби. Ширина дамби по гребеню визначається з урахуванням розташування розподільчих пульповодів та улаштування дороги для проїзду машин і будівельних механізмів. Гребінь первинної і вторинних дамб зменшує середній нахил укосу, що підвищує його стійкість.

2.2 Розрахунок ємності хвостосховища

Ємність хвостосховища складається з об'єму заскладованих хвостів і об'єму освітлюючого ставка-відстійника [3, 14].

Об'єм хвостосховища повинен бути достатнім для вміщення хвостів на період проектного терміну експлуатації, який визначають:

$$V = (G_{хв} \cdot t_e) / (\rho_{с.хв} \cdot K_{зап.}), \text{ м}^3, \quad (2.2)$$

де $G_{хв}$ – вихід хвостів за рік, т;

t_e – число років експлуатації хвостосховища;

$\rho_{с.хв}$ – середня щільність сухих хвостів у хвостосховищі, т/м³;

$K_{зап.}$ – коефіцієнт заповнення хвостосховища, який характеризує практичну можливість заповнення його геометричного об'єму.

Вихід хвостів буде складати:

$$G_{хв} = Q_{л \text{ за масою}} / (T + P), \text{ т}, \quad (2.3)$$

де $Q_{л \text{ за масою}}$ – витрата пульпи за масою, т/год.

У свою чергу,

$$Q_{л \text{ за масою}} = Q_{л} \cdot \rho_{л}, \text{ т/год}, \quad (2.4)$$

де $Q_{л}$ – витрата пульпи, м³/год.

Повне заповнення хвостосховища неможливе, оскільки потрібно залишити такий об'єм ставка-відстійника, який забезпечить необхідне освітлення води. Рекомендується приймати коефіцієнт заповнення хвостосховища рівним 0,75-0,85. Геометричний об'єм хвостосховища визначають за даними топографічного знімання місцевості і закладання укосів дамби шляхом схематизації його форми близько до тієї чи іншої геометричної фігури (зрізаний конус, зрізана піраміда, призма та ін.).

Схематичний розріз хвостосховища показаний на рис. 2.2 [3, 14].

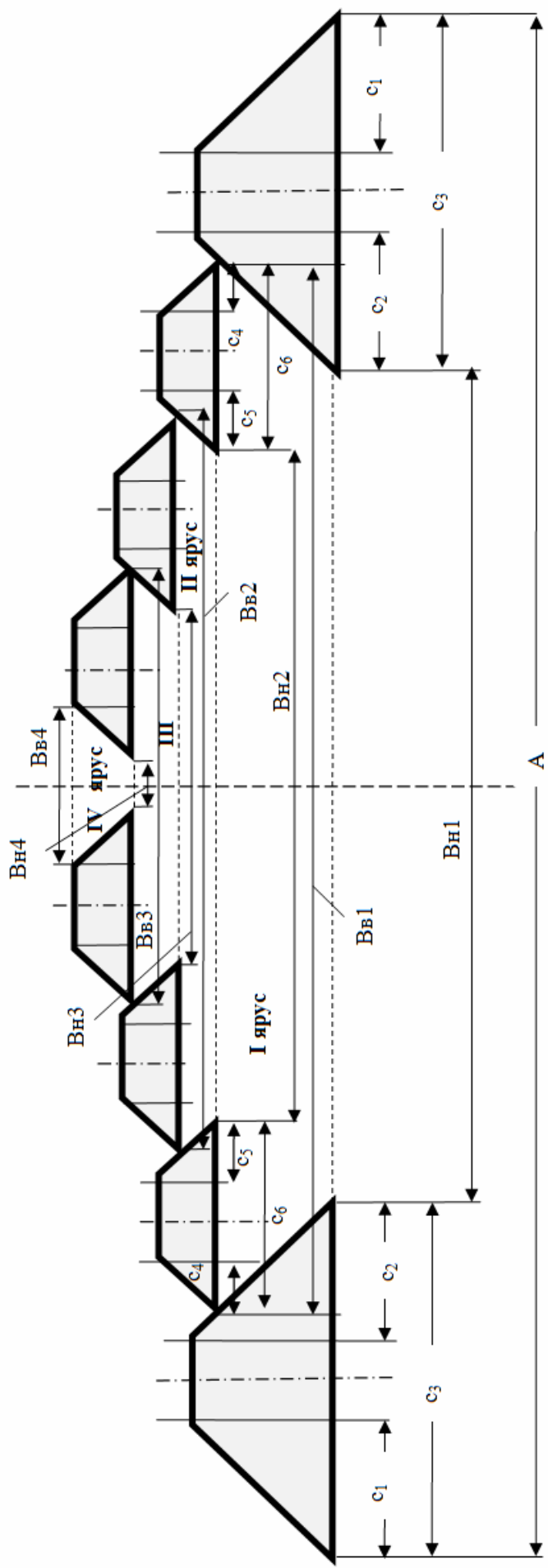


Рисунок 2.2 – Схематичний розріз хвостосховища [3, 14]

2.3 Розрахунок параметрів хвостосховища і терміну його експлуатації

Для виконання розрахунків попередньо треба побудувати поперечний переріз огорожувальної дамби, схематичний план і розріз хвостосховища, а також визначити необхідні для розрахунку розміри і нанести їх на креслення [3, 14].

Довжину однієї сторони земельної ділянки, яку займає хвостосховище, визначають за співвідношенням:

$$A = \sqrt{S}, \text{ м}, \quad (2.5)$$

де S – площа земельної ділянки, м^2 .

Розрахунок геометричного об'єму хвостосховища виконують поетапно: спочатку визначають об'єм хвостосховища першої черги (перший ярус), потім – об'єм кожного наступного ярусу, а загальний об'єм – як їх суму.

Для спрощення розрахунків з достатньою точністю можна прийняти, що кожний ярус хвостосховища має форму зрізаної піраміди. У такому випадку об'єм кожного ярусу хвостосховища визначають за формулою:

$$V_i = \frac{1}{3} \cdot H_i \cdot (S_{\text{ни}} + S_{\text{ві}} + \sqrt{S_{\text{ни}} \cdot S_{\text{ві}}}), \text{ м}^3, \quad (2.6)$$

де H_i – висота кожного ярусу, м;

$S_{\text{ни}}$ і $S_{\text{ві}}$ – площі нижньої і верхньої основи кожного ярусу відповідно, які визначають за залежностями:

$$S_{\text{ни}} = B_{\text{ни}}^2, \text{ м}^2, \quad (2.7)$$

$$S_{\text{ві}} = B_{\text{ві}}^2, \text{ м}^2, \quad (2.8)$$

де $B_{\text{ни}}$ і $B_{\text{ві}}$ – розміри сторін нижньої і верхньої основи кожного ярусу хвостосховища відповідно, м.

Необхідну кількість вторинних ярусів розраховують за формулою:

$$n = \frac{H - H_1 - h_{\text{зап}}}{H_2}, \text{ шт.}, \quad (2.9)$$

де H – загальна висота огорожувальної дамби;

H_1 – висота першого ярусу, м;

H_2 – висота вторинних ярусів, м.



При розрахунку об'ємів ярусів хвостосховища, які огорожені вторинними дамбами, враховують ті обставини, що для спорудження вторинних дамб використовують хвости з надводних пляжів. Це призводить до збільшення ємності та терміну експлуатації кожного ярусу хвостосховища. Тому сумарний об'єм кожного ярусу W_{ci} , складається з його геометричного об'єму і об'єму вторинної дамби цього ярусу.

При схематизації вторинної дамби у вигляді правильної призми її об'єм визначають за виразом:

$$V'_i = F \cdot L_{ді}, \text{ м}^3, \quad (2.10)$$

де F – площа поперечного перерізу вторинної дамби, м^2 ;

$L_{ді}$ – довжина вторинної дамби кожного ярусу по осі, м.

Визначають довжину вторинної дамби кожного ярусу по осі $L_{ді}$ за наступною формулою:

$$L_{ді} = 4 \cdot A_i, \text{ м}, \quad (2.11)$$

де A_i – довжина однієї сторони дамби по її осі (рис. 2.3) [3, 14].

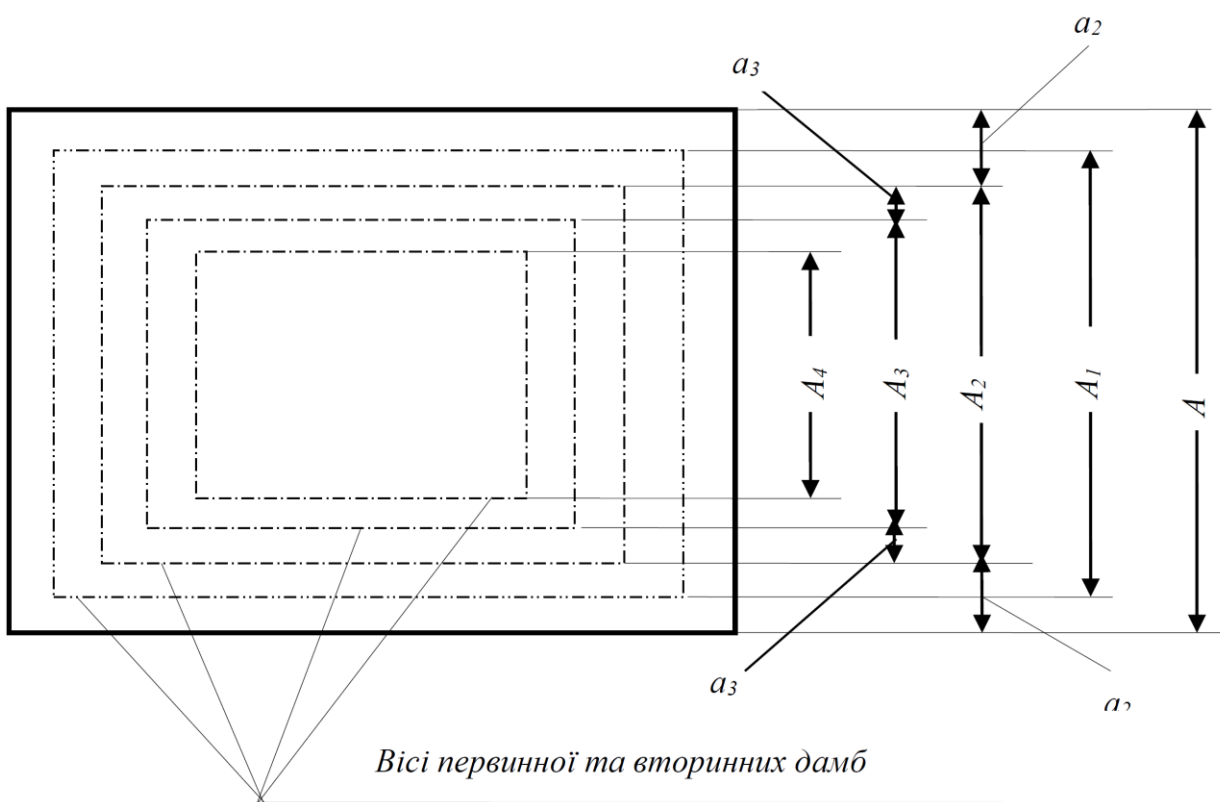


Рисунок 2.3 – Схематичний план хвостосховища [3, 14]

Отже сумарний об'єм кожного ярусу буде складати:

$$V_{ci} = V_i + V'_i, \text{ м}^3, \quad (2.12)$$

Термін експлуатації кожного ярусу хвостосховища становить:

$$t_i = (V_{ci} \cdot K_{\text{зап}} \cdot \rho_{\text{с.хв}}) / G_{\text{хв}}, \text{ років}, \quad (2.13)$$

Загальний об'єм хвостосховища V_3 , загальний об'єм вторинних дамб V'_3 , повний термін експлуатації хвостосховища t_n і висоту огорожувальної дамби H визначають за наступними залежностями:

$$V_3 = \sum_{i=1}^n V_{ci}, \text{ м}^3, \quad (2.14)$$

$$V'_3 = \sum_{i=1}^n V'_i, \text{ м}^3, \quad (2.15)$$

$$t_n = \sum_{i=1}^n t_i, \text{ років}, \quad (2.16)$$

$$H = \sum_{i=1}^n H_i + h_{\text{зап}}, \text{ м}, \quad (2.17)$$

де n – кількість ярусів хвостосховища.

Одержані значення загального об'єму хвостосховища $V_{\text{заг}}$ порівнюють з необхідним об'ємом V , а значення повного терміну експлуатації t_n – з потрібним терміном експлуатації t_c , беручи до уваги наступні умови:

$$V_{\text{заг}} \geq V, \quad (2.18)$$

$$t_n \geq t_c. \quad (2.19)$$

2.4 Приклад розрахунку параметрів хвостосховища

Гірничо-збагачувальний комбінат видаляє хвости збагачення в хвостосховище гідравлічним способом. Необхідно розрахувати параметри хвостосховища і термін його експлуатації.

Вихідні дані для розрахунку представлені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Показник	Значення
Тип хвостосховища	Хвостосховище намівне (поступового заповнення) рівнинного типу, в плані має форму квадрата
Площа земельної ділянки, що відведена під хвостосховище S , га	280
Термін експлуатації хвостосховища t_e , роки	10

Показник	Значення
Висота огорожувальної дамби H , м	17,5
Витрата пульпи Q_p , м ³ /год	10 000
Консистенція пульпи $T:P$	1:15
Щільність частинок хвостів $\rho_{ч.хв}$, т/м ³	3
Щільність води $\rho_в$, т/м ³	1
Первинна дамба	природні суглинки
висота h_1 , м	10
закладання низового укосу m_n	1:2,5
закладання верхового укосу $m_в$	1:3
ширина по гребеню B_1 , м	8
Вторинні дамби	поярусно хвости
висота h_2 , м	3
закладання низового укосу m_n	1:2,5
закладання верхового укосу $m_в$	1:3
ширина по гребеню B_2 , м	8
Перевищення гребеня дамб над рівнем заповнення хвостосховища $h_{зап}$, м	0,5
Середня щільність укладання сухих хвостів, що намиті в хвостосховище і відсипані у вторинні дамби $\rho_{с.хв}$, т/м ³	1,85
Коефіцієнт заповнення хвостосховища $K_{зап}$	

Розрахунок річного виходу хвостів і загальних характеристик хвостосховища

Щільність хвостової пульпи визначається за формулою (2.1):

$$\rho_p = (T + P) / (T/\rho_{ч.хв} + P/\rho_в) = (1 + 15) / (1/3 + 15/1) = 1,043 \text{ т/м}^3,$$

Витрати пульпи за масою визначається за формулою (2.4):

$$Q_{п \text{ за масою}} = Q_p \cdot \rho_p = 10\,000 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 1,043 \text{ т/м}^3 = 10434,78 \text{ т/год},$$

Вихід хвостів визначають за формулою (2.3):

$$G_{хв} = Q_{п \text{ за масою}} / (T + P) = 10\,434,78 \text{ т/год} / (1 + 15) = 652,17 \text{ т/год}.$$

Річний вихід хвостів за умови, що гірничо-збагачувальний комбінат працює цілодобово 365 днів на рік, становить:

$$G_{хв}^{\text{річн}} = G_{хв} \cdot 24 \cdot 365 = 652,17 \text{ т/год} \cdot 24 \cdot 365 = 5\,713\,009,20 \text{ т/рік}.$$

Об'єм хвостосховища, необхідний для прийому хвостів протягом десяти років визначається за формулою (2.2):

$$V = (G_{хв}^{\text{річн}} \cdot t_e) / (\rho_{с.хв} \cdot K_{зап}) =$$

$$= (5\,713\,009,20 \text{ т/рік} \cdot 10 \text{ років}) / (1,85 \text{ т/м}^3 \cdot 0,8) = 38\,601\,413,51 \text{ м}^3$$

Будуємо поперечний переріз огорожувальної дамби і наносимо на креслення вихідні дані згідно завдання (рис. 2.4).

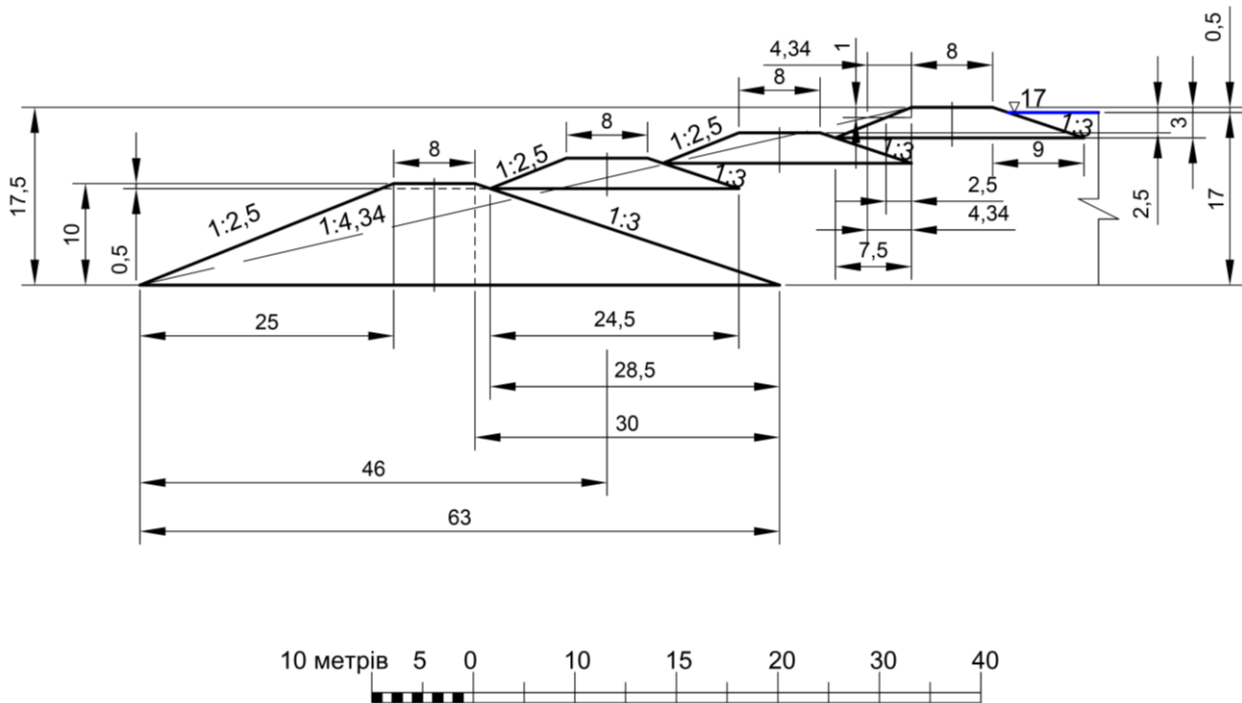


Рисунок 2.4 – Поперечний переріз огорожувальної дамби хвостосховища. Масштаб М 1:1000

Розмір сторони ділянки, яку займає хвостосховище визначаються за формулою (2.5):

$$A = \sqrt{S} = \sqrt{2800\,000 \text{ м}^2} = 1673,32 \text{ м}$$

Відповідно визначаються висоти ярусів первинної і вторинних дамб:
- висота першого ярусу становить:

$$H_1 = h_1 - h_{\text{зап.}} = 10,0 - 0,5 = 9,5 \text{ м,}$$

- висота ярусу вторинної дамби становить:

$$H_2 = h_2 - h_{\text{зап.}} = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ м,}$$

тобто висота ярусу H_i – це висота відповідної дамби, зменшена на перевищення дамби на рівнем заповнення на випадок вітрового хвилеутворення $h_{\text{зап.}}$ (рис. 2.4).

Визначаємо необхідну кількість вторинних дамб за формулою (2.9):

$$n = \frac{H - H_1 - h_{\text{зап}}}{H_2} = \frac{17,5 \text{ м} - 9,5 \text{ м} - 0,5 \text{ м}}{2,5 \text{ м}} = 3 \text{ шт.}$$

Розрахунок параметрів хвостосховища першої черги (першого ярусу)

Площа нижньої основи дамби першого ярусу визначається за формулою (2.7):

$$S_{\text{Н1}} = B_{\text{Н1}}^2, \text{ м}^2,$$

У даному випадку довжина сторони нижньої основи першого ярусу хвостосховища – це розмір сторони ділянки, яку займає хвостосховище A , зменшений на дві ширини нижньої основи первинної дамби C_3 :

$$B_{\text{Н1}} = A - 2 \cdot C_3,$$

$$C_3 = h_1 \cdot m_{\text{Н}} + B_1 + h_1 \cdot m_{\text{в}} = 10 \cdot 2,5 + 8 + 10 \cdot 3 = 63,0 \text{ м},$$

де $m_{\text{Н}}$ та $m_{\text{в}}$ – закладання низового та верхового укосу дамби відповідно, м (рис. 2.4).

Отже

$$B_{\text{Н1}} = A - 2 \cdot C_3 = 1673,32 \text{ м} - 2 \cdot 63 \text{ м} = 1547,32 \text{ м}.$$

Таким чином площа нижньої основи дамби першого ярусу за формулою (2.7) становить:

$$S_{\text{Н1}} = B_{\text{Н1}}^2 = (1547,32 \text{ м})^2 = 2\,394\,199,18 \text{ м}^2.$$

Площа верхньої основи дамби першого ярусу визначається за формулою (2.8):

$$S_{\text{в1}} = B_{\text{в1}}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку розмір сторони верхньої основи першого ярусу хвостосховища – це розмір сторони нижньої основи першого ярусу хвостосховища $B_{\text{Н1}}$, збільшений на два закладання верхового укосу первинної дамби C_2 за виключенням двох проєкцій перевищення гребеня дамби $h_{\text{зап}}$ на верховий укіс (рис. 2.2):

$$B_{\text{в1}} = B_{\text{Н1}} + 2 \cdot C_2 - 2 \cdot h_{\text{зап}} \cdot m_{\text{в}},$$

$$C_2 = H_1 \cdot m_{\text{в}} = 9,5 \cdot 3 = 28,5 \text{ м}.$$



Отже

$$B_{\text{в}1} = B_{\text{н}1} + 2 \cdot C_2 - 2 \cdot h_{\text{зап.}} \cdot m_{\text{в}} = 1\,547,32 \text{ м} + 2 \cdot 28,5 \text{ м} = 1\,604,32 \text{ м}.$$

Таким чином площа верхньої основи дамби першого ярусу за формулою (2.7) становить:

$$S_{\text{в}1} = B_{\text{в}1}^2 = (1\,604,32 \text{ м})^2 = 2\,573\,842,66 \text{ м}^2.$$

Геометричний об'єм хвостосховища першої черги визначається за формулою (2.6):

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{1}{3} \cdot H_1 \cdot (S_{\text{н}1} + S_{\text{в}1} + \sqrt{S_{\text{н}1} \cdot S_{\text{в}1}}) = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 9,5 \text{ м} \cdot (2\,394\,199,18 \text{ м}^2 + 2\,573\,842,66 \text{ м}^2 + \sqrt{2\,394\,199,18 \text{ м}^2 \cdot 2\,573\,842,66 \text{ м}^2}) = \\ &= 23\,593\,054,49 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Термін експлуатації хвостосховища першої черги визначається за формулою (2.13):

$$\begin{aligned} t_i &= (V_{\text{с}i} \cdot K_{\text{зап.}} \cdot \rho_{\text{с.хв}}) / G_{\text{хв}} = \\ &= (23\,593\,054,49 \text{ м}^3 \cdot 1,85 \cdot 0,8) / 5\,713\,009,20 \text{ т/рік} = 6,11 \text{ років}. \end{aligned}$$

Розрахунок другого ярусу хвостосховища

Площа нижньої основи дамби другого ярусу визначається за формулою (2.7):

$$S_{\text{н}2} = B_{\text{н}2}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку довжина сторони нижньої основи другого ярусу хвостосховища – це розмір сторони верхньої основи першого ярусу $B_{\text{в}1}$, зменшена на дві ширини нижньої основи вторинних дамб C_6 (рис. 2.2):

$$B_{\text{н}2} = B_{\text{в}1} - 2 \cdot C_6,$$

$$C_6 = h_2 \cdot m_{\text{н}} + B_2 + h_2 \cdot m_{\text{в}} = 3 \text{ м} \cdot 2,5 + 8 \text{ м} + 3 \text{ м} \cdot 3 = 24,5 \text{ м},$$

Отже

$$B_{H2} = B_{\epsilon1} - 2 \cdot C_6 = 1604,32 \text{ м} - 2 \cdot 24,5 \text{ м} = 1555,32 \text{ м}.$$

Таким чином площа нижньої основи дамби другого ярусу за формулою (2.7) становить:

$$S_{H2} = B_{H2}^2 = (1555,32 \text{ м})^2 = 2\,419\,020,30 \text{ м}^2.$$

Площа верхньої основи дамби другого ярусу визначається за формулою (2.8):

$$S_{B2} = B_{B2}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку ширина верхньої основи другого ярусу хвостосховища – це розмір сторони нижньої основи другого ярусу хвостосховища B_{H2} , збільшений на два закладання верхового укосу вторинної дамби C_5 за виключенням двох проєкцій перевищення гребеня дамби $h_{зап.}$ на верховий укіс (див. рис. 2.2):

$$B_{B2} = B_{H2} + 2 \cdot C_5 - 2 \cdot h_{зап.} \cdot m_{\epsilon},$$

$$C_5 = H_2 \cdot m_{\epsilon} = 3 \text{ м} \cdot 2,5 = 7,5 \text{ м},$$

Отже

$$B_{B2} = B_{H2} + 2 \cdot C_5 - 2 \cdot h_{зап.} \cdot m_{\epsilon} = 1555,32 \text{ м} + 2 \cdot 7,5 \text{ м} - 2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 3 = 1\,567,32 \text{ м}.$$

Таким чином площа верхньої основи дамби другого ярусу становить:

$$S_{B2} = B_{B2}^2 = (1567,32 \text{ м})^2 = 2\,456\,491,98 \text{ м}^2.$$

Геометричний об'єм хвостосховища першої черги визначається за формулою (2.6):

$$\begin{aligned} V_2 &= \frac{1}{3} \cdot H_2 \cdot (S_{H2} + S_{B2} + \sqrt{S_{H2} \cdot S_{B2}}) = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot (2\,419\,020,30 \text{ м}^2 + 2\,456\,491,98 \text{ м}^2 + \sqrt{2\,419\,020,30 \text{ м}^2 \cdot 2\,456\,491,98 \text{ м}^2}) = \\ &= 6\,094\,330,35 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Об'єм вторинної дамби другого ярусу визначається за формулою (2.10):



$$V'_2 = F_2 \cdot L_{д2}, \text{ м}^3,$$

У даному випадку площа поперечного перерізу вторинної дамби F_2 , м^2 , становить:

$$F_2 = \frac{h_2 \cdot (B_2 + C_6)}{2} = \frac{3 \text{ м} \cdot (8 \text{ м} + 24,5 \text{ м})}{2} = 48,75 \text{ м}^2.$$

Для визначення довжини вторинної дамби другого ярусу по осі звернемося до рис. 2.3, на якому зображений схематичний вид зверху на хвостосховище. Як бачимо, довжина однієї сторони дамби другого ярусу по її осі $A_2 = A - 2 \cdot a_2$, тобто це довжина однієї сторони земельної ділянки, відведеної під хвостосховище A , зменшена на дві відстані від границі земельної ділянки до осі дамби другого ярусу a_2 .

Відповідно:

$$\begin{aligned} a_2 &= h_1 \cdot m_H + B_2 + h_{зап.} \cdot m_в + h_2 \cdot m_H + B_2 / 2 = \\ &= 10 \text{ м} \cdot 2,5 + 8 \text{ м} + 0,5 \cdot 3 \text{ м} + 2,5 \cdot 3 \text{ м} + 8 \text{ м} / 2 = 46,0 \text{ м}. \end{aligned}$$

Отже

$$A_2 = A - 2 \cdot a_2 = 1673,32 \text{ м} - 2 \cdot 46,0 \text{ м} = 1581,32 \text{ м}.$$

Довжина вторинної дамби другого ярусу по осі становить:

$$L_{д2} = 4 \cdot A_2 = 4 \cdot 1581,32 \text{ м} = 6\,325,28 \text{ м}.$$

Таким чином

$$V'_2 = F_2 \cdot L_{д2} = 48,75 \text{ м}^2 \cdot 6\,325,28 \text{ м} = 308\,357,40 \text{ м}^3.$$

У зв'язку з тим, що для зведення вторинних дамб використовують хвости з надводних пляжів хвостосховища, що призводить до збільшення його обсягу, сумарний об'єм другого ярусу визначається як сума геометричного об'єму хвостосховища другої черги і об'єму вторинної дамби цього ярусу (2.12):

$$V_{c2} = V_2 + V'_2 = 6\,094\,330,35 \text{ м}^3 + 308\,357,40 \text{ м}^3 = 6\,402\,687,75 \text{ м}^3.$$

Термін експлуатації другого ярусу визначається за формулою (2.13):

$$\begin{aligned} t_2 &= (V_{c2} \cdot K_{зап.} \cdot \rho_{с.хв}) / G_{хв} = \\ &= (6\,402\,687,75 \text{ м}^3 \cdot 1,85 \cdot 0,8) / 5\,713\,009,20 \text{ т/рік} = 1,66 \text{ років}. \end{aligned}$$

Розрахунок третього ярусу хвостосховища

Площа нижньої основи дамби третього ярусу визначається за формулою (2.7):

$$S_{H3} = B_{H3}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку розміри сторони нижньої основи третього ярусу – це довжина сторони верхньої основи другого ярусу B_{e2} , зменшена на дві ширини нижньої основи вторинних дамб C_6 (рис. 2.2):

$$B_{H3} = B_{e2} - 2 \cdot C_6 = 1\,567,32 \text{ м} - 2 \cdot 24,5 \text{ м} = 1\,518,32 \text{ м}.$$

Таким чином площа нижньої основи дамби третього ярусу за формулою (2.7) становить:

$$S_{H3} = B_{H3}^2 = (1\,518,32 \text{ м})^2 = 2\,305\,295,62 \text{ м}^2.$$

Площа верхньої основи дамби третього ярусу визначається за формулою (2.8):

$$S_{B3} = B_{B3}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку ширина верхньої основи третього ярусу хвостосховища – це розмір сторони нижньої основи третього ярусу хвостосховища, збільшений на два закладання верхового укосу вторинної дамби C_5 за виключенням двох проєкцій перевищення гребеня дамби h_{zap} на верховий укіс (див. рис. 2.2):

$$\begin{aligned} B_{B3} &= B_{H3} + 2 \cdot C_5 - 2 \cdot h_{zap} \cdot m_e = \\ &= 1\,518,32 \text{ м} + 2 \cdot 7,5 \text{ м} - 2 \cdot 0,5 \text{ м} \cdot 3 = 1\,530,32 \text{ м}. \end{aligned}$$

Таким чином площа верхньої основи дамби третього ярусу становить:

$$S_{B3} = B_{B3}^2 = (1\,530,32 \text{ м})^2 = 2\,341\,879,30 \text{ м}^2.$$

Геометричний об'єм хвостосховища першої черги визначається за формулою (2.6):

$$V_3 = \frac{1}{3} \cdot H_2 \cdot (S_{H3} + S_{B3} + \sqrt{S_{H3} \cdot S_{B3}}) =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot \left(2\,305\,295,62 \text{ м}^2 + 2\,341\,879,30 \text{ м}^2 + \sqrt{2\,305\,295,62 \text{ м}^2 \cdot 2\,341\,879,30 \text{ м}^2} \right) =$$

$$= 5\,808\,908,65 \text{ м}^3.$$

Об'єм вторинної дамби третього ярусу визначається за формулою (2.10):

$$V'_3 = F_2 \cdot L_{д3}, \text{ м}^3,$$

У даному випадку площа поперечного перерізу вторинної дамби F_2 , м^2 , становить:

$$F_2 = \frac{h_2 \cdot (B_2 + C_6)}{2} = \frac{3 \text{ м} \cdot (8 \text{ м} + 24,5 \text{ м})}{2} = 48,75 \text{ м}^2.$$

Довжина однієї сторони дамби третього ярусу по її осі $A_3 = A_2 - 2 \cdot a_3$, тобто це довжина однієї сторони дамби другого ярусу по її осі A_2 , зменшена на дві відстані між осями дамби другого та третього ярусів a_3 (рис. 2.3).

Відповідно:

$$a_3 = B_2 / 2 + h_{зап} \cdot m_в + h_2 \cdot m_H + B_2 / 2 =$$

$$= 8 \text{ м} / 2 + 0,5 \text{ м} \cdot 3 + 3 \text{ м} \cdot 2,5 + 8 \text{ м} / 2 = 17,0 \text{ м}.$$

Отже

$$A_3 = A_2 - 2 \cdot a_3 = 1\,581,32 \text{ м} - 2 \cdot 17,0 \text{ м} = 1\,547,32 \text{ м}.$$

Довжина вторинної дамби третього ярусу по осі становить:

$$L_{д3} = 4 \cdot A_3 = 4 \cdot 1\,547,32 \text{ м} = 6\,189,28 \text{ м}.$$

Таким чином

$$V'_3 = F_2 \cdot L_{д3} = 48,75 \text{ м}^2 \cdot 6\,189,28 \text{ м} = 301\,727,40 \text{ м}^3.$$

Сумарний об'єм третього ярусу визначається за формулою (2.12):

$$V_{с3} = V_3 + V'_3 = 5\,808\,908,65 \text{ м}^3 + 301\,727,40 \text{ м}^3 = 6\,110\,636,05 \text{ м}^3.$$

Термін експлуатації третього ярусу визначається за формулою (2.13):

$$t_3 = (V_{c3} \cdot K_{зап} \cdot \rho_{с.хв}) / G_{хв} =$$

$$= (6\,110\,636,05 \text{ м}^3 \cdot 1,85 \cdot 0,8) / 5\,713\,009,20 \text{ т/рік} = 1,58 \text{ років.}$$

Розрахунок четвертого ярусу хвостосховища

Площа нижньої основи дамби четвертого ярусу визначається за формулою (2.7):

$$S_{н4} = B_{н4}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку розміри сторони нижньої основи третього ярусу – це довжина сторони верхньої основи другого ярусу $B_{в2}$, зменшена на дві ширини нижньої основи вторинних дамб C_6 (рис. 2.2):

$$B_{н4} = B_{в3} - 2 \cdot C_6 = 1\,530,32 \text{ м} - 2 \cdot 24,5 \text{ м} = 1\,481,32 \text{ м.}$$

Таким чином площа нижньої основи дамби четвертого ярусу за формулою (2.7) становить:

$$S_{н4} = B_{н4}^2 = (1\,481,32 \text{ м})^2 = 2\,194\,308,94 \text{ м}^2.$$

Площа верхньої основи дамби четвертого ярусу визначається за формулою (2.8):

$$S_{в4} = B_{в4}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку ширина верхньої основи четвертого ярусу хвостосховища становить (див. рис. 2.2):

$$B_{в4} = B_{н4} + 2 \cdot C_5 = 1\,481,32 \text{ м} + 2 \cdot 7,5 \text{ м} = 1\,496,32 \text{ м.}$$

Таким чином площа верхньої основи дамби четвертого ярусу становить:

$$S_{в4} = B_{в4}^2 = (1\,496,32 \text{ м})^2 = 2\,238\,973,54 \text{ м}^2.$$

Геометричний об'єм хвостосховища четвертого ярусу хвостосховища визначається за формулою (2.6):

$$V_4 = \frac{1}{3} \cdot H_4 \cdot (S_{н4} + S_{в4} + \sqrt{S_{н4} \cdot S_{в4}}) =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 2,5 \text{ м} \cdot (2\,194\,308,94 \text{ м}^2 + 2\,238\,973,54 \text{ м}^2 + \sqrt{2\,194\,308,94 \text{ м}^2 \cdot 2\,238\,973,54 \text{ м}^2}) =$$


$$= 5\,541\,509,35 \text{ м}^3.$$

Об'єм вторинної дамби четвертого ярусу визначається за формулою (2.10):

$$V'_4 = F_2 \cdot L_{д4}, \text{ м}^3,$$

Довжина однієї сторони дамби четвертого ярусу по її осі становить:

$$A_4 = A_3 - 2 \cdot a_3 = 1\,547,32 \text{ м} - 2 \cdot 17,0 \text{ м} = 1\,513,32 \text{ м}.$$

Довжина вторинної дамби четвертого ярусу по осі становить:

$$L_{д4} = 4 \cdot A_4 = 4 \cdot 1\,513,32 \text{ м} = 6\,053,28 \text{ м}.$$

Таким чином

$$V'_4 = F_2 \cdot L_{д4} = 48,75 \text{ м}^2 \cdot 6\,053,28 \text{ м} = 295\,097,40 \text{ м}^3.$$

Сумарний об'єм четвертого ярусу визначається за формулою (2.12):

$$V_{с4} = V_4 + V'_4 = 5\,541\,509,35 \text{ м}^3 + 295\,097,40 \text{ м}^3 = 5\,836\,606,75 \text{ м}^3.$$

Термін експлуатації четвертого ярусу визначається за формулою (2.13):

$$\begin{aligned} t_4 &= (V_{с4} \cdot K_{зап} \cdot \rho_{с.хв}) / G_{хв} = \\ &= (5\,836\,606,75 \text{ м}^3 \cdot 1,85 \cdot 0,8) / 5\,713\,009,20 \text{ т/рік} = 1,51 \text{ рік}. \end{aligned}$$

Розрахунок загальних параметрів хвостосховища

Загальний об'єм хвостосховища визначається за формулою (2.14):

$$\begin{aligned} V_3 &= V_1 + V_{с2} + V_{с3} + V_{с4} = \\ &= 23\,593\,054,49 \text{ м}^3 + 6\,402\,687,75 \text{ м}^3 + 611\,636,05 \text{ м}^3 + 586\,606,75 \text{ м}^3 = \\ &= 41\,942\,985,04 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Загальний об'єм вторинних дамб визначається за формулою (2.15):

$$\begin{aligned} V'_{заг} &= V'_2 + V'_3 + V'_4 = 308\,357,40 \text{ м}^3 + 301\,727,40 \text{ м}^3 + 295\,097,40 \text{ м}^3 = \\ &= 905\,182,20 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

Порівнюємо одержані значення загального об'єму хвостосховища $V_{заг}$ з необхідним за рівнянням (2.18): $V_{заг} \geq V$ – умова виконується, оскільки $41\,942\,985,04 \text{ м}^3 > 38\,601\,413,51 \text{ м}^3$, тобто у хвостосховищі може бути за складована більша кількість відходів, ніж передбачається проектом.

Розрахунок терміну експлуатації хвостосховища

Повний термін експлуатації хвостосховища визначається за формулою (2.16):

$$t_n = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 =$$

$$= 6,11 \text{ років} + 1,66 \text{ років} + 1,58 \text{ років} + 1,51 \text{ років} = 10,86 \text{ років.}$$

Порівнюємо одержані значення повного терміну експлуатації t_n з потрібним за рівнянням (3.19): $t \geq t_c$ – умова виконується, оскільки $10,86 \text{ років} > 10 \text{ років}$, отже хвостосховище буде заповнюватися довше передбачених десяти років.

Заносимо результати розрахунків до підсумкової табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків загальних параметрів хвостосховища

Показник	Номер ярусу, значення				Загальне значення
	1	2	3	4	
Висота ярусу хвостосховища H_i , м	9,5	2,5	2,5	2,5	–
Довжина однієї сторони нижньої основи ярусу $B_{ни}$, м	1547,32	1552,32	1518,32	1481,32	–
Довжина однієї сторони верхньої основи ярусу $B_{ви}$, м	1604,32	1567,32	1530,32	1496,32	–
Об'єм ярусу хвостосховища V_i , млн м^3	23,593	6,094	5,809	5,542	41,038
Площа перерізу вторинної дамби F , м	–	48,75	48,75	48,75	–
Довжина однієї сторони вторинної дамби A_i , м	–	1581,32	1547,32	1513,32	–
Довжина вторинної дамби одного ярусу L_i , м	–	6325,28	6189,28	6053,28	–
Об'єм вторинної дамби одного ярусу V'_i , млн. м^3	–	0,308	0,302	0,295	0,905
Сумарний об'єм одного ярусу хвостосховища V_{ci} , млн. м^3	23,593	6,403	6,111	5,837	41,943
Термін експлуатації одного ярусу t_i , років	6,11	1,66	1,58	1,51	10,86



Таким чином, хвостосховище, що розташоване на ділянці площею 280 га, при висоті огорожувальної дамби 17,5 м буде експлуатуватися 10,86 років.

3 ПОБУДОВА ГРАФІКІВ ОБ'ЄМІВ ХВОСТОСХОВИЩ

За результатами попередніх розрахунків (див. п. 2.4) будується графік зміни об'ємів в залежності від рівня наповнення $V = f(H)$ хвостосховища [3]. Для побудови графіку необхідно визначити проміжкові геометричні об'єми (не менше одного) наповнення першого ярусу хвостосховища і відповідні їм площі за аналогічними розрахунками, виконаними раніше в п. 2.4.

В міждисциплінарній курсовій обов'язково необхідно навести графік зміни об'ємів в залежності від рівня наповнення $V = f(H)$ хвостосховища, побудований за власним варіантом.

3.1 Приклад побудови графіку об'ємів хвостосховища

Площа нижньої основи дамби першого ярусу визначається за формулою (2.7):

$$S_{H1} = B_{H1}^2, \text{ м}^2,$$

У даному випадку довжина сторони нижньої основи першого ярусу хвостосховища – це розмір сторони ділянки, яку займає хвостосховище A , зменшений на дві ширини нижньої основи первинної дамби C_3 :

$$B_{H1} = A - 2 \cdot C_3,$$

$$C_3 = h_1 \cdot m_H + B_1 + h_1 \cdot m_B = 10 \cdot 2,5 + 8 + 10 \cdot 3 = 63,0 \text{ м},$$

де m_H та m_B – закладання низового та верхового укосу дамби відповідно, м (рис. 2.1).

Отже

$$B_{H1} = A - 2 \cdot C_3 = 1673,32 \text{ м} - 2 \cdot 63 \text{ м} = 1547,32 \text{ м}.$$

Таким чином площа нижньої основи дамби першого ярусу за формулою (2.7) становить:

$$S_{H1} = B_{H1}^2 = (1547,32 \text{ м})^2 = 2\,394\,199,18 \text{ м}^2.$$

Площа верхньої основи дамби першого ярусу при рівні наповнення 3 м визначається за формулою (2.8):

$$S_{B1\ 3\text{м}} = B_{B1\ \text{при}\ 3\text{м}}^2, \text{ м}^2.$$

У даному випадку розмір сторони верхньої основи першого ярусу хвостосховища при рівні наповнення 3 м (рис. 2.2):

$$B_{в1 \text{ при } 3\text{м}} = B_{н1} + 2 \cdot C_{2 \text{ при } 3\text{м}} - 2 \cdot h_{зап.} \cdot m_в,$$

$$C_{2 \text{ при } 3\text{м}} = H_{1 \text{ при } 3\text{м}} \cdot m_в = 3,0 \text{ м} \cdot 3 = 9,0 \text{ м}.$$

Отже

$$B_{в1 \text{ при } 3\text{м}} = B_{н1} + 2 \cdot C_{2 \text{ при } 3\text{м}} = 1\,547,32 \text{ м} + 2 \cdot 9,0 \text{ м} = 1\,565,32 \text{ м}.$$

Таким чином площа верхньої основи дамби першого ярусу при рівні наповнення 3 м за формулою (2.7) становить:

$$S_{в1 \text{ при } 3\text{м}} = B_{в1 \text{ при } 3\text{м}}^2 = (1\,565,32 \text{ м})^2 = 2\,450\,226,70 \text{ м}^2.$$

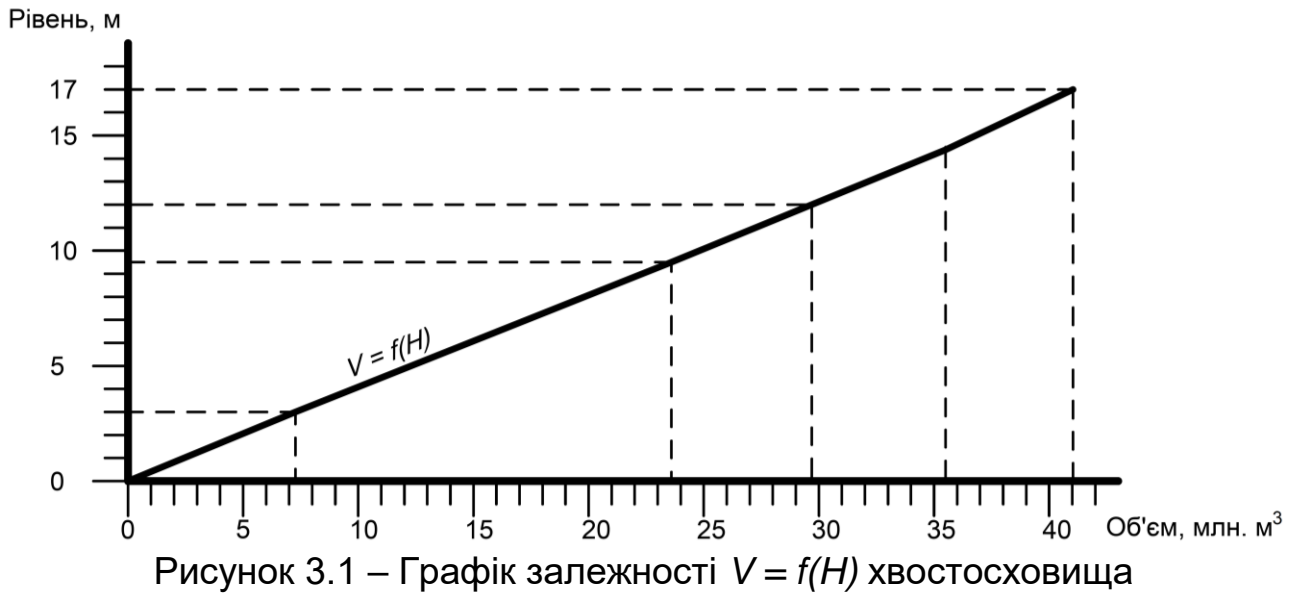
Геометричний об'єм хвостосховища першої черги при рівні наповнення 3,0 м визначається за формулою (2.6):

$$\begin{aligned} V_{1 \text{ при } 3\text{м}} &= \frac{1}{3} \cdot H_{1 \text{ при } 3\text{м}} \cdot \left(S_{н1 \text{ при } 3\text{м}} + S_{в1 \text{ при } 3\text{м}} + \sqrt{S_{н1 \text{ при } 3\text{м}} \cdot S_{в1 \text{ при } 3\text{м}}} \right) = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 3,0 \text{ м} \cdot \left(2\,394\,199,18 \text{ м}^2 + 2\,450\,226,70 \text{ м}^2 + \sqrt{2\,394\,199,18 \text{ м}^2 \cdot 2\,450\,226,70 \text{ м}^2} \right) = \\ &= 7\,266\,476,82 \text{ м}^3. \end{aligned}$$

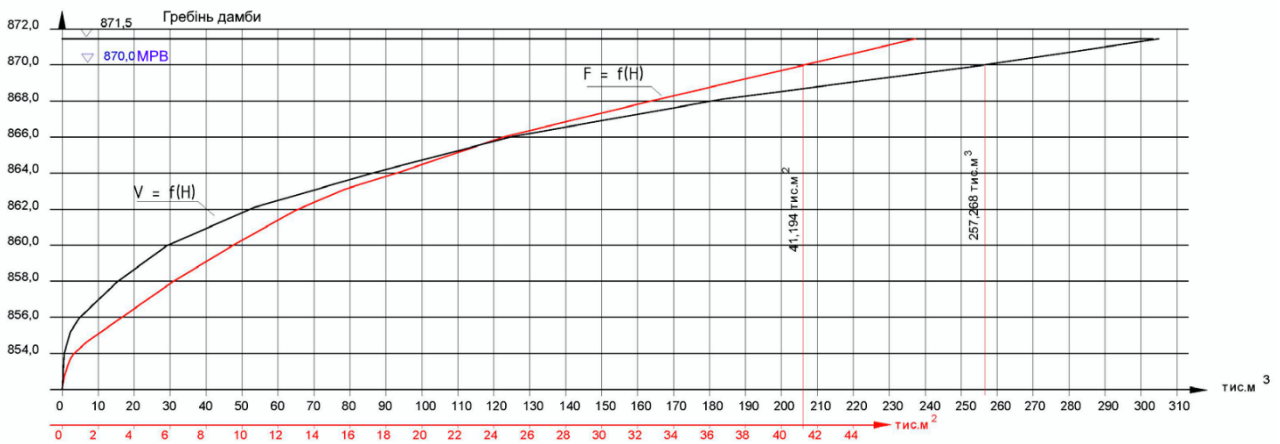
Дані для побудови графіку залежності об'ємів хвостосховища від його наповнення $V = f(H)$ зведено в табл. 3.1 (див. п. 2.4, рис. 3.1).

Таблиця 3.1 – Розрахункові параметри хвостосховища для побудови графіку залежності об'ємів хвостосховища від його наповнення $V = f(H)$

Рівень заповнення хвостосховища, м	Геометричний об'єм наповнення чаши, м ³	Площа, м ²
0	0	0
3	$V_{1 \text{ при } 3\text{м}} = 7\,266\,476,82$	$S_{в1 \text{ при } 3\text{м}} = 2\,450\,226,70$
9,5	$V_1 = 23\,593\,054,49$	$S_{в1} = 2\,573\,842,66$
$9,5 + 2,5 = 12,0$	$V_1 + V_2 = 23\,593\,054,49 + 6\,094\,330,35 = 29\,687\,384,84$	$S_{в2} = 2\,456\,491,98$
$12,0 + 2,5 = 14,5$	$V_1 + V_2 + V_3 = 29\,687\,384,84 + 5\,808\,908,65 = 35\,496\,293,49$	$S_{в3} = 2\,341\,879,30$
$14,5 + 2,5 = 17,0$	$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 35\,496\,293,49 + 5\,541\,509,35 = 41\,037\,802,84$	$S_{в4} = 2\,238\,973,54$



Слід відзначити, що як правило вигляд кривих об'ємів і площ хвостосховища має вигляд (рис. 3.2).



4 РОЗРАХУНОК УТВОРЕННЯ ПРОРАНУ (ПРОЦЕСУ РУЙНУВАННЯ ДАМБИ)

4.1 Розрахунок утворення прорану (процесу руйнування дамби)

У розрахунках прийнято такі основні позначення [2]:

H_{max} – максимальна глибина шару рідини, що витікає з ставка, і несконсолідованих відходів, м;

$S_{в4}$ – площа сховища максимальної позначки гребеня дамби, м²;

V_{max} – повний обсяг відходів у сховищі, м³;

m_e – закладення внутрішнього укосу греблі, м/м;

m_n – закладення зовнішнього укосу греблі, м/м;

ρ_s – щільність частинок ґрунту, т/м³;

$\rho_{p,j}$ – щільність рідини в j – му шарі для відходів з неоднорідним складом, т/м³;

ρ_d – середня щільність сухого ґрунту тіла греблі, т/м³;

d – середньозважений розмір часток ґрунту, мм.

За початкові умови розрахунку розмиву елементарного прорану приймається рівність

$$y_0 = b_0 = h_0 = 0,1H_{max}, \text{ м} \quad (4.1)$$

де y_0 – початкова глибина прорану, м;

b_0 – початкова ширина прорану, м;

h_0 – початкова глибина прорану, м.

На рис. 4.1 представлена схема розрахунку розмиву гребеня та пляжної зони хвостосховища.

Задаючи збільшення глибини прорану на кожному розрахунковому кроці постійним і рівним $\Delta y \leq y_0$, визначається збільшення ширини прорану

$$\Delta b = \Delta y \frac{y_0}{y_0 + \Delta y}, \text{ м} \quad (4.2)$$

Задаючи збільшення розмірів прорану (Δy і Δb), визначаємо зменшення глибини шару ΔH , що витікає з ставка. Розрахунок ведеться методом ітерацій.

Визначення параметрів розмиву прорану і потоку проводиться в розрахунковий i -ий проміжок часу:

- глибина прорану:

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y, \text{ м}; \quad (4.3)$$

- ширина прорану:

$$b_i = b_{i-1} + \Delta b \text{ , м;} \quad (4.4)$$

- довжина прорану:

$$l_i = (m_B + m_H)y_i + B_2 \text{ , м;} \quad (4.5)$$

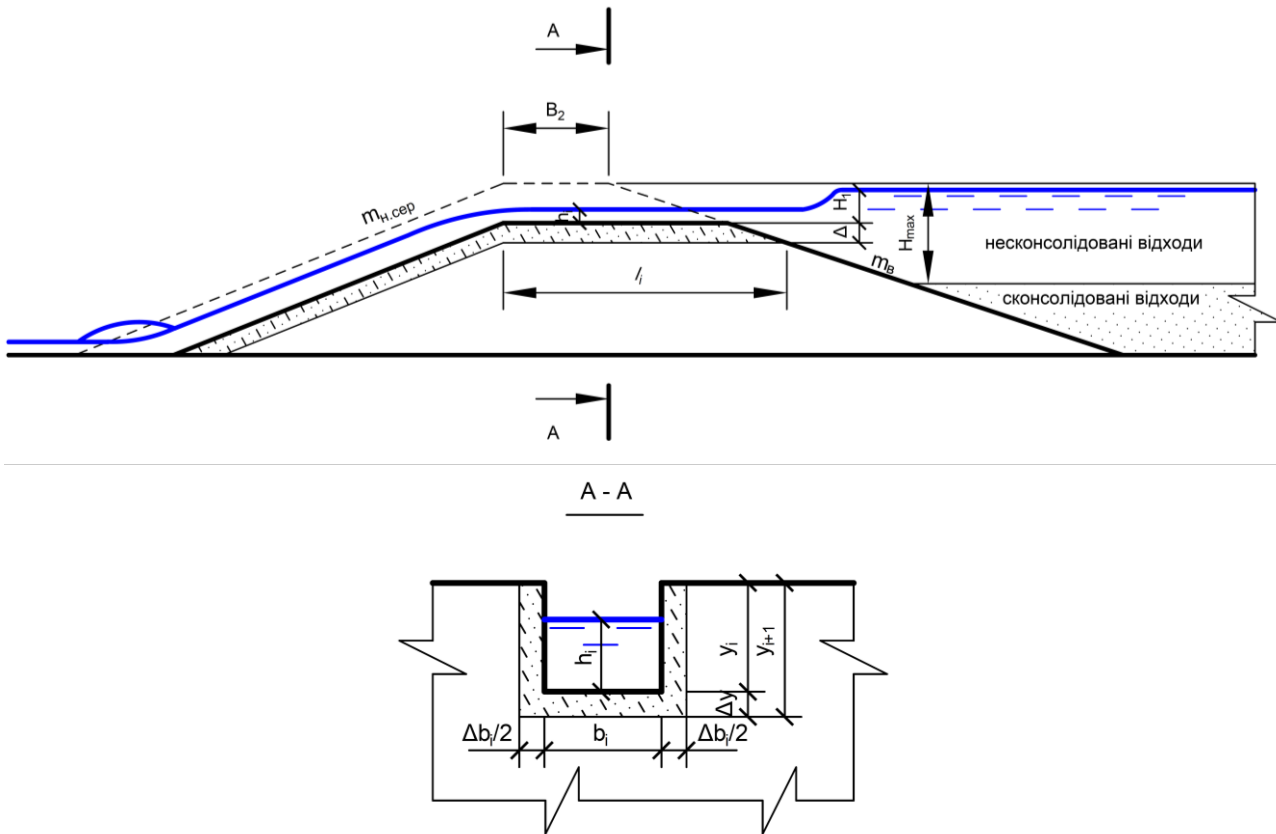


Рисунок 4.1 – Схема розрахунку розмиву прорану

При досягненні $y_i = H_{max}$ приймається, що збільшення прорану здійснюється лише за рахунок його розширення:

$$b_i = b_{i-1} + \Delta b' \text{ , м;} \quad (4.6)$$

де

$$\Delta b' = 2,5\Delta y \frac{y_0}{y_0 + \Delta y} \text{ , м;} \quad (4.7)$$

Глибина потоку в прорані, м,

$$h_i = \frac{2}{3}H_i \text{ , м;} \quad (4.8)$$

де H_i – визначається за формулою (4.30)

Витрата потоку у прорані, м³/с [15]:

$$Q_i = mb_i H_i^{3/2} \sqrt{2g} \text{ , м}^3/\text{с}; \quad (4.9)$$

де m – коефіцієнт водозливу, що приймається рівним 0,31.

Питома витрата потоку в прорані, м²/с:

$$q_i = \frac{Q_i}{b_i} = 1,373 H_i^{3/2} \text{ , м}^2/\text{с}; \quad (4.10)$$

Швидкість потоку в прорані, м/с:

$$u_i = \frac{Q_i}{b_i h_i} = 2,056 H_i^{1/2} \text{ , м/с}; \quad (4.11)$$

Нерозмивна швидкість u_0 , м/с, визначається для заданого значення $d_{сеп}$ і гідравлічних параметрів потоку проводиться за залежностями В.С. Кнорозу [6]:

- для $0,1 \text{ мм} < d \leq 0,25 \text{ мм}$

$$u_{0i} = 0,71 \frac{v_j^{0,3} (g\rho'_j)^{0,35} d^{0,05}}{\sqrt{0,0008 + (0,006 R_i^{-0,25})}} \text{ , м/с}; \quad (4.12)$$

- для $0,25 \text{ мм} < d < 1,5 \text{ мм}$

$$u_{0i} = 1,8 v^{0,136} (g\rho'_j)^{0,432} d^{0,292} \lg \frac{660 R_i v_j^{0,7}}{(g\rho'_j)^{0,35} d^{0,24} k^{1,81}} \text{ , м/с}; \quad (4.13)$$

- для $d \geq 1,5 \text{ мм}$

$$u_{0i} = \sqrt{g\rho'_j d} \cdot \lg \left(11,5 \frac{R_i}{k} \right) \text{ , м/с}; \quad (4.14)$$

де $k = 0,785 d^{0,75}$

g – прискорення сили тяжіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

R_i – гідравлічний радіус потоку для прямокутного перерізу прорану, який визначається за формулою:

$$R_i = \frac{b_i y_i}{b_i + 2y_i} \text{ , м}; \quad (4.15)$$

ρ'_j – відносна щільність рідких відходів j – го шару, яка визначається за формулою:

$$\rho'_j = \frac{\rho_s - \rho_{p,j}}{\rho_{p,j}}, \text{ т/м}^3; \quad (4.16)$$

Для часточок ґрунтів з $d < 0,1$ мм при визначенні значення швидкості, яка не розмиває, необхідно враховувати сили зчеплення між часточками ґрунту. Значення u_0 рекомендується визначати за нормативно-довідковою літературою [3].

Величина гідравлічної крупності W_0 , м/с, для ґрунтів в прорані, які розмиваються, визначається в залежності від діаметру часточок ґрунту за формулами [6]:

- при $d \leq 0,1$ мм

$$W_0 = \frac{gd^2\rho'_j}{18\nu_j}, \text{ м/с}; \quad (4.17)$$

- для $0,1 \text{ мм} < d < 0,6 \text{ мм}$

$$W_0 = d \left(\frac{g\rho'_j}{11,2\sqrt{\nu_j}} \right)^{1/1,5}, \text{ м/с}; \quad (4.18)$$

- для $0,6 \text{ мм} < d < 2,0 \text{ мм}$

$$W_0 = \left(\frac{gd^{1,2}\rho'_j}{4,4\nu_j^{0,2}} \right)^{1/1,8}, \text{ м/с}; \quad (4.19)$$

- для $d \geq 2,0$ мм

$$W_0 = 1,2 \cdot \sqrt{g \cdot d \cdot \rho'} , \text{ м/с}. \quad (4.20)$$

Час розмиву елементарного об'єму прорану, с:

$$\Delta t_i = \frac{2\rho_d \Delta W_i}{\mu_i Q_i}, \text{ с}. \quad (4.21)$$

де μ_i – транспортуюча (розмиваюча) властивість потоку;

ΔW_i – збільшення об'єму розмитого прорану, м³:

$$\Delta W_i = W_i - W_{i-1} = 0,5(b_i y_i l_i - b_{i-1} y_{i-1} l_{i-1}), \text{ м}^3. \quad (4.22)$$

В залежності від гідрравлічних параметрів потоку і діаметру часточок ґрунту, який розмивається, вони можуть переноситись потоком або у зваженому, або у донному стані.

Якщо швидкість потоку $u_i \geq 2,7u_{0i}$ і всі часточки $d \leq 0,15$ мм (переносяться у зваженому стані), то величина μ_i може бути визначена як [7]:

$$\mu_i = \left(\frac{u_{кр.i} - u_{0i}}{3W_0} \right)^4 \left(\frac{d}{R_i} \right)^{1,6}, \text{ м/с;} \quad (4.23)$$

де $u_{кр}$ – критична швидкість потоку, м/с, визначається:

- при $y_i < H_{max}$ м

$$u_{кр.i} = 2,63h_i^{0,5}, \text{ м/с;} \quad (4.24)$$

- при $y_i = H_{max}$ м

$$u_{кр.i} = 3,77h_i^{0,2}, \text{ м/с;} \quad (4.25)$$

Якщо $u_i < 2,7u_{0i}$ і всі часточки $d > 0,15$ мм (рухаються в донному режимі), то величина μ_i визначається за формулою:

$$\mu_i = 0,002 \left(\frac{u_i}{\sqrt{gd}} \right)^3 \left(1 - \frac{u_{0i}}{u_i} \right) \left(\frac{d}{h_i} \right)^{1,25} \quad (4.26)$$

Об'єм рідини, який витікає з прудка за час Δt_i :

$$\Delta V_i = Q_i \Delta t_i = \frac{2\rho d \Delta W_i}{\mu_i}, \text{ м}^3 \quad (4.27)$$

Загальний об'єм, який витікає за час $T = \sum \Delta t_i$:

$$V = \sum \Delta V_i, \text{ м}^3. \quad (4.28)$$


Пониження рівня в прудку:

$$\Delta H_i = \frac{\Delta V_i}{S_B}, \text{ м.} \quad (4.29)$$

Глибина шару, що витікає з прудка:

$$H_i = H_{i-1} + \Delta y - \Delta H_{i-1}, \text{ м;} \quad (4.30)$$

При $i = 1$ приймаємо, що $H_0 = y_0$ та $\Delta H_0 = 0$.



Розрахунок ведеться до того моменту, доки V досягне значення V_{max} . Слід відзначити, за умови проведення детальних розрахунків, які ґрунтуються на польових і лабораторних даних, та без передбачення спрощення розрахункової частини, то тоді момент припинення розрахунку додатково залежить ще від величини транспортуючої здатності μ_i .

Методика більш повно розглянута в РД 03-607-03 та [2].

Всі результати розрахунків зводять в табличну форму.

За результатами розрахунків визначається середнє значення швидкості потоку в прорані $u_{сер}'$, м/с.

4.2 Приклад розрахунку утворення прорану (процесу руйнування дамби)

Для спрощення розрахунків використовуємо усереднені значення закладання низового відкосу $m_{н.сер}$ та його відповідної довжини (див. рис. 2.4). Усереднене значенні закладання низового відкосу $m_{н.сер}$ та його відповідної довжини визначаємо графічно шляхом поєднання гребеня дамби з підошвою низового відкосу (крайні точки) (див. рис. 2.4) [13].

В даному випадку отримуємо: середнє значення закладання низового відкосу $m_{н.сер} = 4,34$, а його відповідна довжина $L_0 = 77,99$ м.

За початкові умови розрахунку розмиву елементарного прорану приймається рівність (4.1):

$$y_0 = b_0 = h_0 = 0,1H_{max} = 0,1 \cdot 17,0 \text{ м} = 1,7 \text{ м},$$

де y_0 – початкова глибина прорану, м;

b_0 – початкова ширина прорану, м;

h_0 – початкова глибина прорану, м.

Задаючи збільшення глибини прорану на кожному розрахунковому кроці постійним і рівним $\Delta y \leq y_0$ (в даному випадку $\Delta y = y_0 = 1,7$ м), визначається збільшення ширини прорану за формулою (4.2):

$$\Delta b = \Delta y \frac{y_0}{y_0 + \Delta y} = 1,7 \text{ м} \frac{1,7 \text{ м}}{1,7 \text{ м} + 1,7 \text{ м}} = 0,85 \text{ м}.$$

Задаючи збільшення розмірів прорану (Δy і Δb), визначаємо зменшення глибини шару ΔH , що витікає з ставка. Розрахунок ведеться методом ітерацій.

Визначення параметрів розмиву прорану та потоку проводиться в розрахунковий i -ий проміжок часу:

- глибина прорану за формулою (4.3):

$$y_1 = y_0 + \Delta y = 1,7 \text{ м} + 1,7 \text{ м} = 3,4 \text{ м},$$

$$y_2 = y_1 + \Delta y = 3,4 \text{ м} + 1,7 \text{ м} = 5,1 \text{ м};$$

- ширина прорану за формулою (4.4):

$$b_1 = b_0 + \Delta b = 1,7 \text{ м} + 0,85 \text{ м} = 2,55 \text{ м},$$

$$b_2 = b_1 + \Delta b = 2,55 \text{ м} + 0,85 \text{ м} = 3,40 \text{ м};$$

- довжина прорану за формулою (4.5):

$$l_1 = (m_B + m_H)y_1 + B_2 = (3 + 4,34) \cdot 3,4 \text{ м} + 8,0 \text{ м} = 32,96 \text{ м},$$

$$l_2 = (m_B + m_H)y_2 + B_2 = (3 + 4,34) \cdot 5,1 \text{ м} + 8,0 \text{ м} = 45,43 \text{ м}.$$

Подальші аналогічні розрахунки зводимо у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати визначення параметрів розмиву прорану в розрахунковий i -ий проміжок часу


Розрахунковий i -ий проміжок часу	Глибина прорану y_i , м	Ширина прорану b_i , м	Довжина прорану l_i , м
1	3,4	2,55	32,96
2	5,1	3,40	45,43
3	6,8	4,25	57,91
4	8,5	5,10	70,39
5	10,2	5,95	82,87
6	11,9	6,80	95,35
7	13,6	7,65	107,82
8	15,3	8,50	120,3
9	17,0	9,35	132,78
10	17,0	11,48	132,78
11	17,0	13,61	132,78

При досягненні $y_9 = H_{max} = 17,0$ м приймається, що збільшення прорану здійснюється лише за рахунок його розширення (4.6) і (4.7) відповідно:

$$b_i = b_{i-1} + \Delta b' \text{ , м};$$

де

$$\Delta b' = 2,5\Delta y \frac{y_0}{y_0 + \Delta y} = 2,5 \cdot 1,7 \text{ м} \frac{1,7 \text{ м}}{1,7 \text{ м} + 1,7 \text{ м}} = 2,13 \text{ м}.$$



В даному випадку отримуємо наступне збільшення прорану здійснюється лише за рахунок його розширення

$$b_{10} = b_9 + \Delta b' = 9,35 \text{ м} + 2,13 \text{ м} = 11,48 \text{ м},$$

$$b_{11} = b_{10} + \Delta b' = 11,48 \text{ м} + 2,13 \text{ м} = 13,61 \text{ м}.$$

Глибина шару, що витікає з прудка визначається за формулою (4.30):

$$H_i = H_{i-1} + \Delta y - \Delta H_{i-1}, \text{ м}.$$

При $i = 1$ приймаємо, що $H_0 = y_0 = 1,7 \text{ м}$ та $\Delta H_0 = 0$.

Глибина шару, що витікає з прудка визначається за формулою (4.30):

$$H_1 = H_0 + \Delta y - \Delta H_0 = 1,7 \text{ м} + 1,7 \text{ м} - 0 \text{ м} = 3,400 \text{ м}.$$

Глибина потоку в прорані визначається за формулою (4.8):

$$h_1 = \frac{2}{3} H_1 = \frac{2}{3} 3,400 \text{ м} = 2,27 \text{ м}$$

Витрата потоку у прорані визначається за формулою (4.9):

$$Q_1 = m b_1 H_1^{3/2} \sqrt{2g} = 0,31 \cdot 2,55 \text{ м} \cdot (3,4 \text{ м})^{3/2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 21,95 \text{ м}^3/\text{с}$$

де m – коефіцієнт водозливу, що приймається рівним 0,31.

Питома витрата потоку в прорані визначається за формулою (4.10):

$$q_1 = \frac{Q_1}{b_1} = 1,373 H_1^{3/2}, \text{ м}^2/\text{с};$$

$$q'_1 = \frac{Q_1}{b_1} = \frac{21,95 \text{ м}^3/\text{с}}{2,55 \text{ м}} = 8,61 \text{ м}^2/\text{с}$$

та

$$q''_1 = 1,373 H_1^{3/2} = 1,373 \cdot (3,4 \text{ м})^{3/2} = 8,61 \text{ м}^2/\text{с}.$$

В якості остаточного значення питомої витрати в прорані приймається середнє, отримане за формулою (4.10), тобто

$$q_1 = \frac{8,61 \frac{\text{м}^2}{\text{с}} + 8,61 \text{ м}^2/\text{с}}{2} = 8,61 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Швидкість потоку в прорані визначається за формулою (4.11):

$$u_1 = \frac{Q_1}{b_1 h_1} = 2,056 H_1^{1/2}, \text{ м/с},$$

$$u_1' = \frac{21,95 \text{ м}^3/\text{с}}{2,55 \text{ м} \cdot 2,27 \text{ м}} = 3,792 \text{ м/с}$$

та

$$u_1'' = 2,056 H_1^{1/2} = 2,056 \cdot (3,4 \text{ м})^{1/2} = 3,791 \text{ м/с}.$$

В якості остаточного значення швидкості потоку в прорані приймається середнє, отримане за формулою (4.11), тобто

$$u_1 = \frac{3,792 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 3,791 \text{ м/с}}{2} = 3,792 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Нерозмивна швидкість u_0 , м/с, визначається для заданого значення ($d_{\text{сер}} = 0,15 \text{ м}$) $\geq 1,5 \text{ мм}$ і гідравлічних параметрів потоку проводиться за залежністю (4.14):

$$u_{0i} = \sqrt{g \rho_j' d} \cdot \lg \left(11,5 \frac{R_i}{k} \right), \text{ м/с};$$

де $k = 0,785 d^{0,75} = 0,785 \cdot (0,15 \text{ м})^{0,75} = 0,19$;

g – прискорення сили тяжіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

R_i – гідравлічний радіус потоку для прямокутного перерізу прорану, який визначається за формулою (4.15):

$$R_1 = \frac{b_1 y_1}{b_1 + 2y_1} = \frac{2,55 \text{ м} \cdot 3,4 \text{ м}}{2,55 \text{ м} + 2 \cdot 3,4 \text{ м}} = 0,93 \text{ м},$$

ρ_j' – відносна щільність рідких відходів j – го шару. Для спрощених розрахунків приймається рівною щільності хвостової пульпи, яка визначалась за формулою (2.1), тобто $\rho_j' = 1,043 \text{ т/м}^3$.

Нерозмивна швидкість u_0 , м/с, визначається за залежністю (4.14):

$$u_{01} = \sqrt{g \rho_j' d} \cdot \lg \left(11,5 \frac{R_1}{k} \right) = \sqrt{9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1,043 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 0,15} \cdot \lg \left(11,5 \frac{0,93 \text{ м}}{0,19} \right) = 2,17 \text{ м/с}.$$

Величина гідравлічної крупності W_0 , м/с, для ґрунтів в прорані, які розмиваються, визначається в залежності від діаметру часточок ґрунту за формулою (4.20):

- для $d \geq 2,0$ мм:

$$W_0 = 1,2 \cdot \sqrt{g \cdot d \cdot \rho'} = 1,2 \cdot \sqrt{9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,15 \text{ м} \cdot 1,043 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}} = 1,49 \text{ м/с.}$$

Час розмиву елементарного об'єму прорану визначається за формулою (4.21):

$$\Delta t_i = \frac{2\rho_d \Delta W_i}{\mu_i Q_i}, \text{ с.}$$

де μ_i – транспортуєча (розмиваюча) властивість потоку;

ΔW_i – збільшення об'єму розмитого прорану, м^3 , визначається за формулою (4.22):

$$\Delta W_i = W_i - W_{1-i} = 0,5(b_i y_i l_i - b_{i-1} y_{i-1} l_{i-1}), \text{ м}^3$$

Збільшення об'єму розмитого прорану ΔW_i , м^3 , визначається за формулою (4.22):

$$\begin{aligned} \Delta W_1 &= W_1 - W_0 = 0,5(b_1 y_1 l_1 - b_0 y_0 l_0) = \\ &= 0,5(2,55 \text{ м} \cdot 3,4 \text{ м} \cdot 32,96 \text{ м} - 1,7 \text{ м} \cdot 1,7 \text{ м} \cdot 1,7 \text{ м}) = 140,43 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Якщо швидкість потоку $u_i \geq 2,7u_{0i}$ і всі часточки $d \leq 0,15$ мм (переносяться у зваженому стані), то величина μ_i може бути визначена за формулою (4.23). Перевіряємо виконання умови:

$$u_1 \geq 2,7u_{01},$$

$$3,792 \text{ м/с} < 2,7 \cdot 2,17 \text{ м/с},$$

$$3,792 < 5,859 \text{ – умова не виконується.}$$

Умова виконується $u_1 < 2,7u_{01}$ і всі часточки $d > 0,15$ мм (рухаються в донному режимі), то величина μ_1 визначається за формулою (4.26):

$$\mu_1 = 0,002 \left(\frac{u_1}{\sqrt{gd}} \right)^3 \left(1 - \frac{u_{01}}{u_1} \right) \left(\frac{d}{h_1} \right)^{1,25} =$$

$$= 0,002 \left(\frac{3,792 \text{ м/с}}{\sqrt{9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,15 \text{ м}}} \right)^3 \left(1 - \frac{2,17 \text{ м/с}}{3,792 \text{ м/с}} \right) \left(\frac{0,15 \text{ м}}{2,27 \text{ м}} \right)^{1,25} = 0,00088.$$

Час розмиву елементарного об'єму прорану визначається за формулою (4.21):

$$\Delta t_1 = \frac{2\rho_d \Delta W_1}{\mu_1 Q_1} = \frac{2 \cdot 1,800 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 140,43 \text{ м}^3}{0,00088 \cdot 21,95 \text{ м}^3/\text{с}} = 26172,50 \text{ с}$$

або

$$\Delta t_1 = 26172,50 \text{ с} / (60 \cdot 60) = 7,27 \text{ годин.}$$

Об'єм рідини, який витікає з прудка за час Δt_1 , визначається за формулою (4.27):

$$\Delta V_1 = Q_1 \Delta t_1 = \frac{2\rho_d \Delta W_1}{\mu_1}, \text{ м}^3$$

$$\Delta V_1' = Q_1 \Delta t_1 = 21,95 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 26172,5 \text{ с} = 574486,36 \text{ м}^3$$

та

$$\Delta V_1'' = \frac{2\rho_d \Delta W_1}{\mu_1} = \frac{2 \cdot 1,800 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 140,43 \text{ м}^3}{0,00088} = 574486,37 \text{ м}^3.$$

В якості остаточного значення об'єму рідини, який витікає з прудка за час Δt_1 , приймається середнє, отримане за формулою (4.27), тобто

$$\Delta V_1 = \frac{574486,36 \text{ м}^3 + 574486,37 \text{ м}^3}{2} = 574486,37 \text{ м}^3.$$

Пониження рівня в прудку визначається за формулою (4.29):

$$\Delta H_1 = \frac{\Delta V_1}{S_{B4}} = \frac{574486,37 \text{ м}^3}{2\,238\,973,54 \text{ м}^2} = 0,2566 \text{ м.}$$

Розрахунок ведеться до того моменту, доки V досягне значення $V_{max} = 41037802,84 \text{ м}^3$ (див. табл. 3.1). Загальний об'єм, який витікає за час $T = \sum \Delta t_1$, визначається за формулою (4.28):

$$V = \sum \Delta V_1 = 574486,37 \text{ м}^3,$$



$574486,37 \text{ м}^3 < 41037802,84 \text{ м}^3$ – умова не виконується.

Повторюємо аналогічні розрахунки для $i = 2$.

Глибина шару, що витікає з прудка визначається за формулою (4.30):

$$H_2 = H_1 + \Delta y - \Delta H_1 = 3,4 \text{ м} + 1,7 \text{ м} - 0,2566 \text{ м} = 4,843 \text{ м}.$$

Глибина потоку в прорані визначається за формулою (4.8):

$$h_1 = \frac{2}{3} H_1 = \frac{2}{3} 4,843 \text{ м} = 3,23 \text{ м}$$

Витрата потоку у прорані визначається за формулою (4.9):

$$Q_2 = m b_2 H_2^{3/2} \sqrt{2g} = 0,31 \cdot 3,40 \text{ м} \cdot (4,843 \text{ м})^{3/2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 49,76 \text{ м}^3/\text{с}$$

де m – коефіцієнт водозливу, що приймається рівним 0,31.

Питома витрата потоку в прорані визначається за формулою (4.10):

$$q_2 = \frac{Q_2}{b_2} = 1,373 H_2^{3/2}, \text{ м}^2/\text{с};$$

$$q_2' = \frac{Q_2}{b_2} = \frac{49,76 \text{ м}^3/\text{с}}{3,40 \text{ м}} = 14,64 \text{ м}^2/\text{с}$$

та

$$q_2'' = 1,373 H_2^{3/2} = 1,373 \cdot (4,843 \text{ м})^{3/2} = 14,63 \text{ м}^2/\text{с}.$$

В якості остаточного значення питомої витрати в прорані приймається середнє, отримане за формулою (4.10), тобто

$$q_2 = \frac{14,64 \frac{\text{м}^2}{\text{с}} + 14,63 \text{ м}^2/\text{с}}{2} = 14,64 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Швидкість потоку в прорані визначається за формулою (4.11):

$$u_2 = \frac{Q_2}{b_2 h_2} = 2,056 H_2^{1/2}, \text{ м/с},$$

$$u_2' = \frac{Q_2}{b_2 h_2} = \frac{49,76 \text{ м}^3/\text{с}}{3,40 \text{ м} \cdot 3,23 \text{ м}} = 4,531 \text{ м/с}$$

та

$$u_2'' = 2,056 H_1^{1/2} = 2,056 \cdot (4,843 \text{ м})^{1/2} = 4,525 \text{ м/с.}$$

В якості остаточного значення швидкості потоку в прорані приймається середнє, отримане за формулою (4.11), тобто

$$u_2 = \frac{4,531 \frac{\text{м}}{\text{с}} + 4,525 \text{ м/с}}{2} = 4,528 \text{ м/с.}$$

Гідравлічний радіус потоку для прямокутного перерізу прорану визначається за формулою (4.15):

$$R_2 = \frac{b_2 y_2}{b_2 + 2y_2} = \frac{3,40 \text{ м} \cdot 5,1 \text{ м}}{3,40 \text{ м} + 2 \cdot 5,1 \text{ м}} = 1,28 \text{ м.}$$

Нерозмивна швидкість u_0 , м/с, визначається за залежністю (4.14):

$$u_{02} = \sqrt{g \rho_j' d} \cdot \lg \left(11,5 \frac{R_2}{k} \right) =$$

$$\sqrt{9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1,043 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 0,15 \text{ м}} \cdot \lg \left(11,5 \frac{1,28 \text{ м}}{0,19} \right) = 2,34 \text{ м/с.}$$

Збільшення об'єму розмитого прорану ΔW_i , м³, визначається за формулою (4.22):

$$\Delta W_2 = W_2 - W_1 = 0,5(b_2 y_2 l_2 - b_1 y_1 l_1) =$$

$$= 0,5 (5,1 \text{ м} \cdot 3,4 \text{ м} \cdot 45,43 \text{ м} - 3,4 \text{ м} \cdot 2,55 \text{ м} \cdot 32,95 \text{ м}) = 251,00 \text{ м}^3$$

Якщо швидкість потоку $u_i \geq 2,7u_{0i}$ і всі часточки $d \leq 0,15$ мм (переносяться у зваженому стані), то величина μ_i може бути визначена за формулою (4.23). Перевіряємо виконання умови:

$$u_2 \geq 2,7u_{02},$$

$$4,528 \text{ м/с} < 2,7 \cdot 2,34 \text{ м/с},$$

4,528 < 6,318 – умова не виконується.

Умова виконується $u_2 < 2,7u_{02}$ і всі часточки $d > 0,15$ мм (рухаються в донному режимі), то величина μ_2 визначається за формулою (4.26):

$$\begin{aligned} \mu_2 &= 0,002 \left(\frac{u_2}{\sqrt{gd}} \right)^3 \left(1 - \frac{u_{02}}{u_2} \right) \left(\frac{d}{h_2} \right)^{1,25} = \\ &= 0,002 \left(\frac{4,528 \text{ м/с}}{\sqrt{9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 0,15 \text{ м}}} \right)^3 \left(1 - \frac{2,34 \text{ м/с}}{4,528 \text{ м/с}} \right) \left(\frac{0,15 \text{ м}}{3,23 \text{ м}} \right)^{1,25} = 0,00108. \end{aligned}$$

Час розмиву елементарного об'єму прорану визначається за формулою (4.21):

$$\Delta t_2 = \frac{2\rho_d \Delta W_2}{\mu_2 Q_2} = \frac{2 \cdot 1,800 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 251,00 \text{ м}^3}{0,00088 \cdot 49,76 \text{ м}^3/\text{с}} = 16814,04 \text{ с}$$

або

$$\Delta t_2 = 16814,04 \text{ с} / (60 \cdot 60) = 4,67 \text{ годин.}$$

Об'єм рідини, який витікає з прудка за час Δt_2 , визначається за формулою (4.27):

$$\Delta V_2' = Q_2 \Delta t_2 = \frac{2\rho_d \Delta W_2}{\mu_2}, \text{ м}^3$$

$$\Delta V_2'' = Q_2 \Delta t_2 = 49,76 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \cdot 16814,04 \text{ с} = 836 \ 666,63 \text{ м}^3$$

та

$$\Delta V_2 = \frac{2\rho_d \Delta W_2}{\mu_2} = \frac{2 \cdot 1,800 \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \cdot 251,00 \text{ м}^3}{0,00108} = 836 \ 666,67 \text{ м}^3.$$

В якості остаточного значення об'єму рідини, який витікає з прудка за час Δt_2 , приймається середнє, отримане за формулою (4.27), тобто

$$\Delta V_2 = \frac{836 \ 666,63 \text{ м}^3 + 836 \ 666,67 \text{ м}^3}{2} = 836 \ 666,65 \text{ м}^3.$$

Пониження рівня в прудку визначається за формулою (4.29):

$$\Delta H_2 = \frac{\Delta V_2}{S_{B4}} = \frac{836 \ 666,65 \text{ м}^3}{2 \ 238 \ 973,54 \text{ м}^2} = 0,3737 \text{ м.}$$

Розрахунок ведеться до того моменту, доки V досягне значення $V_{max} = 41037802,84 \text{ м}^3$ (див. табл. 3.1). Загальний об'єм, який витікає за час $T = \sum \Delta t_2$, визначається за формулою (4.28):

$$V = \sum \Delta V_{1-2} = 574\,486,37 \text{ м}^3 + 836\,666,65 \text{ м}^3 = 1\,411\,153,02 \text{ м}^3,$$

$$1\,411\,153,02 \text{ м}^3 < 41\,037\,802,84 \text{ м}^3 \text{ – умова не виконується.}$$

Всі результати аналогічних розрахунків зведено в табличну форму (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку утворення прорану в тілі дамби

Розрахунковий i -ий проміжок часу	Глибина прорану y_i , м	Ширина прорану b_i , м	Довжина прорану l_i , м	Глибина шару, що витікає з прудка H_i , м	Глибина потоку в прорані h_i , м	Витрата потоку у прорані Q_i , $\text{м}^3/\text{с}$	Питома витрата потоку в прорані $q_i' = \frac{Q_i}{b_i}$, $\text{м}^2/\text{с}$	Питома витрата потоку в прорані $q_i'' = 1,373H_i^{3/2}$, $\text{м}^2/\text{с}$	Прийняте середнє значення питомої витрати в прорані q_i , $\text{м}^2/\text{с}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3.4	2.55	32.96	3.4	2.27	21.95	8.61	8.61	8.61
2	5.1	3.4	45.43	4.843	3.23	49.76	14.64	14.63	14.64
3	6.8	4.25	57.91	6.169	4.11	89.42	21.04	21.04	21.04
4	8.5	5.1	70.39	7.29	4.86	137.84	27.03	27.02	27.03
5	10.2	5.95	82.87	8.163	5.44	190.55	32.03	32.02	32.03
6	11.9	6.8	95.35	8.727	5.82	240.72	35.4	35.4	35.4
7	13.6	7.65	107.82	8.917	5.94	279.71	36.56	36.56	36.56
8	15.3	8.5	120.3	8.648	5.77	296.83	34.92	34.92	34.92
9	17	9.35	132.78	7.75	5.17	277	29.63	29.62	29.63
10	17	11.48	132.78	5.91	3.94	226.48	19.73	19.73	19.73

Продовження табл. 4.2

Розрахунковий i -ий проміжок часу	Швидкість потоку в прорані $u_i' = \frac{Q_2}{b_2 h_2}$, м/с	Швидкість потоку в прорані $u_i'' = 2,056 H_1^{1/2}$, м/с	Прийняте середнє значення швидкості потоку в прорані u_i , м/с	Гідравлічний радіус потоку R_i , м	Нерозмив на швидкість u_{0i} , м/с	Збільшення об'єму розмитого прорану ΔW_i , м ³
1	11	12	13	14	15	16
1	3.792	3.791	3.792	0.93	2.17	140.43
2	4.531	4.525	4.528	1.28	2.34	251
3	5.119	5.107	5.113	1.62	2.47	442.92
4	5.561	5.551	5.556	1.96	2.57	688.9
5	5.887	5.874	5.881	2.3	2.66	988.99
6	6.082	6.074	6.078	2.64	2.73	1343.17
7	6.155	6.139	6.147	2.99	2.8	1750.94
8	6.052	6.046	6.049	3.33	2.85	2213.71
9	5.73	5.724	5.727	3.67	2.91	2730.18
10	5.007	4.998	5.003	4.29	2.99	12956.67
			$u'_{\text{сеп}} = 5,39$			

Продовження табл. 4.2

Розрахунковий i -ий проміжок часу	Добуток $2,7u_{0i}$, м/с	Перевірка умови $u_i \geq 2,7u_{0i}$	Транспортуєча (розмиваюча) властивість потоку μ_i	Час розмиву елементарного об'єму прорану Δt_i , с	Час розмиву елементарного об'єму прорану Δt_i , годин
1	17	18	19	20	21
1	5.859	умова не виконується	0.00088	26172.5	7.27
2	6.318	умова не виконується	0.00108	16814.04	4.67
3	6.669	умова не виконується	0.00123	14497.33	4.03
4	6.939	умова не виконується	0.00134	13426.99	3.73
5	7.182	умова не виконується	0.0014	13346.19	3.71
6	7.371	умова не виконується	0.00143	14047.05	3.90
7	7.56	умова не виконується	0.00143	15759.04	4.38
8	7.695	умова не виконується	0.00137	19597.24	5.44
9	7.857	умова не виконується	0.00124	28614.91	7.95
10	8.073	умова не виконується	0.00095	216791.6	60.22

Продовження табл. 4.2

Розрахунковий i -ий проміжок часу	Об'єм рідини, який витікає з прудка за час Δt_i : $\Delta V_i' = Q_i \Delta t_i$, м ³	Об'єм рідини, який витікає з прудка за час Δt_i : $\Delta V_i'' = \frac{2\rho_d \Delta W_i}{\mu_i}$, м ³	Прийняте середнє значення об'єму рідини ΔV_i , який витікає з прудка за час Δt_i , м ³
1	22	23	24
1	574486.4	574486.36	574486.37
2	836666.6	836666.67	836666.65
3	1296351	1296351.22	1296351.23
4	1850776	1850776.12	1850776.21
5	2543117	2543117.14	2543116.82
6	3381406	3381406.99	3381406.43
7	4407961	4407960.84	4407960.96
8	5817049	5817048.18	5817048.46
9	7926330	7926329.03	7926329.55
10	49098959	49098960	49098959.7

Продовження табл. 4.2

Розрахунковий i -ий проміжок часу	Загальний об'єм $\sum \Delta V_i$, який витікає за час $\sum \Delta t_i$, м ³	Перевірка умови: $V \geq V_{max}$	Пониження рівня в прудку ΔH_i , м
1	25	26	27
1	574486.37	умова не виконується	0.2566
2	1411153.02	умова не виконується	0.3737
3	2707504.25	умова не виконується	0.579
4	4558280.46	умова не виконується	0.8266
5	7101397.28	умова не виконується	1.1358
6	10482803.71	умова не виконується	1.5102
7	14890764.67	умова не виконується	1.9687
8	20707813.13	умова не виконується	2.5981
9	28634142.68	умова не виконується	3.5402
10	77733102.33	умова виконана	21.9292

За результатами розрахунків визначається середнє значення швидкості потоку в прорані $u_{сер}' = (3.792 \text{ м/с} + 4.528 \text{ м/с} + 5.113 \text{ м/с} + 5.556 \text{ м/с} + 5.881 \text{ м/с} + 6.078 \text{ м/с} + 6.147 \text{ м/с} + 6.049 \text{ м/с} + 5.727 \text{ м/с} + 5.003 \text{ м/с}) / 10 = 5,39 \text{ м/с}$.

5 РОЗРАХУНОК РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВІДХОДІВ, ЯКІ СКЛАДОВАНО В ХВОСТОСХОВИЩІ, У ВИПАДКУ РУЙНУВАННЯ ОГОРОДЖУВАЛЬНОЇ ДАМБИ. РОЗРАХУНОК ЗОНИ ЗАТОПЛЕННЯ ПРИ РОЗТІКАННІ ПОТОКУ ВИЛИВУ

Розглянемо випадки розтікання по плоскій поверхні місцевості та витік у річку [2].

5.1 Розтікання рідких відходів по плоскій місцевості

Для плоского рельєфу місцевості з похилом $i < 0,01$, де відбувається розтікання, параметри розтікання визначаються за емпіричними залежностями [2]:

$$u_L = u_{2п.с.} \left[1 - 0,185 \left(\frac{L\sqrt{Fr_2}}{h_{2п.с.}} \right)^{0,181} \right], \text{ м/с}, \quad (5.1)$$

$$h_L = h_{2п.с.} \left[1 - 0,185 \left(\frac{L\sqrt{Fr_2}}{h_{2п.с.}} \right)^{0,181} \right], \text{ м}, \quad (5.2)$$

$$b_L = b_{max} \left[1 + 0,358 \left(\frac{L\sqrt{Fr_2}}{h_{2п.с.}} \right)^{0,438} \right], \text{ м} \quad (5.3)$$

де u_L , h_L , b_L , $u_{2п.с.}$, $h_{2п.с.}$, b_{max} – значення відповідності швидкості, глибини і ширини потоку, який розтікається, на відстані L , м від початку розтікання і в початковому створі;

Fr_2 – число Фруда в початковому створі.

При похилі місцевості від 0,01 до 0,40 отримана за залежністю (5.1) швидкість U_l помножується на коефіцієнт $e^{2,487i}$.

Розрахунок параметрів потоку розтікання по трасі при максимальній витраті Q_{max} і найбільшій ширині прорану B_{max} .

Число Фруда Fr_2 в початковому створі визначаємо за графіком рис. 5.1.

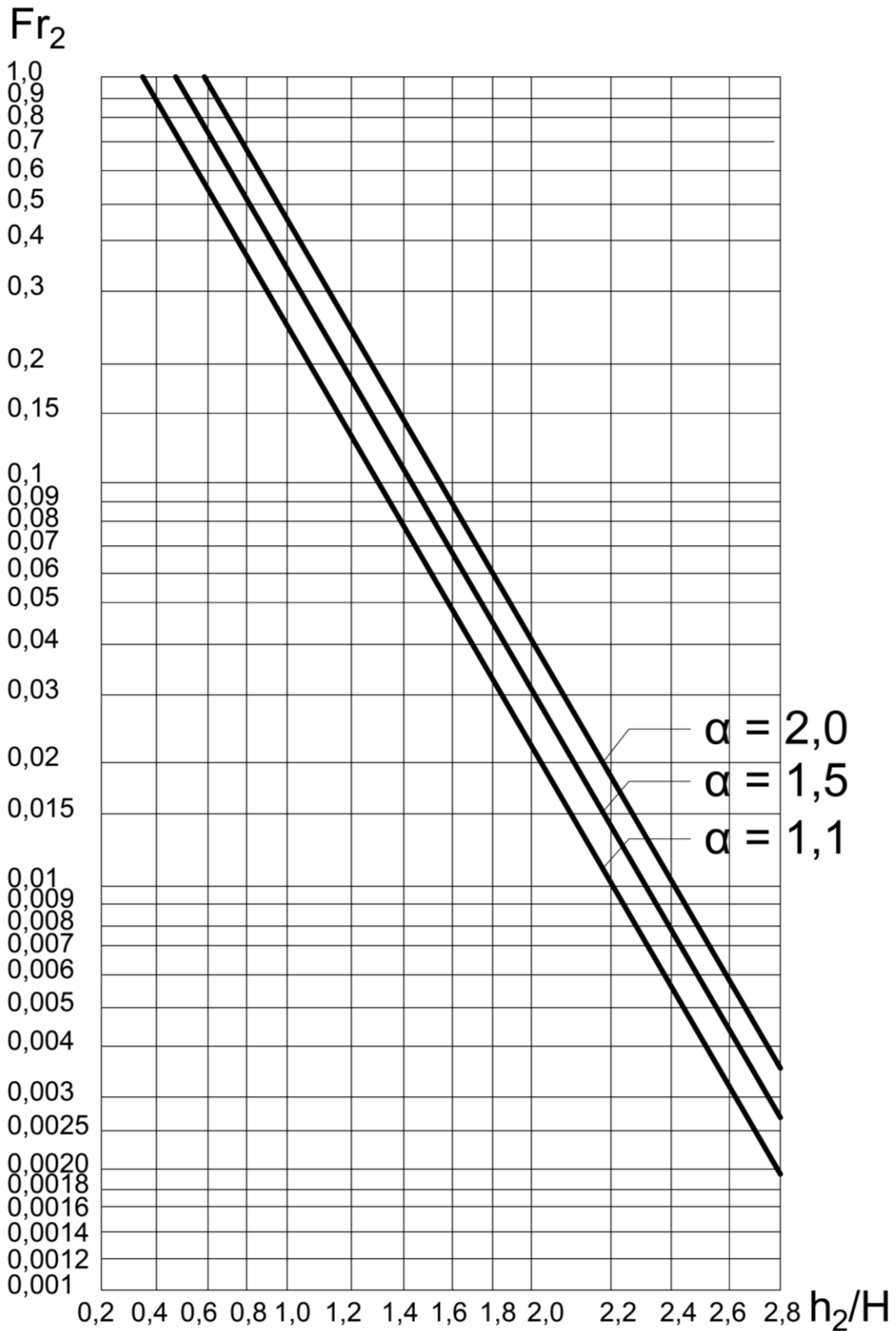


Рисунок 5.1 – Графік для визначення числа Фруда Fr_2 на виході потоку з прорану [2]

Результати розрахунків зводяться в таблицю.

За результатами розрахунків визначається середнє значення швидкості потоку, який розтікається, $u_{\text{сеп}}''$, м/с.

5.2 Приклад розрахунку розтікання рідких відходів по плоскій місцевості

Для спрощення розрахунків приймається наступне допущення:

- не виконується визначення параметрів потоку в перерізі у підшови відкосу дамби, а тому під час визначення параметрів потоку по трасі розтікання використовуються в якості швидкості і глибини в початковому створі $u_{2\text{п.с.}} = u_8 = 6,046$ м/с та $h_{2\text{п.с.}} = h_8 = 5,77$ м відповідно.

Розрахунок параметрів потоку розтікання виконується при максимальній витраті потоку $Q_{\text{max}} = 296,83$ м³/с, відповідних ширині прорану $b_8 = 8,5$ м, глибині потоку в прорані $h_8 = 5,77$ м, швидкості потоку в прорані $u_8 = 6,046$ м/с, глибині прорану $y_8 = 15,3$ м. Максимальна ширина прорану $b_{\text{max}} = 11,48$ м (див. табл. 4.2).

$\frac{h_8}{H_8} = 0,67$. Число Фруда в початковому створі за графіком (див. рис. 5.1) становить $Fr_2 = 0,62$ при спряженій $\alpha = 1,5$ зі стисненим перерізом глибини потоку на виході з прорану.

Потік розтікається на відстань $L = 1000$ м від початкового створу до річки, яка має площу водозбору 15 тис. км².

Для плоского рельєфу місцевості з похилом $i < 0,01$, де відбувається розтікання на відстань $L = 500$ м, параметри розтікання визначаються за емпіричними залежностями (5.1) – (5.3):

$$u_{L=500} = u_{2\text{п.с.}} \left[1 - 0,185 \left(\frac{L\sqrt{Fr_2}}{h_{2\text{п.с.}}} \right)^{0,181} \right] =$$

$$= 6,046 \text{ м/с} \cdot \left[1 - 0,185 \left(\frac{500 \text{ м} \cdot \sqrt{0,62}}{5,77 \text{ м}} \right)^{0,181} \right] = 3,64 \text{ м/с},$$

$$h_{L=500} = h_{2\text{п.с.}} \left[1 - 0,185 \left(\frac{L\sqrt{Fr_2}}{h_{2\text{п.с.}}} \right)^{0,181} \right] =$$

$$= 5,77 \text{ м} \cdot \left[1 - 0,185 \left(\frac{500 \text{ м} \cdot \sqrt{0,62}}{5,77 \text{ м}} \right)^{0,181} \right] = 3,48 \text{ м},$$

$$b_{L=500} = b_{\text{max}} \left[1 + 0,358 \left(\frac{L\sqrt{Fr_2}}{h_{2\text{п.с.}}} \right)^{0,438} \right] =$$

$$= 11,48 \text{ м} \cdot \left[1 + 0,358 \left(\frac{500 \text{ м} \cdot \sqrt{0,62}}{5,77 \text{ м}} \right)^{0,438} \right] = 37,61 \text{ м}$$



де $u_L, h_L, b_L, u_{2п.с.}, h_{2п.с.}, b_{max}$ – значення відповідності швидкості, глибини і ширини потоку, який розтікається, на відстані L , м від початку розтікання і в початковому створі;

Fr_2 – число Фруда в початковому створі.

Подальші аналогічні розрахунки за залежностями (5.1) – (5.3) зводяться в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати визначення параметрів розтікання рідких відходів по плоскій місцевості

Відсатнь, на яку відбувається розтікання L , м	Швидкість потоку, який розтікається u_L , м/с	Глибина потоку, який розтікається, h_L , м	Ширина потоку, який розтікається, b_L , м
500	3.64	3.48	37.61
750	3.46	3.30	42.69
950	3.35	3.20	46.09
1000	3.32	3.17	46.88
	$u_{сер}'' = 3,44$		

За результатами розрахунків визначається середнє значення швидкості потоку, який розтікається, $u_{сер}'' = (3,64 \text{ м/с} + 3,46 \text{ м/с} + 3,35 \text{ м/с} + 3,32 \text{ м/с}) / 4 = 3,44 \text{ м/с}$.

5.3 Розрахунок параметрів забруднення ґрунтового покриву

За вихідними даними потік рідких відходів розтікається на відстань L , м від початкового створу до річки, яка має площу водозбору $F_в$, тис. км².

Необхідно визначити відповідність річки за класифікацією, наведеною у статті 79 «Класифікація річок України» глави 16 «Користування річками» Водного Кодексу України, в якій зазначається наступне.


Залежно від водозбірної площі басейну річки поділяються на великі, середні та малі.

До великих належать річки, які розташовані у кількох географічних зонах і мають площу водозбору понад 50 тис. км².

До середніх належать річки, які мають площу водозбору від 2 до 50 тис. км².

До малих належать річки з площею водозбору до 2 тис. км².

Переліки великих і середніх річок із зазначенням інформації щодо площі їх водозбору складаються центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері розвитку водного господарства, і розміщуються на його офіційному веб-сайті.



Після визначається розмір прибережної захисної смуги з урахуванням статті 60 «Прибережні захисні смуги» Земельного Кодексу України, де зазначається наступне.

Вздовж річок, морів і навколо озер, водосховищ та інших водойм з метою охорони поверхневих водних об'єктів від забруднення і засмічення та збереження їх водності встановлюються прибережні захисні смуги.

Прибережні захисні смуги встановлюються по берегах річок та навколо водойм уздовж урізу води (у меженний період) шириною:

а) для малих річок, струмків і потічків, а також ставків площею менш як 3 га – 25 м;

б) для середніх річок, водосховищ на них, водойм, а також ставків площею понад 3 га – 50 м;

в) для великих річок, водосховищ на них та озер – 100 м.

При крутизні схилів більше трьох градусів мінімальна ширина прибережної захисної смуги подвоюється.

Після визначення відповідного розміру прибережної захисної смуги за умови знаходження потенційно небезпечного об'єкту поза межами території населеного пункту, визначається площа розповсюдження потоку рідких відходів з урахуванням цільового призначення земельних ділянок.

Класифікація видів цільового призначення земель затверджена наказом Державного комітету України із земельних ресурсів 23.07.2010 № 548.

Для наближених розрахунків використовується формула:

$$F_{\text{грунт}} = 0,5 (b_L + b_{L-1}) \cdot L' , \text{ м}^2 \quad (5.4)$$

де L' – відстані між розрахунковими перерізами потоку, шириною b_L та b_{L-1} , м.

Для першого розрахункового перерізу потоку приймається $b_{L-1} = b_{\text{max}}$.

Для зручності розрахунки зводять в таблицю.

Об'єм рідини, яка профільтрувалась з поверхні ґрунту, V_{ϕ} , м³, визначається за формулою:

$$V_{\phi} = K_{\phi} \cdot J \cdot F_{\phi} \cdot T_{\phi} , \text{ м}^3 \quad (5.5)$$

де K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації ґрунтового шару, м/добу, який визначається на підставі інженерних вишукувань;

J – градієнт інфільтраційного потоку;

F_{ϕ} – площа фільтрації, м²; в даному випадку дорівнює площі затоплення при максимальних значеннях параметрів хвилі від хвостосховища до водної перепони (річки, озера, водовідвідний канал);



T_{ϕ} – час фільтрації рідини, діб, який визначається:

$$T_{\phi} = k' \cdot t \frac{u_{\text{сер}'}}{u_{\text{сер}''}}, \text{ діб} \quad (5.6)$$

де k' – коефіцієнт, що характеризує час, за який витрата потоку в прорані більше $0,7Q_{\text{max}}$, та визначається за залежністю $Q = f(t)$, яка отримується розрахунково; для розрахунків рекомендується приймати $k' = 0,3$);

t – час утворення прорану, діб;

F_{ϕ} – площа фільтрації, м²; в даному випадку дорівнює площі затоплення при максимальних значеннях параметрів хвилі від хвостосховища до водної перепони (річки, озера, водовідвідний канал);

T_{ϕ} – час фільтрації рідини, діб, який визначається:

$u_{\text{сер}'}$, $u_{\text{сер}''}$ – середні розрахункові значення швидкості потоку в прорані і по трасі розтікання.

Значення V_{ϕ} не повинно перевищувати загальний об'єм V , який витікає зі сховища рідини.

5.4 Приклад розрахунку параметрів забруднення ґрунтового покриву

За вихідними даними потік рідких відходів розтікається на відстань $L = 1000$ м від початкового створу до річки, яка має площу водозбору $F_{\text{в}} = 15$ тис. км².

За класифікацією, наведеною у статті 79 «Класифікація річок України» глави 16 «Користування річками» Водного Кодексу України, дана річка відноситься до середніх, які мають площу водозбору від 2 до 50 тис. км², оскільки виконується умова:

$$2 \text{ тис. км}^2 < 15 \text{ тис. км}^2 < 50 \text{ тис. км}^2.$$

Розмір прибережної захисної смуги з урахуванням статті 60 «Прибережні захисні смуги» Земельного Кодексу України, для середньої річки становить 50 м.

Хвостосховище знаходиться поза межами населеного пункту.

Площа розповсюдження потоку рідких відходів з урахуванням функціонального призначення земельних ділянок визначається за формулою (5.4):

- на відстані 500 м від подошви дамби:

$$F_{\text{ґрунт. 500м}} = 0,5 (b_L + b_{L-1}) \cdot L' = 0,5 (37,61 + 11,48) \cdot 500 = 12\,272,50 \text{ м}^2$$

де L' – відстані між розрахунковими перерізами потоку, шириною $b_L = 37,61$ м (див. табл. 5.1) та $b_{L-1} = 11,48$ м, м.

Для першого розрахункового перерізу потоку приймається $b_{L-1} = b_{max} = 11,48$ м.

Для зручності розрахунки зводять в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Результати розрахунку площі забруднення ґрунтового покриву

Цільове призначення земель	Розділ за класифікацією видів цільового призначення земель	Відстань розповсюдження потоку від підшови дамби L , м	Відстань між розрахунковими перерізами потоку L' , м	Ширина потоку, який розтікається, b_L , м	Площа розповсюдження потоку $F_{\text{ґрунт}}$, м ²
Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення	Секція J	0		11,48	
		500	$500 \text{ м} - 0 = 500 \text{ м}$	37,61	12 272,50
		750	$750 \text{ м} - 500 \text{ м} = 250 \text{ м}$	42,69	10 037,50
		950	$950 \text{ м} - 750 \text{ м} = 200 \text{ м}$	46,09	8 878,00
Всього (секція J)					$F_{\text{ф.секція J}} = 31 188,00$
Землі водного фонду	Секція I	1000	$1000 \text{ м} - 950 \text{ м} = 50 \text{ м}$	46,88	2 324,25
Всього (секція I)					$F_{\text{ф.секція I}} = 2 324,25$
Разом					$F_{\text{ф}} = 33 512,25$

За наближеними розрахунками загальна площа забруднення земель становить $F_{\text{ґрунт}} = 33 512,25$ м², з них землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення $F_{\text{ґрунт секція J}} = 31 188,00$ м² та землі водного фонду $F_{\text{ґрунт секція I}} = 2 324,25$ м².

Час фільтрації рідини визначається за формулою (5.6):

$$T_{\text{ф}} = k' \cdot t \frac{u_{\text{сер}'}}{u_{\text{сер}''}} = 0,3 \cdot \left(\frac{216791,6 \text{ с}}{60 \cdot 60 \cdot 24} \right) \frac{5,39 \text{ м/с}}{3,44 \text{ м/с}} = 1,18 \text{ діб}$$

де k' – коефіцієнт, що характеризує час, за який витрата потоку в прорані більше $0,7Q_{max}$, та визначається за залежністю $Q = f(t)$, яка отримується розрахунково; для розрахунків рекомендується приймати $k' = 0,3$;

t – час утворення прорану, діб;

$u_{\text{сер}'}$, $u_{\text{сер}''}$ – середні розрахункові значення швидкості потоку в прорані і по трасі розтікання (див. табл. 4.2, п. 4.3 та табл. 5.1, п. 5.2 відповідно).

Об'єм рідини, яка профільтрувалась з поверхні ґрунту, V_{ϕ} , м³, визначається за формулою (5.5):

$$V_{\phi} = K_{\phi} \cdot J \cdot F_{\phi} \cdot T_{\phi}$$

де $K_{\phi} = 2,5$ м/добу – коефіцієнт фільтрації ґрунтового шару, м/добу, який визначається на підставі інженерних вишукувань;

J – градієнт інфільтраційного потоку:

$$J = \frac{h_{2п.с.} - h_L}{L} = \frac{5,77 \text{ м} - 3,17 \text{ м}}{1000 \text{ м}} = 0,00260$$

F_{ϕ} – площа фільтрації, м²; в даному випадку дорівнює площі затоплення при максимальних значеннях параметрів хвилі від хвостосховища до водної перепони (річки, озера, водовідвідний канал);

T_{ϕ} – час фільтрації рідини, діб, який визначається за формулою (5.6):

Під час визначення градієнту інфільтраційного потоку враховується глибина в початковому створі $h_{2п.с.} = h_8 = 5,77$ м.

Об'єм рідини, яка профільтрувалась з поверхні ґрунту, V_{ϕ} , м³, за формулою (5.5):

- забруднення земель промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення

$$V_{\phi.секція J} = K_{\phi} \cdot J \cdot F_{\phi.секція J} \cdot T_{\phi} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{добу}} \cdot 0,00260 \cdot 31188,00 \text{ м}^2 \cdot 1,18 \text{ діб} = 758,30 \text{ м}^3$$

- забруднення земель водного фонду

$$V_{\phi.секція I} = K_{\phi} \cdot J \cdot F_{\phi.секція I} \cdot T_{\phi} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{добу}} \cdot 0,00260 \cdot 2324,25 \text{ м}^2 \cdot 1,18 \text{ діб} = 56,51 \text{ м}^3$$

- забруднення ґрунтового покриву

$$V_{\phi} = V_{\phi.секція J} + V_{\phi.секція I} = 758,30 \text{ м}^3 + 56,51 \text{ м}^3 = 814,81 \text{ м}^3$$

Значення $V_{\phi} = 814,81$ м³ не перевищує загальний об'єм $V = 41\,037\,802,840$ м³, який відповідає наповненню хвостосховища 17,0 м.



6 РОЗРАХУНКУ РОЗМІРУ ШКОДИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕМЕЛЬ ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

За умови виникнення гідродинамічної аварії на накопичувачах виробничих відходів буде завданий вплив на всі компоненти навколишнього середовища, в т.ч. й соціальний ризик.

Для спрощення розрахункової частини розглядаються лише питання:

- обчислення розмірів шкоди, обумовленої забрудненням земельних ресурсів за Методикою визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства, затвердженою Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища 27.10.1997 № 171 (у редакції наказу Мінприроди 04.04.2007 № 149) [8];

- визначення розмірів відшкодування збитків, зумовлених забрудненням водних ресурсів за Методикою розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів, затвердженою Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 20.07.2009 № 389 [9].

Розрахунок виконується станом на дату першого дня початку навчального семестру, на якому передбачається виконання міждисциплінарної курсової роботи.


6.1 Визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням земельних ресурсів

6.1.1 Порядок визначення забруднення (засмічення) земель

Землі вважаються забрудненими, якщо в їх складі виявлені негативні кількісні або якісні зміни, що сталися в результаті господарської діяльності чи впливу інших чинників. При цьому зміни можуть бути зумовлені не тільки появою в зоні аерації нових шкочинних речовин, яких раніше не було, а і збільшенням вмісту речовин, що перевищує їх гранично допустиму концентрацію, які характерні для складу незабрудненого ґрунту або у порівнянні з даними агрохімічного паспорта (для земель сільськогосподарського призначення).

Землі вважаються засміченими, якщо на відкритому ґрунті наявні сторонні предмети і матеріали, сміття без відповідних дозволів, що призвело або може призвести до забруднення навколишнього природного середовища.

Факти забруднення (засмічення) земель встановлюються уповноваженими особами, які здійснюють державний контроль за додержанням вимог природоохоронного законодавства шляхом



оформлення актів перевірок, протоколів про адміністративне правопорушення та інших матеріалів, що підтверджують факт забруднення та засмічення земель.

Визначення обсягу забруднення земельних ресурсів у кожному випадку є самостійним завданням через різноманітність геоморфологічних, геологічних та гідрологічних умов. За наявності інформації про кількість (об'єм, маса) забруднюючої речовини, яка проникла у певний шар землі, визначаються площа, глибина просочування.

Якщо за зовнішніми ознаками забруднення земельної ділянки неможливо встановити площу забруднення чи глибину просочування, тоді визначення обсягу забруднення земельних ресурсів здійснюється із застосуванням інструментально-лабораторного контролю, а у разі необхідності із залученням спеціалізованих організацій (див. [підпункт 3.4](#) і [підпункт 3.6](#) Методики [8]).

При виявленні засмічення визначаються на місці обсяги засмічення відходами та інші показники, які необхідні для визначення розмірів шкоди.

Об'єм відходів (м³), що спричинили засмічення, встановлюють за об'ємними характеристиками цього засмічення через добуток площі засмічення земельної ділянки та товщини шару цих відходів. Товщину шару відходів ділянки визначають вимірюванням.

Відшкодування шкоди за забруднення земель не звільняє порушника від необхідності здійснення заходів для локалізації осередка забруднення та ліквідації його наслідків у найкоротший строк.

6.1.2 Визначення розмірів шкоди внаслідок забруднення земель

Розміри шкоди обчислюються уповноваженими особами, що здійснюють державний контроль за додержанням вимог природоохоронного законодавства, на основі актів перевірок, протоколів про адміністративне правопорушення та інших матеріалів, що підтверджують факт забруднення земель, протягом шести місяців з дня виявлення порушення.

Основою розрахунків розміру шкоди від забруднення земель є нормативна грошова оцінка земельної ділянки, яка зазнала забруднення.

Розмірною одиницею для розрахунку величини шкоди приймається товща землі в 0,2 м (об'єм ґрунтової маси 2000 м³ на один гектар земної поверхні).

Витрати для здійснення заходів щодо зниження чи ліквідації забруднення земель збільшуються залежно від глибини просочування забруднюючої речовини у співвідношенні як 10:3 (тобто при збільшенні глибини в 10 разів відносно товщі землі 0,2 м витрати для ліквідації забруднення збільшуються в 3 рази).

Забруднюючі речовини, що спричинили забруднення земельної ділянки, поділені на 4 групи небезпечності, основою для визначення яких є величини гранично допустимих концентрацій (ГДК) та орієнтовно допустимих концентрацій (ОДК) хімічних речовин в ґрунті (табл. 6.1 у відповідності до [додатку 1](#)) [8].

Таблиця 6.1 – Коефіцієнти небезпечності забруднюючих речовин (K_H) у відповідності до Додатку 1 до Методики [8]

Група небезпечності	Ступінь небезпеки	Перелік забруднюючих речовин (показників вимірювань), що відповідають групі небезпечності*	K_H	
I	Надзвичайно небезпечні (ГДК/ОДК < 0,2 мг/кг)	Бенз-а-пірен Кадмій** Миш'як Нафта Нафтопродукти*** Ртуть	Селен Свинець Стирол Фенол Фтор Цинк	4,0
II	Дуже небезпечні (ГДК/ОДК 0,2-0,5 мг/кг)	Бензол Бор Кобальт Ксилоли Мідь Молібден	Нікель Сірководень Сурма Толуол Хром	3,0
III	Помірно небезпечні (ГДК/ОДК > 0,5 мг/кг)	Аніонні поверхневоактивні речовини (АПАР) Ацетальдегід Барій Ванадій Вольфрам Марганець Нітрати	Стронцій Сульфати Формальдегід	2,5
IV	Інші (рівні ГДК/ОДК не встановлені)	Амоній Хлориди		1,5

Примітка. * Перелік забруднюючих речовин (показників вимірювань), що відповідають групі небезпечності, не є вичерпним. Якщо забруднююча речовина відсутня у переліку, групу її небезпечності визначають за величиною ГДК або ОДК.

** Більшість назв забруднюючих речовин (показників вимірювань) подані за назвами хімічних елементів.

*** Терміни нафта і нафтопродукти подані згідно з ДСТУ 3437-96 "Нафтопродукти. Терміни та визначення".

Гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті затверджені Наказом Міністерства охорони здоров'я України 14 липня 2020 року № 1595 та містять більш розширений перелік речовин та відповідні величини гранично допустимої концентрації (ГДК), мг/кг з урахуванням фону (кларка).

Розмір шкоди від забруднення земель визначається за формулою (6.1):

$$P_{ш} = A \cdot G_{оз} \cdot P_{д} \cdot K_{з} \cdot K_{н} \cdot K_{ег}, \quad (6.1)$$

- де $P_{ш}$ - розмір шкоди від забруднення земель, грн;
 A - питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки, значення якого дорівнює 0,5;
 $G_{оз}$ - нормативна грошова оцінка земельної ділянки, що зазнала забруднення (засмічення), грн/м²;
 $P_{д}$ - площа забрудненої земельної ділянки, м²;
 $K_{з}$ - коефіцієнт забруднення земельної ділянки, що характеризує кількість забруднюючої речовини в об'ємі забрудненої землі залежно від глибини просочування;
 $K_{н}$ - коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини, значення якого визначається за табл. 6.1 або за [додатком 1](#) [8];
 $K_{ег}$ - коефіцієнт еколого-господарського значення земель визначається за табл. 6.2 або за [додатком 2](#) [8].

Таблиця 6.2 – Шкала еколого-господарського значення земель у відповідності до Додатку 2 до Методики [8]

Категорії земель та землі, що підлягають особливій охороні	$K_{ег}$
Зона санітарної охорони навколо об'єктів, де є підземні та відкриті джерела водопостачання, водозабірні та водоочисні споруди, водоводи, прибережні захисні смуги вздовж морів, річок та навколо водойм	5,5
Землі оздоровчого призначення	5,0
Землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення*	4,5
Охоронна зона навколо особливо цінних природних об'єктів, об'єктів культурної спадщини, гідрометеорологічних станцій тощо	4,0
Землі рекреаційного призначення	4,0
Землі історико-культурного призначення	4,0
Особливо цінні землі**	3,5
Землі сільськогосподарського призначення	1,0
Землі житлової та громадської забудови	1,0
Землі лісового фонду	1,0
Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення	1,0

Примітка. * У тому числі земельні ділянки водно-болотних угідь, що не віднесені до земель лісового і водного фонду.

** Відповідно до [переліку особливо цінних груп ґрунтів](#), затвердженого наказом Держкомзему України від 06.10.2003 № 245, зареєстрованого в Мін'юсті України 28.10.2003 за № 979/8300.



Витяг з технічної документації з нормативної грошової оцінки земельної ділянки, що зазнала забруднення, видає територіальний орган Держгеокадастру за місцем розташування земельної ділянки через центри надання адміністративних послуг.

Щодо земельних ділянок, грошова оцінка яких не проведена, застосовується нормативна грошова оцінка одиниці площі ріллі по Автономній Республіці Крим або по області. Отримана таким чином грошова оцінка використовується в формулі (6.1) замість нормативної грошової оцінки земельної ділянки.

Коефіцієнт забруднення землі (K_3) визначається в залежності від наявності відомостей про об'єм забруднюючої речовини за формулами (6.2) або (6.4).

При наявності інформації про об'єм забруднюючої речовини, що проникла у землю, значення K_3 визначається за формулою (6.2):

$$K_3 = \frac{O_{ЗР}}{T_{ЗШ} \cdot P_d \cdot I_{П}} \quad (6.2)$$

- де $O_{ЗР}$ - об'єм забруднюючої речовини, м³;
 $T_{ЗШ}$ - товща земельного шару, що є розмірною одиницею для розрахунку витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування і дорівнює 0,2 м;
 P_d - площа забрудненої земельної ділянки, м²;
 $I_{П}$ - індекс поправки до витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування забруднюючої речовини (табл. 6.3 або [додаток 3](#)) [8].

Таблиця 6.3 – Індекс поправки на глибину просочування забруднюючої речовини ($I_{П}$) у відповідності до Додатку 3 до Методики [8]

Глибина просочування, м	$I_{П}$
0-0,2	0,100
0-0,4	0,082
0-0,6	0,070
0-0,8	0,060
0-1,0	0,054
0-1,2	0,049
0-1,4	0,044
0-1,6	0,040
0-1,8	0,037
0-2,0	0,033

При наявності інформації лише про масу забруднюючої речовини, що проникла у землю, об'єм забруднюючої речовини ($O_{ЗР}$) розраховується за формулою (6.3):



$$O_{ЗР} = \frac{B_{ЗР}}{\Psi_{ЗР}} \quad (6.3)$$

де $B_{ЗР}$ - маса забруднюючої речовини, т;
 $\Psi_{ЗР}$ - відносна густина забруднюючої речовини, т/куб.м, значення якої визначається за табл. 6.4 або за [додатком 4](#) [8].

Таблиця 6.4 – Відносна густина деяких забруднюючих речовин при температурі + 20 °С ($\Psi_{ЗР}$) [8]

Речовина*	Густина, т/куб.м	Речовина*	Густина, т/куб.м
Адипінова кислота	1,36	м-Ксиленол	1,022
Азелаїнова кислота	1,03	м-Ксилол	0,864
Азид свинцю	4,71	Молібден	10,20
Азобензол	1,20	Мурашина кислота	1,22
Акрилова кислота	1,06	Нафта	0,73-1,04
Акрілонітріл	0,81	Нафта парафінована	0,75-0,80
Аліловий спирт	0,85	Нікель	8,90
Алюміній	2,70	Ніобій	8,60
Анілін	1,02	Нітрат алюмінію	3,5-3,9
Анісовий спирт	1,11	Нітрат заліза	1,684
Арсенід міді	8,00	Нітрат міді	2,04
Ацетон	0,79	Нітрид заліза	6,57
Барій	3,50	Оксид алюмінію	3,01
Бензальдіацитат	1,11	Оксид ртуті	11,14
Бензамід	1,341	о-Ксилол	0,881
Бензидин	1,25	Олово	7,30
Бензил	1,23	Оцтова кислота	1,05
Бензил хлористий	1,103	Паладій	11,9
Бензил ціанистий	1,015	Паливо дизельне	0,83
Бензиламін	0,982	п-Ксилол	0,861
Бензилацетон	0,989	Платина	21,45
Бензиловий спирт	1,045	Пропилова кислота	0,99
Бензин	0,73	Пропиловий спирт	0,80
Бензоїн	1,31	Ртуть	14,193
Бензол	0,88	Рубідій	1,53
Бензол хлористий	1,219	Рутеній	12,22
Берилій	1,85	Саліцилова кислота	1,44
Бор	2,30	Свинець	11,30
Борид міді	8,116	Селен	4,80
Бром	3,10	Сечовина (карбамід)	1,33
Бутиловий спирт	0,81	Сірка аморфна	1,92
Валеріанова кислота	0,94	Сірка моноклінічна	1,96
Ванадій	5,96	Сірка ромбічна	2,07

Речовина*	Густина, т/куб.м	Речовина*	Густина, т/куб.м
Ванілін	1,06	Скандій	2,50
Вісмут	9,80	Срібло	10,5
Вольфрам	19,3	Стирол	0,906
Вуглець	2,30	Стронцій	2,60
Гафній	13,3	Сурма	6,60
Гептан	0,68	Талій	11,85
Германій	5,35	Тантал	16,6
Гліцерин	1,26	Телур	6,24
Етиловий спирт	0,79	Титан	4,50
Залізо	7,90	Толуол	0,87
Ізобутил: йодистий	1,60	Уран	18,7
бромистий	1,27	Фенол	1,07
хлористий	0,88	Фенолфталеїн	1,30
Йод (тв.)	4,93	Формальдегід	0,815
Йодид миш'яку	4,39	Формаїд	1,139
Кадмій	8,65	Фосген	1,392
Керосин	0,77-0,85	Фосфор (білий)	1,85
Кобальт	8,70	Фторид миш'яку	2,66
котельне	0,90-0,93	Фторид урану	8,95
Кремній	2,40	Фторид хлору	3,89
Магній	1,70	Хлорид миш'яку	2,163
Малеїнова кислота	1,59	Хром	7,19
Марганець	7,40	Цезій	1,90
Масла	0,86-0,89	Цинк	7,10
Метаборат міді	3,859	Цирконій	6,40
Миш'як	5,727	Щавлева кислота	1,90
Мідь	8,90		

Примітка. * Перелік наведених забруднюючих речовин не є вичерпним. Якщо речовина відсутня у табл. 6.4 або додатку 4 [8], значення відносної густини визначають за довідниками.

Якщо вміст (масова частка) забруднюючої речовини (або показник вимірювань) встановлювався за результатами інструментально-лабораторного контролю, K_z визначається за формулою (6.4):

$$K_z = K_p \cdot K_{gl}, \quad (6.4)$$

де K_p - коефіцієнт рівня забруднення, значення якого визначається за табл. 6.5 або за [додатком 11](#) [8];

K_{gl} - поправний коефіцієнт на глибину просочування забруднюючої речовини, значення якого визначається за табл. 6.6 або за [додатком 12](#) [8].

Таблиця 6.5 – Коефіцієнти рівня забруднення K_p у відповідності до Додатку 11 до Методики [8]

Рівень забруднення ґрунту	$C_{зр}/C_k^*$	$C_{зр}/C_{гдк(одк)}^{**}$	K_p
слабкий	від 1 до 10,0 вкл.	від 1 до 3,0 вкл.	1,0
середній	понад 10,0 до 15,0 вкл.	понад 3,0-5,0 вкл.	2,0
сильний	понад 15,0 до 30,0 вкл.	понад 5,0-10,0 вкл.	3,0
особливо сильний	понад 30,0	понад 10,0	4,0

Примітка. * Якщо контрольний вміст речовини у ґрунті C_k виражений не числовим значенням («відсутність», «сліди» та таке інше) або складає «0», K_p приймається рівнем 1,0.

** Якщо гранично допустима (орієнтовно допустима) концентрація речовини у ґрунті $C_{гдк(одк)}$ виражена не числовим значенням («відсутність» і таке інше) або складає «0», K_p приймається рівнем 1,0.

Таблиця 6.6 – Поправні коефіцієнти на глибину просочування забруднюючої речовини $K_{гп}$ відповідності до Додатку 12 до Методики [8]

За відбирання об'єднаної проби на всю глибину просочування		За пошарового відбирання проб	
Шар ґрунту, см	Поправний коефіцієнт на глибину просочування, $K_{гп}$	Шар ґрунту, см	Поправний коефіцієнт на глибину просочування, $K_{гп}$
0-20	1,0	0-20	1,0
0-40	1,7	21-40	0,7
0-60	2,2	41-60	0,5
0-80	2,5	61-80	0,3
>81	2,7	>81	0,2

Коефіцієнт рівня забруднення K_p приймається відповідно до рівня забруднення ґрунту згідно з табл. 6.5 або [додатком 11](#) [8]. Рівень забруднення ґрунту встановлюється за величиною відношення вмісту (масової частки) забруднюючої речовини у ґрунті $C_{зр}$ до гранично допустимої (орієнтовно допустимої) концентрації речовини у ґрунті $C_{гдк(одк)}$.

За відсутності гранично допустимої (орієнтовно допустимої) концентрації речовини у ґрунті рівень забруднення ґрунту встановлюють за величиною відношення вмісту (масової частки) забруднюючої речовини у ґрунті $C_{зр}$ до контрольного вмісту цієї речовини у ґрунті C_k .

При встановленні рівня забруднення ґрунту значення похибок вимірювань не враховується.

Поправний коефіцієнт на глибину просочування забруднюючої речовини $K_{гп}$ визначається за глибиною просочування згідно з табл. 6.6 або [додатком 12](#) [8].



Для визначення поправного коефіцієнту на глибину просочування забруднюючої речовини, у разі відбору проб ґрунтів пошарово на різних глибинах, застосовується сума поправних коефіцієнтів на глибину просочування за пошарового відбирання проб, в яких зафіксоване перевищення гранично допустимих (орієнтовно допустимих) концентрацій або контрольного вмісту речовин.

Коефіцієнт рівня забруднення K_p при цьому обирається максимальний з усіх розрахованих окремо для кожної глибини відбору коефіцієнтів рівня забруднення.

Результат обчислень K_3 за формулами (6.2) або (6.4) заокруглюють і записують до одного знака після коми.

При розрахованому значенні $K_3 < 1$ його значення приймається рівним 1,0.

Якщо за наявною інформацією розрахувати коефіцієнт забруднення землі K_3 неможливо, він приймається рівним 1,0.

Значення коефіцієнта небезпечності забруднюючої речовини (K_H) приймається відповідно до груп небезпечності згідно з табл. 6.1 або [додатком 1](#) [8].

Якщо в результаті аварійних та інших ситуацій в ґрунт потрапили речовини (K_H) (сировина) у чистому вигляді (кислоти, луги та ін.), коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини приймається рівним 4,0.

Якщо за результатами інструментально-лабораторного дослідження виявлено зміни величини інтегрального показника мінералізації/засоленості (через вимірювання сухого (щільного) залишку витяжки ґрунту, електропровідності витяжки ґрунту) у порівнянні зі складом незабрудненого ґрунту, які сталися внаслідок неорганізованих скидів речовин, сполук і матеріалів, а також в аварійних та інших ситуаціях, коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини (K_H) приймається рівним 2,5.

Значення коефіцієнта еколого-господарського значення земель (K_{EF}) приймається відповідно до категорії земель, що зазнали забруднення, або їх статусу як таких, що підлягають особливій охороні, згідно з [додатком 2](#) [8].

Якщо за шкалою еколого-господарського значення земель ([додаток 2](#) [8]) забруднена земельна ділянка може бути класифікована за декількома категоріями земель чи статусом охорони, для розрахунків обирається коефіцієнт еколого-господарського значення земель (K_{EF}) з максимальним значенням серед відповідних коефіцієнтів.

Довідку про віднесення земельної ділянки, що зазнала забруднення, до категорій за цільовим призначенням надають територіальні органи Держгеокадастру.

Довідку про віднесення земельної ділянки, що зазнала забруднення, до особливо цінних земель надають територіальні органи Держгеокадастру.

Загальний розмір відшкодування при одночасному забрудненні земельної ділянки декількома забруднюючими речовинами (але одним суб'єктом господарювання чи фізичною особою) визначається за формулою (6.5):

$$P_{ш.заг} = P_{ш.макс} + 0,5 \cdot (P_{ш_1} + P_{ш_2} + \dots + P_{ш_n}) \quad (6.5)$$

- де $P_{ш.заг}$ - загальний розмір шкоди від забруднення земельної ділянки декількома забруднюючими речовинами, грн;
- $P_{ш.макс}$ - максимальний з усіх розрахованих окремо для кожної забруднюючої речовини розмірів шкоди від забруднення земельної ділянки, грн;
- $P_{ш_1}, P_{ш_2}, \dots, P_{ш_n}$ - розраховані розміри шкоди від забруднення земельної ділянки іншими забруднюючими речовинами, грн.

Форма розрахунку наведена в табл. 6.7 або в [додатку 6](#) [8], приклади розрахунків – в [додатках 7](#) та [8](#), а також нижче у п. 6.2.

Таблиця 6.7 – Форма розрахунку розміру шкоди від забруднення земель у відповідності до Додатку 6 до Методики [8]

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2	3	4	5
1	Площа забрудненої ділянки, кв. м	P_d	За актом про забруднення земель та за матеріалами спеціальних вишукувань	
2	Глибина просочування забруднюючої речовини, м	P_p		
3	Забруднююча речовина	-		
4	Маса забруднюючої речовини, т	$P_{зр}$		
5	в тому числі залишилось на поверхні	-		

№ з/п	Показники		Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2		3	4	5
6		проникло в землю	-		
7	Відносна густина забруднюючої речовини, т/куб. м		<i>Щзр</i>	Табл. 6.4 або Додаток 4 [8]	
8	Об'єм забруднюючої речовини, куб. м		<i>Озр</i>	За актом про забруднення земель або формула (6.3)	
9	в тому числі	залишилось на поверхні	-		
10		проникло в землю	-		
11	Вміст (масова частка) забруднюючої речовини за результатами інструментально-лабораторного контролю, мг/кг		<i>Сзр</i>	За протоколом вимірювань	
12	Гранично допустима (орієнтовно допустима) концентрація речовини, мг/кг		<i>Сгдк(одк)</i>		
13	Контрольний вміст речовини, мг/кг		<i>Ск</i>	За протоколом вимірювань або даними моніторингу або даними агрохімічної паспортизації земель	
14	Коефіцієнт рівня забруднення		<i>Кр</i>	Табл. 6.5 або Додаток 11 [8]	
15	Поправний коефіцієнт на глибину просочування забруднюючої речовини		<i>Кгп</i>	Табл. 6.6 або Додаток 12 [8]	
16	Розмірна одиниця для розрахунку коефіцієнта забрудненості землі, м		<i>Тзш</i>	Постійна величина	0,2
17	Індекс поправки до витрат		<i>Іп</i>	Табл. 6.3 або Додаток 3 [8]	
18	Питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення		<i>А</i>	Постійна величина	0,5
19	Нормативна грошова оцінка земельної ділянки		<i>Гоз</i>	За витягом з технічної	

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2	3	4	5
	(проіндексована), грн/кв. м		документації з нормативної грошової оцінки земельної ділянки	
20	Коефіцієнт забруднення земельної ділянки	<i>Kз</i>	Формула (6.2) або формула (6.4)	
21	Коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини	<i>Kн</i>	Табл. 6.1 або Додаток 1 [8]	
22	Коефіцієнт еколого-господарського значення земель	<i>Кег</i>	Табл. 6.2 або Додаток 2 [8]	
23	Розмір шкоди, грн	<i>Pш</i>	Формула (6.1)	

6.2 Приклад визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням земельних ресурсів

Хімічний склад хвостів приведено в табл. 6.8.

Таблиця 6.8 – Хімічний склад хвостів [12]

Компонент	Одиниці вимірювання	Вміст
Cu	%	0,0055
Fe	%	0,92
Mn	%	0,037
Na	%	0,0048
Sзаг	%	менше 0,1
Sсульфат	%	менше 0,1
Mg	%	0,062
As	%	менше 0,03
Sb	%	0,043
Zn	%	менше 0,01
Ni	%	0,015
Co	%	0,001
Cзаг	%	0,2
Cкарбон	%	0,11
Cd	%	менше 0,001
SiO ₂	%	91,4
TiO ₂	%	0,16
Cl	%	менше 0,006

Слід виконувати оцінку впливу з урахуванням всіх складових хвостів (див. табл. 6.8). Для спрощення розрахунків в міждисциплінарній курсовій

роботі допускається обрати пріоритетні забруднювачі з урахуванням їх класу небезпеки, але не менше трьох компонентів.

Визначається кількість забруднюючих речовин у об'ємі відходів, які забруднюють земельні ділянки різного цільового призначення та водні ресурси (див. табл. 5.2 і табл. 6.8):

$$B_{ЗР} = V_{\phi} \cdot C_{ЗРi} \quad (6.6)$$

де V_{ϕ} – об'єм рідини, яка профільтрувалась з поверхні ґрунту, м^3 , який визначається за формулою (5.5);

$C_{ЗРi}$ – концентрація забруднюючої речовини у складі відходів, частки одиниці (див. табл. 6.8);

$\rho_{п}$ – щільність хвостової пульпи, $\text{т}/\text{м}^3$, яка визначається за формулою (2.1).

Кількість забруднюючих речовин у об'ємі відходів, які забруднюють земельні ділянки різного цільового призначення та водні ресурси визначається за формулою (6.6):

- забруднення земель промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення відходами, які містять сполуки міді

$$\begin{aligned} B_{ЗР.Си.секція J} &= V_{\phi.секція J} \cdot C_{ЗР.Си} \cdot \rho_{п} = \\ &= 758,30 \text{ м}^3 \cdot 0,000055 \cdot 1,043 \text{ т}/\text{м}^3 = 0,04 \text{ т} \end{aligned}$$

- забруднення земель водного фонду відходами, які містять сполуки міді

$$\begin{aligned} B_{ЗР.Си.секція I} &= V_{\phi.секція I} \cdot C_{ЗР.Си} \cdot \rho_{п} = \\ &= 56,51 \text{ м}^3 \cdot 0,000055 \cdot 1,043 \text{ т}/\text{м}^3 = 0,0032 \text{ т} \end{aligned}$$

- забруднення водних ресурсів відходами, які містять сполуки міді

$$B_{ЗР.Си.в.р.} = V_{\phi.в.р.} \cdot C_{ЗР.Си} \cdot \rho_{п} ,$$

де $V_{\phi.в.р.}$ – об'єм відходів, який забруднює водні ресурси, м^3 ; визначається як різниця між максимальним об'ємом V , м^3 , накопиченим в хвостосховищі, та об'ємом рідких відходів V_{ϕ} , м^3 , які забруднюють земельні ресурси:

$$V_{\text{ф.в.р.}} = V - V_{\text{ф}} \quad (6.7)$$

Значення $V_{\text{ф}} = 814,81 \text{ м}^3$, а загальний об'єм $V = 41\,037\,802,840 \text{ м}^3$, який відповідає наповненню хвостосховища 17,0 м.

Об'єм відходів, який забруднює водні ресурси, визначається за формулою (6.7):

$$V_{\text{ф.в.р.}} = V - V_{\text{ф}} = 41\,037\,802,840 \text{ м}^3 - 814,81 \text{ м}^3 = 41\,036\,988,030 \text{ м}^3.$$

Кількість забруднюючої речовини (мідь) у об'ємі відходів, які забруднюють водні ресурси визначається за формулою (6.6):

$$\begin{aligned} B_{\text{ЗР.Сu.в.р.}} &= V_{\text{ф.в.р.}} \cdot C_{\text{ЗР.Сu}} \cdot \rho_{\text{п}} = \\ &= 41\,036\,988,030 \text{ м}^3 \cdot 0,000055 \cdot 1,043 \text{ т/м}^3 = 2354,09 \text{ т} \end{aligned}$$

В даному випадку поверхневій воді річки господарсько-побутового використання та питного водокористування.

Розрахунки зводяться в табл. 6.9.

Таблиця 6.9 – Результати визначення кількості забруднюючих речовин у загальних об'ємах відходів, які забруднюють земельні та водні ресурси

Найменування забруднюючої речовини	Концентрація, $C_{\text{ЗРi}}$, %	Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення		Землі водного фонду		Водні ресурси	
		загальний об'єм відходів, м^3	кількість забруднюючих речовин $B_{\text{ЗР}}$, т	загальний об'єм відходів, м^3	кількість забруднюючих речовин $B_{\text{ЗР}}$, т	загальний об'єм відходів, м^3	кількість забруднюючих речовин $B_{\text{ЗР}}$, т
Cu	0,000055	758,3	0,04	56,51	0,0032	41 036 988,03	2354,09
Fe	0,0092	758,3	7,28	56,51	0,54	41 036 988,03	393774,52
Zn	0,0001	758,3	0,08	56,51	0,01	41 036 988,03	4280,16

Визначається розмір шкоди від забруднення земель за Методикою визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства, затвердженою Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища 27.10.1997 № 171 (у редакції наказу Мінприроди 04.04.2007 № 149) [8].

При наявності інформації лише про масу забруднюючої речовини, що проникла у землю, об'єм забруднюючої речовини ($O_{ЗР}$) розраховується за формулою (6.3):

- землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення забрудненні відходами, які містять сполуки міді

$$O_{ЗР.Cu} = \frac{B_{ЗР.Cu}}{\Psi_{ЗР.Cu}} = \frac{0,04 \text{ т}}{8,9 \text{ т/м}^3} = 0,00449 \text{ м}^3$$

де $B_{ЗР}$ - маса забруднюючої речовини, т (див. табл. 6.9);

$\Psi_{ЗР.Cu}$ - відносна густина забруднюючої речовини, т/м³; значення відносної густини міді $\Psi_{ЗР.Cu} = 8,9 \text{ т/м}^3$ відповідно до табл. 6.4.

Інформації про об'єм забруднюючої речовини, що проникла у землю, наведена у табл.6.9, значення K_3 визначається за формулою (6.2):

- землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення забрудненні відходами, які містять сполуки міді

$$K_{3.Cu} = \frac{O_{ЗР.Cu}}{T_{ЗШ} \cdot P_d \cdot I_{\Pi}} = \frac{0,00449 \text{ м}^3}{0,2 \text{ м} \cdot 31188 \text{ м}^2 \cdot 0,1} = 7,198 \cdot 10^{-6},$$

$$7,198 \cdot 10^{-6} < 1, \text{ тому приймається } K_{3.Cu} = 1$$

де $O_{ЗР}$ - об'єм забруднюючої речовини, м³;

$T_{ЗШ}$ - товща земельного шару, що є розмірною одиницею для розрахунку витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування і дорівнює 0,2 м;

P_d - площа забрудненої земельної ділянки, м²;

I_{Π} - індекс поправки до витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування забруднюючої речовини. В даному випадку відомостей про глибину просочування забруднюючої речовини не відомі, тому приймається $I_{\Pi} = 0,1$, що відповідає глибині просочування 0,2 м (табл. 6.3).

Значення коефіцієнта небезпечності забруднюючої речовини (K_H) приймається відповідно до груп небезпечності згідно з табл. 6.1. Коефіцієнт небезпечності міді $K_H = 3$ відповідно до табл. 6.1.

Коефіцієнт еколого-господарського значення земель ($K_{ЕГ}$) приймається відповідно до категорії земель, що зазнали забруднення, або їх статусу як таких, що підлягають особливій охороні, згідно з табл. 6.2.

Для земель промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення коефіцієнт еколого-господарського значення земель $K_{ЕГ.Секція J} = 1$ відповідно до табл. 6.2.

Розмір шкоди від забруднення земель визначається за формулою (6.1):

$$P_{ш.1} = A \cdot \Gamma_{оз} \cdot П_{д} \cdot K_3 \cdot K_H \cdot K_{EG} =$$

$$= 0,5 \cdot 1,83 \text{ грн/м}^2 \cdot 31\,188 \text{ м}^2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 1 = 42\,805,53 \text{ грн}$$

- де $P_{ш}$ - розмір шкоди від забруднення земель, грн;
 A - питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки, значення якого дорівнює 0,5;
 $\Gamma_{оз}$ - нормативна грошова оцінка земельної ділянки, що зазнала забруднення (засмічення), грн/м²;
 $П_{д}$ - площа забрудненої земельної ділянки, м²;
 K_3 - коефіцієнт забруднення земельної ділянки, що характеризує кількість забруднюючої речовини в об'ємі забрудненої землі залежно від глибини просочування;
 K_H - коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини, значення якого визначається за табл. 6.1;
 K_{EG} - коефіцієнт еколого-господарського значення земель визначається за табл. 6.2.

Виконані розрахунки з визначення розміру шкоди від забруднення міддю земель промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення зводяться у табл. 6.10 у відповідності до форми розрахунку розміру шкоди від забруднення земель (див. табл. 6.7). Подальші аналогічні розрахунки з визначення розміру шкоди від забруднення забруднюючими речовинами земель різного цільового призначення виконуються в табл. 6.11-6.15.

Таблиця 6.10 – Форма розрахунку розміру шкоди від забруднення міддю земель промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення у відповідності до Додатку 6 до Методики [8]

№ з/п	Показники		Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2		3	4	5
1	Площа забрудненої ділянки, кв. м		$П_{д}$	За актом про забруднення земель та за матеріалами спеціальних вишукувань	31 188
2	Глибина просочування забруднюючої речовини, м		$\Gamma_{п}$		-
3	Забруднююча речовина		-		Мідь (Cu)
4	Маса забруднюючої речовини, т		$В_{зр}$		0,04
5	в тому числі	залишилось на поверхні	-		-
6		проникло в землю	-		-

№ з/п	Показники		Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2		3	4	5
7	Відносна густина забруднюючої речовини, т/куб. м		<i>Щзр</i>	Табл. 6.4 або Додаток 4 [8]	-
8	Об'єм забруднюючої речовини, куб. м		<i>Озр</i>	За актом про забруднення земель або формула (6.3)	0,00449
9	в тому числі	залишилось на поверхні	-		-
10		проникло в землю	-		-
11	Вміст (масова частка) забруднюючої речовини за результатами інструментально-лабораторного контролю, мг/кг		<i>Сзр</i>	За протоколом вимірювань	-
12	Гранично допустима (орієнтовно допустима) концентрація речовини, мг/кг		<i>Сгдк(одк)</i>		-
13	Контрольний вміст речовини, мг/кг		<i>Ск</i>	За протоколом вимірювань або даними моніторингу або даними агрохімічної паспортизації земель	-
14	Коефіцієнт рівня забруднення		<i>Кр</i>	Табл. 6.5 або Додаток 11 [8]	-
15	Поправний коефіцієнт на глибину просочування забруднюючої речовини		<i>Кгп</i>	Табл. 6.6 або Додаток 12 [8]	-
16	Розмірна одиниця для розрахунку коефіцієнта забрудненості землі, м		<i>Тзш</i>	Постійна величина	0,2
17	Індекс поправки до витрат		<i>Іп</i>	Табл. 6.3 або Додаток 3 [8]	0,1
18	Питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення		<i>А</i>	Постійна величина	0,5
19	Нормативна грошова оцінка земельної ділянки (проіндексована), грн/кв. м		<i>Гоз</i>	За витягом з технічної документації з нормативної грошової оцінки земельної ділянки	1,83
20	Коефіцієнт забруднення земельної ділянки		<i>Кз</i>	Формула (6.2) або формула (6.4)	1
21	Коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини		<i>Кн</i>	Табл. 6.1 або Додаток 1 [8]	3
22	Коефіцієнт еколого-господарського значення земель		<i>Кег</i>	Табл. 6.2 або Додаток 2 [8]	1
23	Розмір шкоди, грн		<i>Рш</i>	Формула (6.1)	42 805,53

Таблиця 6.11 – Форма розрахунку розміру шкоди від забруднення міддю земель водного фонду у відповідності до Додатку 6 до Методики [8]

№ з/п	Показники		Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2		3	4	5
1	Площа забрудненої ділянки, кв. м		<i>Пд</i>	За актом про забруднення земель та за матеріалами спеціальних вишукувань	2 324,25
2	Глибина просочування забруднюючої речовини, м		<i>Гп</i>		-
3	Забруднююча речовина		-		Мідь (Cu)
4	Маса забруднюючої речовини, т		<i>Взр</i>		0,0032
5	в тому числі	залишилось на поверхні	-		-
6		проникло в землю	-		-
7	Відносна густина забруднюючої речовини, т/куб. м		<i>Щзр</i>	Табл. 6.4 або Додаток 4 [8]	-
8	Об'єм забруднюючої речовини, куб. м		<i>Озр</i>	За актом про забруднення земель або формула (6.3)	0,00036
9	в тому числі	залишилось на поверхні	-		-
10		проникло в землю	-		-
11	Вміст (масова частка) забруднюючої речовини за результатами інструментально-лабораторного контролю, мг/кг		<i>Сзр</i>	За протоколом вимірювань	-
12	Гранично допустима (орієнтовно допустима) концентрація речовини, мг/кг		<i>Сгдк(одк)</i>		-
13	Контрольний вміст речовини, мг/кг		<i>Ск</i>	За протоколом вимірювань або даними моніторингу або даними агрохімічної паспортизації земель	-
14	Коефіцієнт рівня забруднення		<i>Кр</i>	Табл. 6.5 або Додаток 11 [8]	-
15	Поправний коефіцієнт на глибину просочування забруднюючої речовини		<i>Кгп</i>	Табл. 6.6 або Додаток 12 [8]	-
16	Розмірна одиниця для розрахунку коефіцієнта забрудненості землі, м		<i>Тзш</i>	Постійна величина	0,2
17	Індекс поправки до витрат		<i>Іп</i>	Табл. 6.3 або Додаток 3 [8]	0,1
18	Питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення		<i>А</i>	Постійна величина	0,5

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2	3	4	5
19	Нормативна грошова оцінка земельної ділянки (проіндексована), грн/кв. м	<i>Гоз</i>	За витягом з технічної документації з нормативної грошової оцінки земельної ділянки	1,23
20	Коефіцієнт забруднення земельної ділянки	<i>Кз</i>	Формула (6.2) або формула (6.4)	1
21	Коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини	<i>Кн</i>	Табл. 6.1 або Додаток 1 [8]	3
22	Коефіцієнт еколого-господарського значення земель	<i>Кез</i>	Табл. 6.2 або Додаток 2 [8]	5,5
23	Розмір шкоди, грн	<i>Рш</i>	Формула (6.1)	11 792,66

Таблиця 6.12 – Форма розрахунку розміру шкоди від забруднення залізом земель промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення у відповідності до Додатку 6 до Методики [8]

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2	3	4	5
1	Площа забрудненої ділянки, кв. м	<i>Пд</i>	За актом про забруднення земель та за матеріалами спеціальних вишукувань	31 188
2	Глибина просочування забруднюючої речовини, м	<i>Гп</i>		-
3	Забруднююча речовина	-		Залізо (Fe)
4	Маса забруднюючої речовини, т	<i>Взр</i>		7,28
5	в тому числі	залишилось на поверхні	-	-
6		проникло в землю	-	-
7	Відносна густина забруднюючої речовини, т/куб. м	<i>Щзр</i>	Табл. 6.4 або Додаток 4 [8]	-
8	Об'єм забруднюючої речовини, куб. м	<i>Озр</i>	За актом про забруднення земель або формула (6.3)	0,92152
9	в тому числі	залишилось на поверхні	-	-
10		проникло в землю	-	-
11	Вміст (масова частка) забруднюючої речовини за результатами інструментально-лабораторного контролю, мг/кг	<i>Сзр</i>	За протоколом вимірювань	-

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2	3	4	5
12	Гранично допустима (орієнтовно допустима) концентрація речовини, мг/кг	<i>Сгдк(одк)</i>		-
13	Контрольний вміст речовини, мг/кг	<i>Ск</i>	За протоколом вимірювань або даними моніторингу або даними агрохімічної паспортизації земель	-
14	Коефіцієнт рівня забруднення	<i>Кр</i>	Табл. 6.5 або Додаток 11 [8]	-
15	Поправний коефіцієнт на глибину просочування забруднюючої речовини	<i>Кел</i>	Табл. 6.6 або Додаток 12 [8]	-
16	Розмірна одиниця для розрахунку коефіцієнта забрудненості землі, м	<i>Тзш</i>	Постійна величина	0,2
17	Індекс поправки до витрат	<i>Іп</i>	Табл. 6.3 або Додаток 3 [8]	0,1
18	Питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення	<i>А</i>	Постійна величина	0,5
19	Нормативна грошова оцінка земельної ділянки (проіндексована), грн/кв. м	<i>Гоз</i>	За витягом з технічної документації з нормативної грошової оцінки земельної ділянки	1,83
20	Коефіцієнт забруднення земельної ділянки	<i>Кз</i>	Формула (6.2) або формула (6.4)	1
21	Коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини	<i>Кн</i>	Табл. 6.1 або Додаток 1 [8]	2,5
22	Коефіцієнт еколого-господарського значення земель	<i>Кег</i>	Табл. 6.2 або Додаток 2 [8]	1
23	Розмір шкоди, грн	<i>Рш</i>	Формула (6.1)	35 671,28

Таблиця 6.13 – Форма розрахунку розміру шкоди від забруднення залізом земель водного фонду у відповідності до Додатку 6 до Методики [8]

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2	3	4	5
1	Площа забрудненої ділянки, кв. м	<i>Пд</i>	За актом про забруднення земель та за матеріалами спеціальних вишукувань	2 324,25
2	Глибина просочування забруднюючої речовини, м	<i>Гп</i>		-
3	Забруднююча речовина	-		Залізо (Fe)

№ з/п	Показники		Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2		3	4	5
4	Маса забруднюючої речовини, т		<i>Взр</i>		0,54
5	в тому числі	залишилось на поверхні	-		-
6		проникло в землю	-		-
7	Відносна густина забруднюючої речовини, т/куб. м		<i>Щзр</i>	Табл. 6.4 або Додаток 4 [8]	-
8	Об'єм забруднюючої речовини, куб. м		<i>Озр</i>	За актом про забруднення земель або формула (6.3)	0,06835
9	в тому числі	залишилось на поверхні	-		-
10		проникло в землю	-		-
11	Вміст (масова частка) забруднюючої речовини за результатами інструментально-лабораторного контролю, мг/кг		<i>Сзр</i>	За протоколом вимірювань	-
12	Гранично допустима (орієнтовно допустима) концентрація речовини, мг/кг		<i>Сзdk(одк)</i>		-
13	Контрольний вміст речовини, мг/кг		<i>Ск</i>	За протоколом вимірювань або даними моніторингу або даними агрохімічної паспортизації земель	-
14	Коефіцієнт рівня забруднення		<i>Кр</i>	Табл. 6.5 або Додаток 11 [8]	-
15	Поправний коефіцієнт на глибину просочування забруднюючої речовини		<i>Кел</i>	Табл. 6.6 або Додаток 12 [8]	-
16	Розмірна одиниця для розрахунку коефіцієнта забрудненості землі, м		<i>Тзш</i>	Постійна величина	0,2
17	Індекс поправки до витрат		<i>Іп</i>	Табл. 6.3 або Додаток 3 [8]	0,1
18	Питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення		<i>А</i>	Постійна величина	0,5
19	Нормативна грошова оцінка земельної ділянки (проіндексована), грн/кв. м		<i>Гоз</i>	За витягом з технічної документації з нормативної грошової оцінки земельної ділянки	1,23
20	Коефіцієнт забруднення земельної ділянки		<i>Кз</i>	Формула (6.2) або формула (6.4)	1
21	Коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини		<i>Кн</i>	Табл. 6.1 або Додаток 1 [8]	2,5

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2	3	4	5
22	Коефіцієнт еколого-господарського значення земель	<i>Кег</i>	Табл. 6.2 або Додаток 2 [8]	5,5
23	Розмір шкоди, грн	<i>Рш</i>	Формула (6.1)	9 827,22

Таблиця 6.14 – Форма розрахунку розміру шкоди від забруднення цинком земель промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення у відповідності до Додатку 6 до Методики [8]

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2	3	4	5
1	Площа забрудненої ділянки, кв. м	<i>Пд</i>	За актом про забруднення земель та за матеріалами спеціальних вишукувань	31 188
2	Глибина просочування забруднюючої речовини, м	<i>Гп</i>		-
3	Забруднююча речовина	-		Цинк (Zn)
4	Маса забруднюючої речовини, т	<i>Взр</i>		0,08
5	в тому числі	залишилось на поверхні	-	-
6		проникло в землю	-	-
7	Відносна густина забруднюючої речовини, т/куб. м	<i>Щзр</i>	Табл. 6.4 або Додаток 4 [8]	-
8	Об'єм забруднюючої речовини, куб. м	<i>Озр</i>	За актом про забруднення земель або формула (6.3)	0,01127
9	в тому числі	залишилось на поверхні	-	-
10		проникло в землю	-	-
11	Вміст (масова частка) забруднюючої речовини за результатами інструментально-лабораторного контролю, мг/кг	<i>Сзр</i>	За протоколом вимірювань	-
12	Гранично допустима (орієнтовно допустима) концентрація речовини, мг/кг	<i>Сгдк(одк)</i>		-
13	Контрольний вміст речовини, мг/кг	<i>Ск</i>	За протоколом вимірювань або даними моніторингу або даними агрохімічної паспортизації земель	-
14	Коефіцієнт рівня забруднення	<i>Кр</i>	Табл. 6.5 або Додаток 11 [8]	-

№ з/п	Показники	Позначення показника	Джерела одержання або розрахунок показника	Значення показника (коефіцієнта)
1	2	3	4	5
15	Поправний коефіцієнт на глибину просочування забруднюючої речовини	<i>К_{гп}</i>	Табл. 6.6 або Додаток 12 [8]	-
16	Розмірна одиниця для розрахунку коефіцієнта забрудненості землі, м	<i>Т_{зш}</i>	Постійна величина	0,2
17	Індекс поправки до витрат	<i>І_п</i>	Табл. 6.3 або Додаток 3 [8]	0,1
18	Питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення	<i>А</i>	Постійна величина	0,5
19	Нормативна грошова оцінка земельної ділянки (проіндексована), грн/кв. м	<i>Г_{оз}</i>	За витягом з технічної документації з нормативної грошової оцінки земельної ділянки	1,83
20	Коефіцієнт забруднення земельної ділянки	<i>К_з</i>	Формула (6.2) або формула (6.4)	1
21	Коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини	<i>К_н</i>	Табл. 6.1 або Додаток 1 [8]	4
22	Коефіцієнт еколого-господарського значення земель	<i>К_{ег}</i>	Табл. 6.2 або Додаток 2 [8]	1
23	Розмір шкоди, грн	<i>Р_ш</i>	Формула (6.1)	114 148,08

Загальний розмір відшкодування при одночасному забрудненні земельної ділянки декількома забруднюючими речовинами (але одним суб'єктом господарювання чи фізичною особою) визначається за формулою (6.5):

$$\begin{aligned}
 P_{ш. заг. секція J-I} &= P_{ш. макс} + 0,5 \cdot (P_{ш_1} + P_{ш_2} + P_{ш_3} + P_{ш_4} + P_{ш_5}) = \\
 &= 114148,08 \text{ грн} + 0,5 \cdot (42805,53 \text{ грн} + 35671,28 \text{ грн} + 15723,55 \text{ грн} + \\
 &\quad + 11792,66 \text{ грн} + 9827,22 \text{ грн}) = 172058,20 \text{ грн}.
 \end{aligned}$$

6.3 Визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів

6.3.1 Забруднення водних об'єктів наднормативними скидами забруднюючих речовин у водний об'єкт зі зворотними водами

Наднормативними скидами забруднюючих речовин у водний об'єкт вважаються [9]:



- скиди зі зворотними водами забруднюючих речовин з перевищенням встановлених нормативів ГДС, що підлягають нормуванню згідно із законодавством, або таких, що не підлягають нормуванню згідно із законодавством;

- скиди забруднюючих речовин внаслідок порушення регламенту санкціонованого скиду зворотних вод з перевищенням за окремими показниками нормативів регламенту;

- скиди забруднюючих речовин внаслідок аварійного скиду зворотних вод;

- самовільний скид зворотних вод без дозволу на спеціальне водокористування.

Факт наднормативного скиду забруднюючих речовин у водний об'єкт зі зворотними водами встановлюється державними інспекторами за результатами інструментально-лабораторних методів контролю, документальної перевірки фізичних осіб, фізичних осіб – підприємців та юридичних осіб та розрахунковим методом.

При визначенні наднормативних скидів забруднюючих речовин у водний об'єкт зі зворотними водами використовуються розрахункові методи або результати інструментально-лабораторних вимірювань:

- центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, його територіальними та міжрегіональними територіальними органами, уповноваженими на проведення вимірювань, не пов'язаних з оцінкою відповідності продукції, процесів та послуг, відповідно до вимог до технічної компетентності та незалежності, визначених Міндовкілля;


- суб'єкта господарювання при здійсненні виробничого контролю за дотриманням встановлених нормативів скидів забруднюючих речовин.

Такі результати вимірювань мають відповідати [Закону України](#) «Про метрологію та метрологічну діяльність» та бути зафіксовані у робочих журналах лабораторій, або у протоколах вимірювань показників складу та властивостей вод, або у звітах про інструментально-лабораторні вимірювання;

- випробувальних лабораторій з відповідною сферою акредитації, які акредитовані Національним агентством з акредитації України або іншими органами з акредитації, щодо яких у Національного агентства з акредитації України є угода про взаємне визнання акредитації.

Розряд останньої цифри результату вимірювань та останньої значущої цифри похибки вимірювань повинні відповідати один одному.

При порівнянні результатів вимірювань концентрацій забруднюючих речовин із відповідними установленими нормативами ГДС значення похибок вимірювання не враховуються.



З моменту встановлення факту скиду зворотних вод з перевищенням встановлених нормативів ГДС до повного його припинення проби води відбираються не менше трьох разів.

Якщо розрахунковий період не перевищує п'яти діб, допускається одноразовий відбір проб води.

Факт усунення порушення може бути підтверджений:

- отриманням дозволу на спеціальне водокористування та дотриманням його умов;
- даними інструментально-лабораторних вимірювань центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, його територіальними та міжрегіональними територіальними органами;
- даними первинного обліку водокористування;
- документами, що підтверджують виведення з експлуатації устаткування, від якого було зафіксовано наднормативні скиди забруднюючих речовин у водний об'єкт зі зворотними водами.

6.3.2 Забруднення водних об'єктів забруднюючими речовинами у чистому вигляді у складі продукції, сировини та відходами

Факт забруднення водного об'єкта встановлюється державними інспекторами за результатами перевірки фізичних осіб, фізичних осіб – підприємців та юридичних осіб інструментально-лабораторними методами контролю або на основі візуальних спостережень.

При визначенні забруднення водного об'єкта забруднюючими речовинами у чистому вигляді у складі продукції, сировини та відходами можуть застосовуватися:

- результати інструментально-лабораторних вимірювань суб'єктів, визначених у [пункті 2.3](#) Методики [9];
- розрахункові методи, методи експертних оцінок та аерофотозйомки.

6.3.3 Розрахунок розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок наднормативного скиду забруднюючих речовин у водний об'єкт зі зворотними водами

Розрахунок розмірів відшкодування збитків, заподіяних водним об'єктам (крім морських вод) внаслідок аварійного або самовільного скиду забруднюючих речовин зі зворотними водами, грн, здійснюється за формулою [9]:

$$З = K_c \cdot K_{кат} \cdot K_p \cdot k_3 [(M_{i1} \cdot \gamma_{i1}) + (M_{i2} \cdot \gamma_{i2}) + \dots + (M_{im} \cdot \gamma_{im})] \quad (6.8)$$



- де $K_c = 1,5$ - коефіцієнт, що враховує збільшення шкоди водній екосистемі при самовільному чи аварійному скиді;
- $K_{кат}$ - коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта, який визначається згідно з табл. 6.15 або з [додатком 2](#) [9];
- K_P - регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод, який визначається згідно з табл. 6.16 або з [додатком 3](#) [9];
- $k_3 = 1,5$ - коефіцієнт ураженості водної екосистеми;
- m - кількість забруднюючих речовин у зворотних водах;
- M_i - маса наднормативного скиду i -тої забруднюючої речовини у водний об'єкт зі зворотними водами, т;
- γ_i - питомий економічний збиток від забруднення водних і ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т, який визначається за формулою (6.9).

$$\gamma_i = (\gamma) \cdot A_i, \quad (6.9)$$

- де (γ) - проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у поточному році (на дату виявлення порушення), грн/т, який визначається за формулою

$$(\gamma) = (\gamma)_п \cdot I/100, \quad (6.10)$$

- де $(\gamma)_п$ - проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у попередньому році, грн/т;

I - індекс інфляції (індекс споживчих цін), середньорічний по Україні за попередній рік, %;

A_i - безрозмірний показник відносної небезпечності i -ї забруднюючої речовини, який визначається із співвідношення за формулою

$$A_i = 1/ГДК_i, \quad (6.11)$$

- де $ГДК_i$ - безрозмірна величина, чисельно рівна $ГДК$ i забруднюючої речовини у воді водного об'єкта відповідної категорії.

Для речовин значення $ГДК$ яких більше одиниці, в чисельнику вводиться поправний коефіцієнт 10.

Для речовин, за якими відсутня величина граничнодопустимої концентрації, показник відносної небезпечності A_i приймається рівним 500, а при $ГДК$ "відсутність" – 10000.

Проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів $((\gamma))$ у 2011 році становить 766,96 грн/т.

З 2012 року щорічно здійснюється індексація питомого економічного збитку від забруднення водних ресурсів, віднесеного до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т.

Таблиця 6.15 – Значення коефіцієнта $K_{кат}$, що враховує категорію водного об'єкта* (у відповідності до Додатку 2 до Методики) [9]

Категорія водного об'єкта	$K_{кат}$
Поверхневі водні об'єкти: господарсько-побутового використання	1,0
питного водокористування	1,4
Поверхневі водні об'єкти рибогосподарського використання:	
II категорії	1,6
I категорії	2,0
вищої категорії	2,5
Підземні води:	
питні та мінеральні інші (промислові, технічні)	5,0 3,0

Примітка. «*» У разі скиду у водний об'єкт, який знаходиться у межах населеного пункту, коефіцієнт збільшується в 1,2 раза.

У разі скиду в озера, ставки та інші непроточні водні об'єкти коефіцієнт збільшується у 1,5 раза.

У разі якщо водний об'єкт або його ділянка у місці забруднення можуть бути віднесені до різних категорій, при розрахунку збитку використовується найбільший із можливих коефіцієнтів $K_{кат}$; при цьому усі вищезазначені умови збільшення коефіцієнта залишаються в силі.

Таблиця 6.16 – Значення регіонального коефіцієнта дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод K_p (у відповідності до Додатку 3 до Методики) [9]

Області	K_p	Області	K_p
Закарпатська	1,00	Вінницька	1,17
Івано-Франківська	1,05	Черкаська	1,17
Чернівецька	1,06	Луганська	1,18
Тернопільська	1,07	Харківська	1,19
Волинська	1,10	Миколаївська	1,20
Житомирська	1,10	Київська	1,21
Львівська	1,10	Автономна Республіка Крим	1,24
Сумська	1,10	Одеська	1,26
Хмельницька	1,11	Донецька	1,26
Рівненська	1,11	Дніпропетровська	1,28
Чернігівська	1,11	Запорізька	1,28
Кіровоградська	1,13	Херсонська	1,30
Полтавська	1,15		



Відзначимо, що обов'язково слід зазначати згідно якого саме нормативного документу визначено ГДК для порівняння показників у поверхневих водах. Відповідно до розпорядження КМУ від 20.01.2016 № 94-р нормативи СанПіН №4630-88 для поверхневих вод водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування з 01.01.2017 втратили чинність. Виходячи з цього, визначення ГДК (гранично допустимих концентрацій) у поверхневих водах порівнянню до цих нормативів не є обов'язковим. Можна за бажанням виконувати порівняння проводити відповідно до показників, зазначених у наказі Міністерства аграрної політики та продовольства України від 30.07.2012 №471 («Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства, щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню (БСК₅), хімічного споживання кисню (ХСК), завислих речовин, мінерального фосфору та амонійного азоту») або інших документах.

6.4 Приклад визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів

За вихідними даними потенційно небезпечний об'єкт знаходиться в Дніпропетровській області.

В даному випадку ГДК показників у поверхневих водах водного об'єкту господарсько-питного та культурно-побутового водокористування прийняті з СанПіН 4630-88 Санітарні правила й норми охорони поверхневих вод від забруднення, який втратив чинність 01.01.2017 р. та дія якого скасована згідно з розпорядженням Кабміну від 20.01.2016 № 94-р.

Безрозмірний показник відносної небезпечності i -ї забруднюючої речовини визначається із співвідношення за формулою (6.11):

$$A_{i.cu} = 1 / ГДК_{i.cu} = 1 / 1 = 1,$$
$$A_i = 1 / ГДК_i = 1 / 0,3 = 3,33,$$

$$A_i = 1 / ГДК_i = 1 / 1 = 1.$$

Проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у 2011 році становить $(\gamma)_n = 766,96$ грн/т.

З 2012 року щорічно здійснюється індексація питомого економічного збитку від забруднення водних ресурсів, віднесеного до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т. Середньорічний індекс інфляції (індекс споживчих цін) по Україні за попередній 2022 рік становить $I = 126,6$ % за даними Мінфін [5].

Проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів у поточному році (на дату виявлення порушення), грн/т, визначається за формулою (6.10)

$$(\gamma) = (\gamma)_п \cdot I / 100 = 766,96 \text{ грн/т} \cdot 126,6 \% / 100 = 970,97 \text{ грн/т.}$$

Питомий економічний збиток від забруднення водних і ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т, визначається за формулою (6.9):

- для міді

$$\gamma_{i.1} = (\gamma) \cdot A_i = 970,97 \text{ грн/т} \cdot 1 = 970,97 \text{ грн/т,}$$

$$\gamma_i = (\gamma) \cdot A_i = 970,97 \text{ грн/т} \cdot 3,33 = 3\,233,33 \text{ грн/т,}$$

$$\gamma_i = (\gamma) \cdot A_i = 970,97 \text{ грн/т} \cdot 1 = 970,97 \text{ грн/т.}$$

Розрахунок розмірів відшкодування збитків, заподіяних водному об'єкту господарсько-побутового використання, питного використання (річці) внаслідок аварійного скиду забруднюючих речовин зі зворотними водами, грн, здійснюється за формулою (6.8)

$$\begin{aligned} Z &= K_c \cdot K_{кат} \cdot K_p \cdot k_3 [(M_{i1} \cdot \gamma_{i1}) + (M_{i2} \cdot \gamma_{i2}) + (M_{i3} \cdot \gamma_{i3})] = \\ &= 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,28 \cdot 1,5 \cdot \left[\left(2\,354,09 \text{ т} \cdot 970,97 \frac{\text{грн}}{\text{т}} \right) + \left(393\,774,52 \text{ т} \cdot \right. \right. \\ &\quad \left. \left. 3233,33 \text{ грн/т} \right) + \left(4280,16 \text{ т} \cdot 970,97 \text{ грн/т} \right) \right] = \\ &= 4\,030\,880\,697 \text{ грн} = 4\,030,88 \text{ млн. грн} \end{aligned}$$

де $K_c = 1,5$ -коефіцієнт, що враховує збільшення шкоди водній екосистемі при самовільному чи аварійному скиді;

$K_{кат} = 1,4$ -коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта, який визначається згідно з табл. 6.15 або з [додатком 2](#) [9];

$K_p = 1,28$ -регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод, який визначається згідно з табл. 6.16 або з [додатком 3](#) [9];

$k_3 = 1,5$ -коефіцієнт ураженості водної екосистеми;

$m = 3$ -кількість забруднюючих речовин у зворотних водах;

M_i -маса наднормативного скиду i -тої забруднюючої речовини у водний об'єкт зі зворотними водами, т. В даному випадку маємо: для міді $M_{i1} = 2\,354,09$ т, для заліза $M_{i2} = 393\,774,52$ т, для цинку $M_{i3} = 4280,16$ т (див. табл. 6.9);



γ_i

-питомий економічний збиток від забруднення водних і ресурсів, віднесений до 1 тонни умовної забруднюючої речовини, грн/т, який визначається за формулою (6.9).

6.5 Приклад висновку за розділом, присвяченому розрахунку розміру шкоди від забруднення земель та поверхневих вод

За умови виникнення гідродинамічної аварії на накопичувачі виробничих відходів буде завданий вплив на всі компоненти навколишнього середовища, в т.ч. й соціальний ризик.

За результатами виконаних спрощених розрахунків отримано:

1) за Методикою визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства, затвердженою Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища 27.10.1997 № 171 (у редакції наказу Мінприроди 04.04.2007 № 149):

- розмірів шкоди, обумовленої забрудненням земель становить 172 058,20 грн.;

2) за Методикою розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів, затвердженою Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 20.07.2009 № 389:

- розмір відшкодування збитків за забруднення поверхневих вод річки господарсько-побутового використання і питного водокористування, становить 4 030 880 697 грн.

Загальний розмір відшкодування збитків за забруднення земельних та водних ресурсів становить 4 031 052 755,20 грн, тобто 4 031,05 млн. грн.



7 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ СПОРУД ХВОСТОВОГО ТА ШЛАМОВОГО ГОСПОДАРСТВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

На підставі результатів розрахунку зон затоплення при гідродинамічних аваріях на накопичувачах рідких відходів визначають основні техніко-економічні показники, які дають уявлення про наслідки від настання надзвичайної ситуації. На підставі отриманих результатів стисло надається рекомендація з впровадження відповідного інженерно-технічного заходу, спрямованого на передбачення і мінімізацію наслідків від гідродинамічних аваріях на накопичувачах багатотоннажних рідких відходів. Надається стислий опис заходу із супроводжуваним відповідним ілюстративним матеріалом. Орієнтовний обсяг розділу: до 3-4 сторінок.

Наприклад, основні ресурсозберігаючі, захисні, відновлювальні та охоронні технічні заходи, які потрібно передбачати при проектуванні стосовно зменшення негативного впливу на навколишнє середовище і щодо запобігання розвитку небезпечних процесів, наведені у відповідних розділах ДБН В.2.4-5:2012 «Хвостосховища і шламонакопичувачі. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво» за комплексами споруд і окремими основними та допоміжними спорудами (по санітарно-захисних зонах, зонах забруднення ґрунтових вод і підтоплення території, щодо боротьби з пиловиділенням, щодо консервації споруд і рекультивації тощо): 5.1.6-5.1.11, 5.2.2.2, 5.2.3.1, 5.2.3.2, 5.2.5.1-5.2.5.3, 5.2.6.17, 5.2.7.1, 5.2.7.3, 5.2.10.1-5.2.10.3, 5.3.2.2.22, 5.3.3.2.6, 5.6.1, 5.6.2, 5.7, 5.7.1-5.7.4, 5.7.3.1, 5.7.3.5, 6.1.1, 6.7 (див. п. 5.7.4.1) [4]. Дані рекомендації не передбачають повний перелік інноваційних інженерно-технічних заходів з мінімізації негативного впливу від потенційно небезпечних об'єктів.

В якості рекомендованого довідкового документу щодо ознайомлення з міжнародними практиками з впровадження різних інженерно-технічних заходів пропонується ознайомитись з [1].

При написанні розділу також пропонується звернути увагу на перелік базових і додаткових рекомендованих джерел, які наведені в методичних рекомендаціях до виконання міждисциплінарної курсової роботи.

Вище перелічені запропоновані рекомендації не обмежують самостійний пошук і аналіз інформаційних джерел, а носять лише рекомендований характер.

Прикладом такого інженерно-технічного заходу є зведення дамби другої черги на відстані 250 м на південь від хвостосховища. Дамба другої черги запобігатиме (у разі аварії) подальшому розтіканню потоку [12].

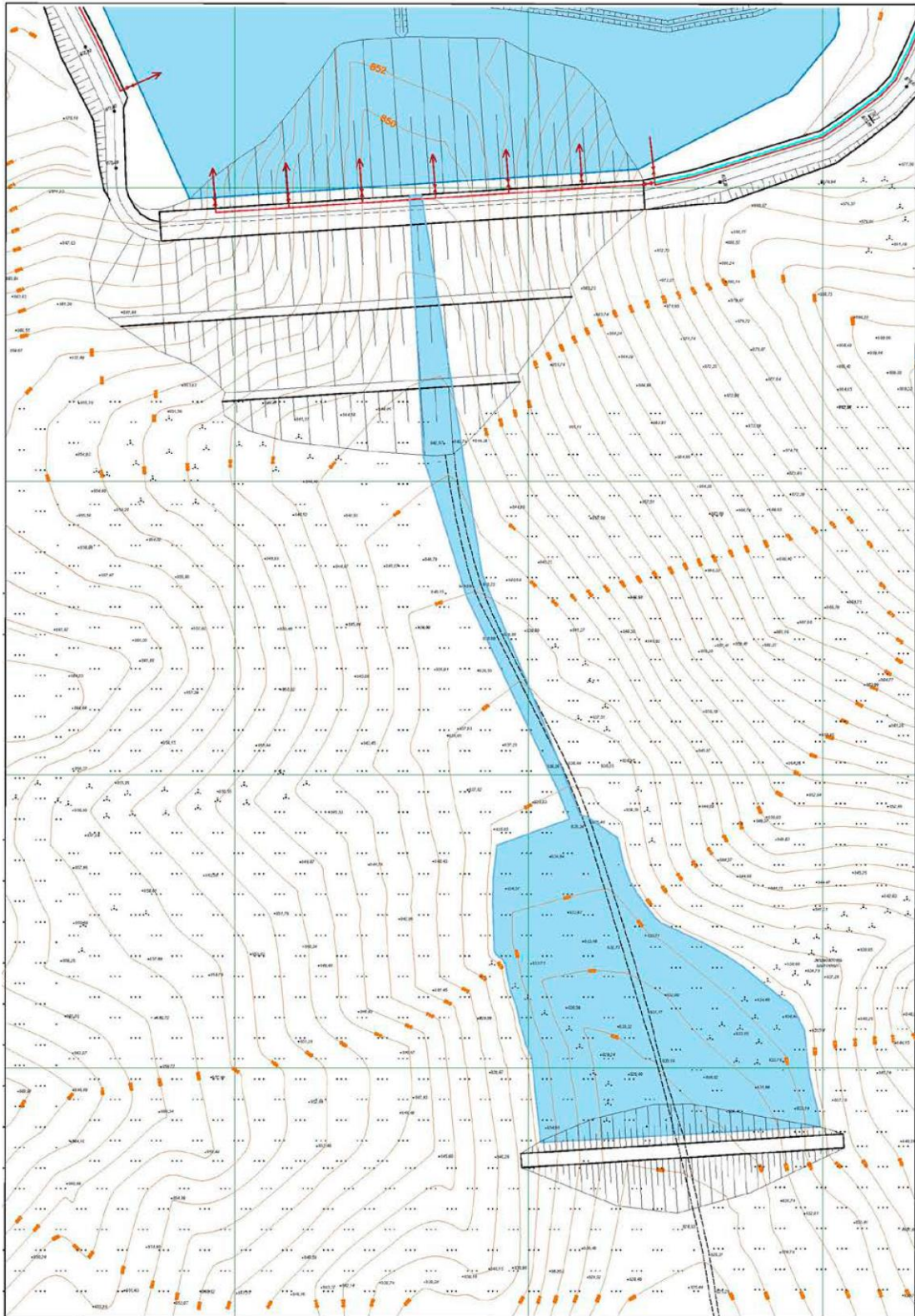


Рисунок 7.1 – Траса розтікання русла потоку і зони можливого затоплення [12]



ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Стисло викладають перелік питань, розглянутих у міждисциплінарній курсовій роботі. Наводяться основні результати і зазначаються основні розрахункові параметри.

На підставі отриманих розрахункових параметрів ймовірної зони затоплення визначається різновид затоплення відповідно до п. 1.18 ДБН В.1.1-25-2009 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення», а саме: затоплення глибоководні (покриття поверхні суші водою понад 5 м), середні (від 2 м до 5 м), мілководні (до 2 м).

Наприклад, за даними табл. 5.1 глибина потоку, який розтікається, h_L , коливається в межах від 3,17 м до 3,48 м. Отже очікується середнє затоплення внаслідок розглянутої в прикладі гідродинамічної аварії на хвостосховищі.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Базові

- 1 Garbarino, E., Orveillon, G., Saveyn, H., Barthe, P. and Eder, P., Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC, EUR 28963 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-77178-1, doi:10.2760/35297, JRC109657.
- 2 Временные методические рекомендации по расчету зон затопления при внезапном прорыве ограждающих дамб хвостохранилищ. Белгород: ВИОГЕМ, 1981. 24 с. (Тимчасові методичні рекомендації з розрахунку зон затоплення при раптовому руйнуванні огорожувальних дамб хвостосховищ. Білгород: ВИОГЕМ, 1981. 24 с.)
- 3 Гидротехнические сооружения: Справочник проектировщика / Под ред. В.П. Недриги. М.: Стройиздат, 1983. 453 с. (Гідротехнічні споруди: Довідник проектувальника / За ред. В.П. Недриги. М.: Стройиздат, 1983. 453 с.)
- 4 ДБН В.2.4-5:2012 «Хвостосховища і шламонакопичувачі. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво». Затверджено наказом Мінрегіону України від 12.01.2012 № 21.
- 5 Индекс инфляции в Украине 2023. Мінфін. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/inflation/> (дата звернення: 10.02.2023).
- 6 Кнороз В.С. Неразмывающие скорости для несвязных грунтов и факторы их определяющие // Известия ВНИИГ. 1958. Т. 59. С. 62-81. (Кнороз В.С. Нерозмиваючі швидкості для незв'язних ґрунтів та фактори їх визначаючі // Відомості ВНИИГ. 1958. Т. 59. С. 62-81.)
- 7 Леви И.И. Динамика русловых потоков. Л.: Госэнергоиздат, 1957. 252 с. (Леві І.І. Динаміка руслових потоків. Л.: Госэнергоиздат, 1957. 252 с.)
- 8 Методика визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства, затверджена Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища 27.10.1997 № 171 (у редакції наказу Мінприроди 04.04.2007 № 149). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98#n112> (дата звернення: 19.02.2023).
- 9 Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів, затверджена Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України 20.07.2009 № 389. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09#n229> (дата звернення: 19.02.2023).

- 10 Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Утилізація промислових відходів” (для студентів 3 курсу денної форми навчання напряму підготовки 6.040106 „Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”) / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: К.Д. Бригінець, К.О. Абашина. Х.: ХНАМГ, 2012. 30 с.
- 11 Не Бразилія: як в Україні будують хвостосховища та стежать за їхньою безпекою. Стаття від 14.02.2019 р. URL: <https://uaprom.info/article/8154-braziliya-ukraine-stroyat-hvostohranilishha-sledyat-bezopasnostyu.html> (дата звернення: 10.02.2023).
- 12 Проект експлуатації простору надр (1-ша секція хвостосховища гірничо-збагачувального комбінату ТОВ «ГОК Манка» в Курчумському районі Східно-Казахстанської області). Книга 1. Пояснювальна записка. Усть-Каменогорськ: ТОВ «Казнедропроєкт», 2022. 122 с.
- 13 Реконструкція хвостового господарства та оборотного водопостачання в районі с. Войково для підтримки потужності комбінату. Нарощування дамби вище відм. +159,0 м на землях Новолатівської сільської ради Широківського району Дніпропетровської області. Об'єкт планової діяльності – існуюче хвостосховище «Войково» АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ПІВДЕННИЙ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИЙ КОМБІНАТ», загальна площа території – 536,7 га: Звіт з оцінки впливу на довкілля. Реєстраційний номер справи про оцінку впливу на довкілля планованої діяльності 20209166597. Кривий Ріг: ТОВ «НДП «ЕКОЕКСПЕРТ», 2021. 2020 с.
- 14 Технології утилізації відходів та рециклінг. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» / О.О. Борисовська, В.Ю. Грунтова. НТУ «Дніпровська політехніка». Дніпро: НТУ «ДП», 2019. 52 с.
- 15 Чугаєв Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергоиздат, 1982. С. 573. (Чугаєв Р.Р. Гидравлика. Л.: Енергоіздат, 1982. С. 573.).

Додаткові

- 16 Global Industry Standard on Tailings Management (Глобальний галузевий стандарт управління хвостосховищами). URL: <https://globaltailingsreview.org/global-industry-standard/> (дата звернення: 10.02.2023).

- 17 International Commission On Large Dams. URL: https://www.icold-cigb.org/GB/world_register/world_register_of_dams.asp (дата звернення: 10.02.2023).
- 18 Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 15, ст.73). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text> (дата звернення: 21.06.2022).
- 19 Звіт «Глобальний галузевий стандарт управління хвостами» від 05 серпня 2020. URL: <https://www.unep.org/resources/report/global-industry-standard-tailings-management>, (дата звернення: 10.02.2023)
- 20 Кодекс цивільного захисту України. Розділ V. Запобігання надзвичайним ситуаціям. URL: https://ips.ligazakon.net/document/view/t125403?an=1&ed=2012_10_02 (дата звернення: 21.06.2022).
- 21 Ніколаєва І., Ленько Г., Аверін Д., Лободзінський О. Дослідження поточного стану хвостосховищ у Донецькій та Луганській областях: Резюме. URL: http://media.voog.com/0000/0036/1658/files/Summary_OSCE_Donbas%20TSFs%202020_ukr_upd-1.pdf (дата звернення: 10.02.2023).
- 22 Ніколаєва І., Линько Г., Лободзінський О. Дослідження поточного стану хвостосховищ у басейні річок Дністер: Резюме з інвентаризації хвостосховищ у басейні річки Дністер. Київ, 2020. 154 с. URL: https://dniester-commission.com/wp-content/uploads/2020/06/Ukr_updSUMMARY_for-public_Dniester-TSFs_GEF-project.pdf (дата звернення: 10.02.2023).
- 23 Ніколаєва І., Линько Г., Лободзінський О. Хвостосховища Донбасу: Резюме дослідження поточного стану хвостосховищ Донбасу щодо їхнього можливого аварійного впливу на водні об'єкти в умовах військових дій. Київ, 2019. 52 с. URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/b/b/456847.pdf> (дата звернення: 10.02.2023).
- 24 Підвищення безпеки промислових хвостосховищ на прикладі українських об'єктів: Методологія для підвищення безпеки хвостосховищ. Версія 12.3 05.02.2017. 136 с. URL: http://media.voog.com/0000/0036/1658/files/TMF%20Methodology_ukr_05-02-17.pdf (дата звернення: 10.02.2023).
- 25 Портал «Хвости». URL: <https://www.smenet.org/smetailingsportal> (дата звернення: 10.02.2023).
- 26 Проект надання підтримки країнам Центральної Азії зі зміцнення безпеки хвостосховищ. URL: <https://unece.org/ru/proekt-eek-oon-po-okazaniyu-podderzhki-stranam-centralnoy-azii-po-ukreplenyu-bezopasnosti> (дата звернення: 10.02.2023).



ДОДАТКИ

Вихідні дані за варіантами

Таблиця А.1 – Теми для виконання аналітичного огляду у першому розділі за варіантами

№ варіанту	Тема
1	Наслідки спорудження хвостосховищ для навколишнього природного середовища і життєдіяльності людини: на прикладі українських об'єктів.
2	Наслідки спорудження шламонакопичувачів для навколишнього природного середовища і життєдіяльності людини: на прикладі українських об'єктів.
3	Екологічні проблеми м. Калуш та прилеглих територій: стійкість дамб Домбровського кар'єру, його вплив на поверхневі води річки Сівка та підземні води тощо.
4	Основні принципи методології підвищення безпеки хвостосховищ: [24] та інше.
5	Огляд принципів управління безпекою хвостосховищ за даними Довідкового документу щодо найкращих доступних технологій (ВАТ) для управління відходами видобувної промисловості відповідно до Директиви 2006/21/ЄС: Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC [1].
6	Огляд і аналіз національних регламентуючих документів та рекомендацій щодо управління безпекою хвостосховищ і шламонакопичувачів.
7	Огляд і аналіз міжнародних регламентуючих документів та рекомендацій щодо управління безпекою хвостосховищ і шламонакопичувачів.
8	Наслідки спорудження хвостосховищ для навколишнього природного середовища і життєдіяльності людини: на прикладі закордонних об'єктів.
9	Наслідки спорудження шламонакопичувачів для навколишнього природного середовища і життєдіяльності людини: на прикладі закордонних об'єктів.
10	Огляд правил планування санітарно-захисних та охоронних зон хвостосховищ і шламонакопичувачів.
11	Правила моніторингу підземних вод на територіях, прилеглих до хвостосховищ та шламонакопичувачів.
12	Потенційно небезпечні об'єкти: огляд регламентуючих документів.

№ варіанту	Тема
13	Гідродинамічні аварії: різновиди, огляд і аналіз наслідків, приклад.
14	Огляд змісту розділів з оцінки впливу хвостосховищ і шламонакопичувачів у звітах з оцінки впливу на навколишнє середовище планованої діяльності.
15	Контроль і спостереження за безпечним станом хвостосховищ і шламонакопичувачів
16	Вимоги безпеки під час експлуатації хвостосховищ, шламосховищ та відстійних ставків
17	Методи боротьби з пилінням хвостосховищ і шламонакопичувачів
18	Моніторинг техногенного забруднення компонентів довкілля у зоні впливу хвостосховищ і шламонакопичувачів.
19	Методи оцінки стійкості дамб хвостосховищ і шламонакопичувачів.
20	Етапи життєвого циклу хвостосховищ і шламонакопичувачів: характеристика, вимоги з безпеки, відображення етапів у національних та міжнароднихх регламентуючих документах тощо.
21	Рекультивация хвостосховищ і шламонакопичувачів: кращі практики, огляд прикладів.
22	Огляд діяльності міжнародної організації International Commission on Large Dams (ICOLD): її місія, відомості про статистику відмов на греблях та про Всесвітній реєстр дамб тощо.
23	Особливості процедури оцінки впливу на довкілля планованої господарської діяльності, яка передбачає зведення хвостосховищ і шламонакопичувачів та з урахуванням транскордонного впливу.
24	Огляд вимог ДБН А.2.2-1:2021 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище» (ОВНС) щодо зведення хвостосховищ та шламонакопичувачів.

Таблиця А.2 – Вихідні дані для виконання розрахункової частини за варіантами

Параметр	Номер варіанту					
	1	2	3	4	5	6
Тип	Хвостосховище наливне (поступового заповнення) рівнинного типу, в плані має форму квадрата					
Площа земельної ділянки, що відведена під	210	323	258	320	87	91

Параметр	Номер варіанту					
	1	2	3	4	5	6
хвостосховище S , га						
Термін експлуатації t_e , роки	20	16	17	15	17	18
Витрата пульпи Q_p , м ³ /год	5000	6000	7000	3000	2500	3500
Консистенція пульпи Т:Р	1:19	1:12	1:18	1:9	1:29	1:30
Щільність частинок хвостів $\rho_{ч.хв}$, т/м ³	2,8	2,6	3,3	2,8	2,5	3,5
Щільність води ρ_v , т/м ³	1	1	1	1	1	1
<i>Первинна дамба</i>	природні суглинки					
висота h_1 , м	9	8	9	9,5	8,5	10
закладання низового укосу m_n	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5
закладання верхового укосу m_v	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
Ширина по гребеню B_1 , м	7	6	5	5	5	8
<i>Вторинні дамби</i>	поярусно хвости					
висота h_2 , м	3	4	3	3	2,5	5
закладання низового укосу m_n	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5
закладання верхового укосу m_v	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
ширина по гребеню B_2 , м	7	6	5	5	5	8
Перевищення гребеня дамб над рівнем заповнення хвостосховища $h_{зп}$, м	0,6	1,0	0,8	0,7	0,5	1,5
Загальна висота огорожувальн ої дамби H , м*	18,6	20	17,8	18,7	16,5	19,5

Параметр	Номер варіанту					
	1	2	3	4	5	6
Середня щільність укладання сухих хвостів, які намиті в хвостосховище і відсипані у вторинні дамби $\rho_{с.х.}, \text{т/м}^3$	2,15	1,95	2,13	1,78	1,88	1,85
Коефіцієнт заповнення $K_{зап}$	0,75	0,83	0,81	0,77	0,79	0,82
Середньозважений розмір часток ґрунту $d, \text{мм}$	165	175	170	180	185	175
Спряжена зі стисненим перерізом глибини потоку на виході з прорану α (для визначення числа Фруда Fr_2 в початковому створі за графіком (див. рис. 5.1)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Рельєф місцевості	плоский рельєф місцевості з похилом $i < 0,01$					
Відстань, на яку розтікається потік від початкового створу до річки $L, \text{м}$	950	970	870	860	850	820
Площа водозбору річки $F_в, \text{тис. км}^2$	18	20	25	19	17	14
Місцезнаходження потенційно небезпечного об'єкту, область	Дніпропетровська	Полтавська	Донецька	Луганська	Полтавська	Донецька
Цільове призначення	господарсько-питне та культурно-побутове водокористування					

Параметр	Номер варіанту					
	1	2	3	4	5	6
поверхневих вод річки						
Нормативна грошова оцінка земельної ділянки, що зазнала забруднення (засмічення) G_{O_3} , грн/м ²	приймається за прикладом, наведеним в міждисциплінарній курсовій роботі					
Хімічний склад хвостів						
Ni, %	0,016	0,018	0,020	0,022	0,019	0,025
Fe, %	0,91	0,83	0,67	0,88	0,79	0,75
Cu, %	0,006	0,007	0,005	0,006	0,007	0,005

Продовження табл. А.2

Параметр	Номер варіанту					
	7	8	9	10	11	12
Тип	Хвостосховище наливне (поступового заповнення) рівнинного типу, в плані має форму квадрата					
Площа земельної ділянки, що відведена під хвостосховище S , га	256	182	588	422	581	447
Термін експлуатації t_e , роки	15	15	15	17	17	20
Витрата пульпи Q_p , м ³ /год	4500	3500	7000	5500	4500	4900
Консистенція пульпи Т:Р	1:12	1:14	1:8	1:17	1:7	1:11
Щільність частинок хвостів $\rho_{ч.хв}$, т/м ³	2,5	2,7	3,5	3,1	2,5	3,4
Щільність води ρ_v , т/м ³	1	1	1	1	1	1
Первинна дамба	природні суглинки					
висота h_1 , м	9	9	7	6	6	7
закладання низового укосу m_H	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5

Параметр	Номер варіанту					
	7	8	9	10	11	12
закладання верхового укосу m_v	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5
Ширина по гребеню B_1 , м	7	6	5	5	5	5
<i>Вторинні дамби</i>	поярусно хвосту					
висота h_2 , м	4	4	3	3	3	3
закладання низового укосу m_n	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5
закладання верхового укосу m_v	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5
ширина по гребеню B_2 , м	7	6	5	5	5	5
Перевищення гребеня дамб над рівнем заповнення хвостосховища h_{zap} , м	0,9	1,0	0,8	0,8	0,6	0,7
Загальна висота огорожувальної дамби H , м*	18,3	18	15,8	14,8	15,6	16,2
Середня щільність укладання сухих хвостів, які намиті в хвостосховище і відсіпані у вторинні дамби $\rho_{с.х}$, т/м ³	1,69	1,85	2,10	1,75	1,85	1,88
Коефіцієнт заповнення K_{zap}	0,81	0,82	0,81	0,79	0,85	0,84
Середньозважений розмір часток ґрунту d , мм	195	190	193	175	180	185
Спряжена зі стисненим перерізом глибини потоку на	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Параметр	Номер варіанту					
	7	8	9	10	11	12
виході з прорану α (для визначення числа Фруда Fr_2 в початковому створі за графіком (див. рис. 5.1))						
Рельєф місцевості	плоский рельєф місцевості з похилом $i < 0,01$					
Відстань, на яку розтікається потік від початкового створу до річки L , м	880	750	830	920	950	910
Площа водозабору річки $F_в$, тис. км ²	15	17	16	22	30	35
Місцезнаходження потенційно небезпечного об'єкту, область	Дніпропетровська	Полтавська	Донецька	Дніпропетровська	Полтавська	Донецька
Цільове призначення поверхневих вод річки	господарсько-питне та культурно-побутове водокористування					
Нормативна грошова оцінка земельної ділянки, що зазнала забруднення (засмічення) $G_{оз}$, грн/м ²	приймається за прикладом, наведеним в міждисциплінарній курсовій роботі					
Хімічний склад хвостів						
Ni, %	0,015	0,017	0,018	0,19	0,016	0,021
Fe, %	0,91	0,89	0,76	0,89	0,88	0,85
Cl, %	0,006	0,007	0,008	0,009	0,005	0,006

Продовження табл. А.2

Параметр	Номер варіанту					
	13	14	15	16	17	18
Тип	Хвостосховище наливне (поступового заповнення) рівнинного типу, в плані має форму квадрата					
Площа земельної ділянки, що відведена під хвостосховище S , га	210	323	258	320	87	91
Термін експлуатації t_e , роки	20	16	17	15	17	18
Витрата пульпи Q_p , м ³ /год	4500	5500	4500	3500	2800	3100
Консистенція пульпи Т:Р	1:13	1:15	1:16	1:19	1:22	1:25
Щільність частинок хвостів $\rho_{ч.хв}$, т/м ³	2,8	2,6	3,3	2,8	2,5	3,5
Щільність води ρ_v , т/м ³	1	1	1	1	1	1
<i>Первинна дамба</i>	природні суглинки					
висота h_1 , м	9	8	9	9,5	8,5	10
закладання низового укосу m_n	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
закладання верхового укосу m_v	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5
Ширина по гребеню B_1 , м	8	7	6	6	6	5
<i>Вторинні дамби</i>	поярусно хвости					
висота h_2 , м	3	4	3	3	2,5	5
закладання низового укосу m_n	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
закладання верхового укосу m_v	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5	1:3,5
ширина по гребеню B_2 , м	8	7	6	6	6	5
Перевищення гребеня дамб над рівнем заповнення	0,6	1,0	0,8	0,7	0,5	1,5

Параметр	Номер варіанту					
	13	14	15	16	17	18
Хвостосховище а $h_{зап}$, м						
Загальна висота огорожувальної дамби H , м*	18,6	20	17,8	18,7	16,5	19,5
Середня щільність укладання сухих хвостів, які наміті в хвостосховище і відсіпані у вторинні дамби $\rho_{с.х}$, т/м ³	2,15	1,95	2,13	1,78	1,88	1,85
Коефіцієнт заповнення $K_{зап}$	0,83	0,84	0,85	0,75	0,83	0,81
Середньозважений розмір часток ґрунту d , мм	175	180	185	155	165	170
Спряжена зі стисненим перерізом глибини потоку на виході з прорану α (для визначення числа Фруда Fr_2 в початковому створі за графіком (див. рис. 5.1)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Рельєф місцевості	плоский рельєф місцевості з похилом $i < 0,01$					
Відстань, на яку розтікається потік від початкового створу до річки L , м	720	1050	980	930	1150	860

Параметр	Номер варіанту					
	13	14	15	16	17	18
Площа водозабору річки F_v , тис. км ²	32	34	33	31	29	27
Місцезнаходження потенційно небезпечного об'єкту, область	Луганська	Дніпропетровська	Полтавська	Донецька	Дніпропетровська	Полтавська
Цільове призначення поверхневих вод річки	господарсько-питне та культурно-побутове водокористування					
Нормативна грошова оцінка земельної ділянки, що зазнала забруднення (засмічення) G_{oz} , грн/м ²	приймається за прикладом, наведеним в міждисциплінарній курсовій роботі					
Хімічний склад хвостів						
Co, %	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Fe, %	0,88	0,89	0,91	0,89	0,78	0,89
Zn, %	0,021	0,018	0,020	0,012	0,023	0,015

Продовження табл. А.2

Параметр	Номер варіанту					
	19	20	21	22	23	24
Тип	Хвостосховище наливне (поступового заповнення) рівнинного типу, в плані має форму квадрата					
Площа земельної ділянки, що відведена під хвостосховище S , га	275	185	550	410	550	450
Термін експлуатації t_e , роки	16	17	18	15	15	22
Витрата пульпи Q_p , м ³ /год	5500	4500	6500	6000	5500	5000
Консистенція пульпи Т:Р	1:19	1:21	1:22	1:23	1:20	1:18

Параметр	Номер варіанту					
	19	20	21	22	23	24
Щільність частинок хвостів $\rho_{ч.хв}$, т/м ³	2,5	2,7	3,5	3,1	2,5	3,4
Щільність води $\rho_{в}$, т/м ³	1	1	1	1	1	1
<i>Первинна дамба</i>	природні суглинки					
висота h_1 , м	9	9	7	6	6	7
закладання низового укосу m_H	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5
закладання верхового укосу m_B	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
Ширина по гребеню B_1 , м	6	7	6	7	7	6
<i>Вторинні дамби</i>	поярусно хвости					
висота h_2 , м	4	4	3	3	3	3
закладання низового укосу m_H	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5
закладання верхового укосу m_B	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
ширина по гребеню B_2 , м	6	7	6	7	7	6
Перевищення гребеня дамб над рівнем заповнення хвостосховища $h_{зап}$, м	0,9	1,0	0,8	0,8	0,6	0,7
Загальна висота огорожувальної дамби H , м*	18,3	18	15,8	14,8	15,6	16,2
Середня щільність укладання сухих хвостів, які намиті в хвостосховище і відсіпані у вторинні дамби $\rho_{с.х}$, т/м ³	1,75	1,80	2,20	1,95	1,88	1,81

Параметр	Номер варіанту					
	19	20	21	22	23	24
Коефіцієнт заповнення $K_{зап}$	0,81	0,79	0,85	0,81	0,78	0,76
Середньозважений розмір часток ґрунту d , мм	165	155	170	175	180	185
Спряжена зі стисненим перерізом глибини потоку на виході з прорану α (для визначення числа Фруда Fr_2 в початковому створі за графіком (див. рис. 5.1))	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Рельєф місцевості	плоский рельєф місцевості з похилом $i < 0,01$,					
Відстань, на яку розтікається потік від початкового створу до річки L , м	1030	860	880	910	930	960
Площа водозбору річки $F_в$, тис. км ²	28	26	25	24	23	21
Місцезнаходження потенційно небезпечного об'єкту, область	Луганська	Дніпропетровська	Донецька	Дніпропетровська	Полтавська	Донецька
Цільове призначення поверхневих вод річки	господарсько-питне та культурно-побутове водокористування					
Нормативна грошова оцінка земельної	приймається за прикладом, наведеним в міждисциплінарній курсовій роботі					

Параметр	Номер варіанту					
	19	20	21	22	23	24
ділянки, що зазнала забруднення (засмічення) <i>G_{оз}</i> , грн/м ²						
<i>Хімічний склад хвостів</i>						
Со, %	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,002
Fe, %	0,91	0,88	0,89	0,91	0,89	0,78
Сu, %	0,006	0,007	0,005	0,006	0,004	0,003

Примітка. * В розділі 2 на підставі розрахунків дозволяється уточнювати загальну висоту огорожувальної дамби H , м, на величину не більше ніж $\pm h_{зап}$, м.