


**ТЕХНОГЕННІ ПРОБЛЕМИ ПРОМИСЛОВИХ РАЙОНІВ:
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ**
*для здобувачів вищої освіти, що вивчають «Техногенні
проблеми промислових районів» як дисципліну вільного
вибору усіх форм навчання другого (магістерського)
рівня вищої освіти*

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

Запоріжжя 2023



Техногенні проблеми промислових районів: методичні рекомендації до виконання індивідуальних завдань (для здобувачів вищої освіти, що вивчають «Техногенні проблеми промислових районів» як дисципліну вільного вибору усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти) / Уклад. Н. М. Максимова. – Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. – 48 с.


Методичні рекомендації включають тематику індивідуальних завдань, методичні пояснення щодо порядку їх виконання.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти спеціальності 263 «Цивільна безпека» другого (магістерського) рівня освіти, а також студентів, що вивчають «Техногенні проблеми промислових районів» як дисципліну вільного вибору.

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

ВСТУП

В методичних рекомендаціях розглядаються засади формування висновку екологічного аудиту на підставі встановлення невідповідності природоохоронному законодавству та нормативно-технічній літературі. Також приділяється увага питанням гідродинамічної безпеки територій, розташованих нижче за течією водотоку від дамби. Запропоновано на вибір ознайомитись з порядком визначення класу небезпеки шкідливої речовини. Перелічені питання розширюють професійні навички, світогляд та екологічну свідомість здобувачів вищої освіти.

Перелік індивідуальних завдань:

- 1 Формування висновку екологічного аудиту
- 2 Здобувачу вищої освіти пропонується самостійно обрати одну тему з двох запропонованих:
 - 2.1 Оцінка обстановки у разі аварії на гідротехнічних спорудах.
Розрахунок параметрів хвилі прориву при катастрофічному затопленні місцевості від руйнування гідротехнічних споруд;
 - 2.2 Порядок визначення класу небезпеки шкідливої речовини.

Рівень сформованості знань та навичок здобувача вищої освіти з освітнього компоненту за виконання індивідуального завдання оцінюють за бальною шкалою, яка наведена як в семестровому графіку, так і в силабусі та робочій програмі.

Таблиця – Критерії оцінення індивідуальних завдань

Відсотки від кількості балів, %	Пояснення
90-100	ставиться здобувачу вищої освіти, який демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь і навичок, уміння приймати необхідні рішення в нестандартних ситуаціях, вільне володіння науковими термінами, високу комунікативну культуру
74-89	ставиться здобувачу вищої освіти, який виявляє дещо обмежені знання навчального матеріалу, допускає окремі несуттєві помилки та неточності
60-73	ставиться здобувачу вищої освіти, який засвоїв основний навчальний матеріал, володіє необхідними умінями та навичками для вирішення стандартних завдань, проте, при цьому допускає неточності, не виявляє самостійності суджень, демонструє недоліки комунікативної культури
1-60	ставиться здобувачу вищої освіти, який не володіє необхідними знаннями, умінями, навичками, науковими термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури, в роботі значна кількість помилок та недоліків

Результати неформальної або інформальної освіти можуть бути визнані в рамках оцінювання окремих практичних робіт та індивідуальних завдань за узгодженням з викладачем.

Результати участі у науковій роботі (статті, тези виступів, конкурсні наукові роботи тощо) можуть бути визнані в рамках оцінювання окремих практичних робіт та індивідуальних завдань за узгодженням з викладачем.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Індивідуальне завдання № 1. Формування висновку екологічного аудиту	5
1.1 Короткі відомості про екологічний аудит	5
1.2 Короткі відомості про життєвий цикл продукції	5
1.3 Завдання для самостійного виконання	6
1.3.1 Опис виробництва	7
Рекомендована література	16
Індивідуальне завдання № 2.1. Оцінка обстановки у разі аварії на гідротехнічних спорудах. Розрахунок параметрів хвилі прориву при катастрофічному затопленні місцевості від руйнування гідротехнічних споруд	18
2.1 Загальні положення	18
2.2 Допущення під час розрахунку параметрів хвилі прориву	20
2.3 Розрахунок параметрів хвилі прориву і побудова графіка проходження хвилі прориву	21
2.4 Приклад розрахунку параметрів хвилі прориву при катастрофічному затопленні місцевості від руйнування гідротехнічних споруд та оцінки обстановки у разі аварії на гідротехнічних спорудах	25
2.5 Індивідуальне завдання	30
Рекомендована література	32
Індивідуальне завдання № 2.2. Порядок визначення класу небезпеки шкідливої речовини	34
2.1 Теоретичні відомості щодо визначення класу небезпеки шкідливої речовини	34
2.2 Класи небезпеки шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини	34
2.3 Класи небезпеки шкідливих речовин у повітрі	36
2.4 Класи небезпеки шкідливих речовин у воді	36
2.5 Класи небезпеки шкідливих речовин у ґрунті	37
2.6 Приклад визначення класу небезпеки речовини за ступенем впливу на організм людини	42
2.6.1 Визначення класу небезпеки речовини у повітрі	43
2.6.2 Визначення класу небезпеки речовини у воді	43
2.6.3 Визначення класу небезпеки речовини у ґрунті	43
2.6.4 Висновки	46
2.7 Індивідуальне завдання	46
Рекомендована література	47



Індивідуальне завдання № 1

Формування висновку екологічного аудиту

Мета: навчитися встановлювати невідповідності природоохоронному законодавству, при звітуванні надавати опис життєвого циклу продукції, яка виробляється об'єктом екологічного аудиту, формувати висновки екологічного аудиту

1.1 Короткі відомості про екологічний аудит

Питання екологічного аудиту розглядаються в статті 7 Закону України «Про екологічний аудит» [1].

Стаття 7. Висновок екологічного аудиту.

Висновок екологічного аудиту – професійна оцінка об'єкта екологічного аудиту, виконана екологічним аудитором, яка ґрунтується на доказах екологічного аудиту та є головною складовою звіту про екологічний аудит.

Висновок екологічного аудиту є офіційним документом, який засвідчується підписом та печаткою екологічного аудитора.

Стаття 8. Мета та основні завдання екологічного аудиту.

Екологічний аудит в Україні проводиться з метою забезпечення додержання законодавства про охорону навколишнього природного середовища в процесі господарської та іншої діяльності.

Основними завданнями екологічного аудиту є:

- збір достовірної інформації про екологічні аспекти виробничої діяльності об'єкта екологічного аудиту та формування на її основі висновку екологічного аудиту;
- встановлення відповідності об'єктів екологічного аудиту вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища та іншим критеріям екологічного аудиту;
- оцінка впливу діяльності об'єкта екологічного аудиту на стан навколишнього природного середовища;
- оцінка ефективності, повноти і обґрунтованості заходів, що вживаються для охорони навколишнього природного середовища на об'єкті екологічного аудиту.

Конкретні завдання екологічного аудиту в кожному окремому випадку визначаються замовником, виходячи з його потреб, відповідно до цього Закону та інших актів законодавства України, характеру діяльності об'єкта екологічного аудиту.

1.2 Короткі відомості про життєвий цикл продукції

1. При оцінці життєвого циклу продукції (виробу), окрім етапів виробництва продукції розглядаються стадії видобування природних



ресурсів, виготовлення напівфабрикатів, допоміжні виробництва, а також транспортування продукції споживачеві, використання, розміщення відходів. Product Lifecycle Management (PLM) – управління життєвим циклом продукції. Наприклад, поняття життєвого циклу продукції (виробу) наводиться у Національному стандарті України ДСТУ ISO 14001:2015 та ДСТУ ISO 14004:2016 [2-3].

Процедура оцінки життєвого циклу обов'язково включає [5]:

- постановку мети дослідження і визначення меж системи;
- виконання інвентаризаційного аналізу життєвого циклу (збір інформації і кількісну оцінку вхідних і вихідних потоків речовин і енергії);
- власне оцінку життєвого циклу, тобто виявлення і оцінку величини і значущості дій, що існують і потенційно можливих;
- інтерпретацію результатів, аналіз альтернатив, розробку висновків і рекомендацій, аналіз їх якості (критичний аналіз).

У життєвий цикл продукту включають:

- виробництво енергії і сировини, що використовуються при його виготовленні;
- переробка сировини в готовий продукт;
- розповсюдження і продаж продукту;
- використання і обслуговування продукту, а також його ліквідація після завершення терміну експлуатації або у вигляді остаточного поховання, або у вигляді утилізації і вторинного використання, або у вигляді використання за іншим призначенням його енергетичного змісту.

Основні кроки, в рамках яких аналізується екологічний життєвий цикл продукту:

- процес видобутку корисних копалин;
- придбання енергії і сировини;
- використання деревинних ресурсів;
- використання води і енергії;
- транспортування і пов'язані з ним небезпечності для навколишнього середовища або неефективності у використанні ресурсів.

1.3 Завдання для самостійного виконання

Використовуючи опис виробництва (див. пп. 1.3.1), провести аналіз інформації на предмет встановлення невідповідностей природоохоронному законодавству на даному виробництві (на всіх етапах життєвого циклу продукції). За результатами аналізу заповнити таблицю з висновками та рекомендаціями за результатами екологічного аудиту. Для зарахування індивідуального завдання необхідно встановити і описати щонайменше одну невідповідність вимогам природоохоронного законодавства та іншим регламентуючим документам, зокрема ДСТУ, СанПіН, ДБН, НАОП тощо. Зверніть увагу, що мінімум один критерій екологічного аудиту повинен враховувати: для варіантів № 1-5 – аспекти

охорони водних ресурсів, для варіанті № 6-10 – проблеми охорони атмосферного повітря. За можливістю надайте рекомендації щодо виправлення ситуації. В кінці роботи зазначте використані інформаційні джерела.

Таблиця 1.1 – Приклад заповнення таблиці з висновками за результатами екологічного аудиту

№ з/п	Критерій екологічного аудиту	Встановлена невідповідність	Посилання на доказ екологічного аудиту	Рекомендації по усуненню невідповідності
1	2	3	4	5
1.	Закон України «Про відходи», ст. 17	Відсутні Дозволи на розміщення відходів	Не надана документація, інтерв'ювання працівників	З квітня 2014 і по теперішній час припинена видача дозвільної документації у сфері поводження з відходами. Відсутній механізм отримання дозволів. У зв'язку з чим на підприємстві немає Дозволів на розміщення відходів (невідповідність 1). Але на підприємстві повинен бути наявний лист-роз'яснення з Департаменту екології та природних ресурсів з цього питання. В зв'язку з чим необхідно надіслати відповідний запит на ім'я директора Департаменту, отримати офіційну відповідь і надавати її на запити контролюючих органів.
2.

1.3.1 Опис виробництва

Характеристика виробництва

Основне виробництво: переробка цукрового буряка потужністю 3 тис. тон на добу. Експериментальне виробництво: переробка буряка потужністю 420 тон на добу [5-6].

Теплоенергоцентраль (ТЕЦ) потужністю 170 тон пари на годину. Основним паливом є газ, резервним – мазут. Витрати природного газу складають 34 700 тис. м³/рік, мазуту – 4 000 тон/рік.

Цех залізничного транспорту: три дизель-електровози.

Важливі стадії технології виробництва:

- прийняття, зберігання і подача буряка на завод;
- очищення коріння буряка від землі і сторонніх домішок;
- нарізування буряка в стружку і отримання з неї соку дифузним способом;



- очищення сиропу;
- виварювання сиропу в кристалічну масу (утфель) з подальшим розділенням цієї маси шляхом центрифугування на білий цукор і патоку;
- виварювання патоки, додаткова кристалізація і центрифугування з отриманням жовтого цукру і кінцевої патоки – меляси;
- очищення жовтого цукру, розчинення жовтих цукрів в солі (колерування) з поверненням отриманого при цьому розчину – колеровки на очищення;
- висушування і упаковка білого цукру.

Схема матеріальних потоків при виробництві цукру:

Матеріальні потоки при виробництві цукру складаються з:

- буряка;
- холодної води;
- вапняку;
- бурякової стружки;
- соку;
- сиропу;
- утфеля;
- жовтого цукру;
- жому;
- дефеката (як відходів);
- меляси (як вторинної сировини).

Виробництво теплової і електричної енергії: самостійна виробнича одиниця – ТЕЦ.

До складу цієї виробничої одиниці входять:

- теплове господарство заводу;
- вапняно-випарна піч;
- мазутне господарство;
- склад вапнякових каменів і коксу;
- газове господарство заводу.

Цех механізації і автотранспорту

До функцій цеху механізації і автотранспорту відносяться:

- підготовка і виїзд автомашин і механізмів для виконання робіт;
- щоденний розподіл автомашин і механізмів по заявках керівників;
- своєчасне забезпечення машиністів, водіїв автомобілів і робочих цеху інструментом, запасними частинами і матеріалами;
- підтримка у доброму стані майстерень, гаража і всієї території згідно з вимогами пожежного і санітарного нагляду;
- забезпечення правильної і безпечної експлуатації механізмів і автомобілів.

Цех залізничного транспорту виконує такі функції:

- забезпечення раціонального виконання перевезень, необхідних для нормальної роботи заводу;



- своєчасне виконання на залізничних під'їзних коліях вантажних робіт;
- недопущення наднормативних простоїв вагонів і вживання заходів для прискорення обороту залізничного рухомого складу;
- повне, точне і своєчасне представлення встановленої періодичної звітності;
- правильне використання механізмів для завантаження і розвантаження вагонів;
- своєчасний вивіз готової продукції".

До осіб, які відповідають за екологічну безпеку, дотримання вимог природокористування і охорони навколишнього середовища відносяться заступник директора та інженер-еколог.

Цукровий завод здійснює тільки спостереження за впливом карт полів фільтрації (ПФ) на навколишнє середовище. Встановлені факти забруднення підземних вод азотом амонійним, нітратами, нітритом; підвищеної мінералізації. З цієї причини стали непридатними для використання колодязі жителів міста, дома яких розташовані поблизу полів фільтрації.

Спостереження за станом промислових майданчиків на основному і експериментальному заводі не ведуться.


В той же час, на проммайданчиках розташовані потенційні джерела забруднення. До них відносяться: мазутосховище для ТЕЦ; підземні і наземні резервуари, які експлуатуються тривалий термін, але відсутня їх дефектоскопія. Відсутнє обвалування наземного резервуару. Такий же стан складів паливно-мастильних матеріалів (520 м³ – наземні ємності, 80 м³ – підземні), уздовж яких відсутня також дощова каналізація, не збирається забруднений поверхневий стік.

Забруднені також місця стоянки локомотивів, зберігання вапна і коксу.

Відсутність свердловин для спостереження за станом підземних вод проммайданчиків і спостережень за забрудненням ґрунтів є порушенням нормативів, що діють.

СЕС за замовленням цукрового заводу веде спостереження за р. Супій, ставком Грабський (у місцях забору води на технічні потреби і скидання стічних вод першої категорії і витоку води із ставка). Дані аналізів свідчать, що вода р. Супій не відповідає якості води для рибогосподарських водойм, але показники якості знаходяться в межах показників для культурно-господарських водойм за винятком загального заліза (3-4 ГДК). Але це залізо може бути природного походження, оскільки така його кількість міститься і в підземних водах.

Якість води ставка Грабський в місці водозабору приблизно таке саме, як і в р. Супій. У нижній частині ставка органіки приблизно на 2 мг/л більше, ніж в р. Супій (7–8 мг/л; 1.1–1.3 ГДК), а в місці виходу стічних вод на 1 мг більше, ніж в р. Супій.



Встановлено, що термін дозволу на спецводокористування закінчився у серпні минулого року. Термін дозволу не продовжений у зв'язку із заміною технології (заміна конденсатора на апараті повітряного охолодження для зниження витрат свіжій води).

Переробляються також питомі норми водоспоживання і водовідведення.

Господарсько-питне водопостачання здійснюється з 6 артезіанських свердловин (2 резервні). Технічний стан свердловин задовільний, оголовки загерметизовані, санітарно-захисна зона дотримана на всіх свердловинах, окрім свердловини №2225-а, яка знаходиться на території основного виробництва. Технічний водозабір на ставку Грабський обладнаний рибозахисним пристроєм. Всі свердловини обладнані лічильниками ВТ-80. Журнали обліку ведуться згідно встановленій формі. Технічний водозабір обладнаний лічильниками ДРК-м (4 шт.).

Журнали обліку технічної води і води на господарсько-питні потреби ведуться по встановлених формах первинної звітності про використання води – 2-ТП (водгосп). За минулий рік використано: 2 250 тис. м³ технічної води; 404,7 тис. м³ артезіанської води; 8,8 тис. м³ стічних вод.

Відведено 773,6 тис. м³ води на поля фільтрації (як забрудненої) і 1141 тис. м³ води в ставок Грабський (як нормативно чистої).

Як недолік звітності 2-ТП (водгосп) за минулий рік, слід відмітити, що в ній враховано скидання тільки БСК, ХСК, азоту амонійного. Відсутні дані про завислі речовини і сапонін, на яких виданий ліміт.

На поточний рік Держуправлінням екологічної безпеки області виданий наступний ліміт на забір води:

- технічної – 2 791,5 тис. м³;
- підземної – 41,4 тис. м³.

Ліміт на скидання стічних вод дорівнює 565 тис. м³.


Ліміт на скидання забруднюючих речовин на поточний рік складає:

- БСК – 0,79 т;
- завислі речовини – 29,8 г;
- амоній сольовий – 0,68 г;
- ХСК – 11,07 т.

Цукровий завод має затверджені норми споживання питної води. Згідно цих норм водоспоживання на переробку 1 тони буряка на основному виробництві складає 8,338 м³ води, скидання стічних вод після переробки 1 т – 7,57 м³.

Для експериментального виробництва водоспоживання – 7,955 м³/т; водовідведення – 1,78 м³/т.

Фактично ж в минулому році на переробку 1 тони буряка на основному виробництві водоспоживання становило 8,43 м³/т, а водовідведення – 7,15 м³/т. На експериментальному заводі в питомі норми уклалися. На основному ж виробництві норми водоспоживання були перевищені.



Згідно розроблених в поточному році питомих норм водоспоживання на переробку 1 т буряка повинно бути витрачено 5,205 м³/т, водовідведення – 4,295 м³/т.

Для експериментального виробництва витрати води складуть: водоспоживання – 1,655 м³/т; водовідведення – 1,436 м³/т.

Миття автомобілів здійснюється без оборотної системи водопостачання, є лише відстійник.

Цукровий завод має нормативний пакет гранично допустимих викидів.

Підприємство щорічно розробляє звіт про викиди забруднюючих речовин 2-ТП (повітря). Але цей звіт не включає у себе всі забруднюючі речовини, які є в томі ГДВ.

Значним недоліком контролю атмосферного повітря є відсутність вимірювань викидів забруднюючих речовин. Другим недоліком є відсутність приладів для вимірювання викидів забруднюючих речовин автотранспортом.

Промислові відходи зберігаються на площі, яка відведена цукровому заводу і вивозяться на сільськогосподарські поля. Про стан відходів підприємство не звітує.

Опис офіційних претензій до заводу з боку контролюючих організацій і громадськості

До заводу мають претензії екологічна інспекція та Державне управління екологічної безпеки області. Основні претензії стосуються:


- будівництва оборотної системи вод першої категорії;
- отримання дозволу на спеціальне водокористування;
- ремонту лічильників;
- здійснення лабораторного контролю за викидами і скиданнями забруднюючих речовин;
- дефектоскопії резервуарів;
- ліквідації забруднених ділянок;
- дотримання вимог при експлуатації водозахисних зон і прибережних смуг.

Висловлює претензії також і районна прокуратура щодо дозволу на спецводокористування і дотримання природоохоронного законодавства при експлуатації водозахисних зон і прибережних смуг.

Громадськість в основному скаржить на вплив на якість води в колодязях полів фільтрації. Крім того, мали місце випадки прориву обвалувань карт полів фільтрації і забруднення сільськогосподарських угідь.

За забруднення стічними водами ставка Грабський Державне управління екологічної безпеки області висунуло заводу претензію про відшкодування збитків.

Претензія висунута за перевищення показників якості скидання



стічних вод, а саме: БСК, азоту амонійного, нітратів, нітриту, заліза загального.

Завод не має дозволу на спеціальне водокористування, питомих норм води на одиницю продукції.

Одна зі свердловин (№2225-3а) не має санітарно-захисної зони.

У звіті про використання води відсутній об'єм скинутих завислих речовин, сапоніну.

Відсутня оборотна система для миття автотранспорту.

Завод не проводить лабораторний контроль викидів забруднюючих речовин в повітря, а також не виконує вимірювання викидів забруднюючих речовин автотранспортом.

На заводі немає плану ліквідації аварій.

Опис місцевості

Ділянка знаходиться в характерних для цього району гідрогеологічних умовах. Перший від поверхні землі водоносний горизонт в четвертинних відкладеннях на дослідженій території відноситься до піщано-суглинних відкладень і має потужність 30 м. Другий водоносний горизонт відноситься до Харківського відкладення і представлений дрібнозернистими жовто-сірими пісками потужністю 25 м. Між першим і другим водоносними горизонтами можливий гідравлічний зв'язок.

Загальна рівнинність дослідженої території, слабкий дренаж і наявність в геологічному розрізі могутньої товщі водовмісних піщаних і супіщаних порід сприяє високому рівню ґрунтових вод і розвитку процесів заболочування.

На відстані 4,5 км від основного виробництва розташовані поля фільтрації (ПФ) цукрозаводу загальною площею 83,5 га, де діють два земляні відстійники і 29 фільтраційних карт.

Біля території заводу знаходиться ставок, який використовується для промислового постачання водами першої категорії і поповнення води для миття транспорту другої категорії. Ставок сполучений з р. Супій і р. Дніпро через р. Іржавець. На відстані 1 км. від ставка знаходиться озеро Супій. Площа поверхні води озера – 1 000 га, загальна ємкість 1 000 000 м³. На березі ставка цукрозаводом побудована насосна станція НС, яка у разі потреби перекачує воду з озера в ставок.

З півночі завод граничить із ставком, зі сходу – з житловим масивом, з півдня – із залізничним полотном, із заходу знаходяться житлові споруди, очисні споруди вод другої категорії і жомова яма.

Біля входу в основний корпус цукрозаводу знайдений аварійний викид пари з пошкодженого паропроводу, який прокладений під землею. Існує вірогідність розриву паропроводу з великим викидом пари і загрозою здоров'ю працівників заводу. На місці викидів пари розташована стоянка автомобілів і неподалеку, в 30 – 40 м, житлові будинки. На території заводу розташовані відкриті склади вапна, вапняного каменю і коксу. У



разі атмосферних опадів розчин цих речовин потрапляє в ґрунт і частково через ґрунт, частково з поверхневим стоком, потрапляє в ставок, що приводить до його забруднення. Заводська ТЕЦ працює на природному газі, резервне паливо – мазут.

На території заводу побудовані мазутосховище загальною ємкістю 6 000 т: наземний резервуар (4 000 т) і підземний резервуар (2 000 т.) За заводом не проводилася дефектоскопія на цілісність резервуарів, резервуари не обваловані. Також не проводився відбір проб ґрунту на виявлення забруднення нафтопродуктами.

Завод має два свої локомотиви, які працюють на мазуті. Заправка паливом приводить до розливу на ґрунт, внаслідок чого територія біля локомотивного депо дуже забруднена мазутом. При розробці проекту дослідження впливу стічних вод полів фільтрації було зроблено припущення, що в деяких місцях можливий гідравлічний зв'язок верховодки з нижніми водоносними горизонтами, що може привести до забруднення води, яка використовується на задоволення потреб населення в питній воді.

На захід від заводу знаходяться очисні споруди вод другої категорії і жомова яма. Води для миття транспорту після секційних відстійників подаються на доосвітлення і повертаються на виробництво. Для доосвітлення вод другої категорії заводом побудований земляний доосвітлювач. Але проби ґрунту і підземних вод для дослідження проникнення забруднень не відбиралися, що є потенційно небезпечним. На відстані приблизно 1 000 м розташовано озеро Супій, де знаходиться рибне господарство. Очисні споруди розташовані на місці вже недіючих відстійників, що також викликає тривогу.

Біля бурякоприймального пункту розташована автобаза цукрозаводу на 80 автомобілів. Територія бази завалена металобрухтом. На території бази знаходяться резервуари для зберігання пального загальною ємкістю 600 т (підземний – 80 т). Дефектоскопія на цілісність цих резервуарів не проводилася. Не вирішено питання збору забрудненого поверхневого стоку, що стікає прямо до дренажної каналізації, яка проходить через місто і доходить до заболоченої місцевості р. Супій.

Ставок, з якого завод бере воду для промводопостачання, має статус рибогосподарського значення. Із ставка завод бере воду першої категорії і на поповнення води другої категорії. Після проходження циклу теплі води першої категорії без очищення і охолодження скидаються в ставок. Туди також скидаються води першої категорії експериментального виробництва, які ніде не враховані і для яких немає дозволу на скидання.

На території заводу побудована система зливових стоків, але вона нездібна вміщати весь поверхневий стік з промплощадки. Надмірна вода просочується в ґрунт і по поверхні збігає в ставок, що приводить його до забруднення.

Після освітлення води другої категорії і осад від відстійників



потрапляє в мішалку, де змішується з дощовими водами і господарсько-фекальними водами житлового сектора, забрудненими водами АТП і газової станції, і насосами по напірному колектору перекачується на ПФ заводу, які розташовані в 4,5 км від виробничого майданчика. ПФ займають 85,3 га, що складає 42 % від загальної площі цукрозаводу. У ПФ входять 2 земляних відстійника площею 3,5 га і 29 фільтраційних карт. Навантаження на ПФ повинні складати 85 м³/га на добу, а навантаження на ПФ даного заводу складає 105 м³/га в добу, що викликає стурбованість. Були опитані жителі прилеглих будинків, які свідчать про сильний запах, який поступає з майданчика ПФ, особливо в теплий період року, а також погіршення питної води в колодязях, що представляє серйозну загрозу стану здоров'я людей.

Одним з чинників впливу на стан місцевості є ПФ. Велика вірогідність забруднення підземної води, що використовується на питні потреби, велика площа (42% від загальної території заводу), велике випаровування в теплий період року робить ПФ одним з самих істотних забруднювачів.

Виявлено значний негативний вплив на якість питної води в прилеглих житлових масивах: високі показники мінералізації (1 300 – 1 400 мг/л), збільшення змісту азоту в колодязній воді, що веде до значного погіршення здоров'я людей.

Викиди в атмосферу

Основними забруднюючими речовинами, які викидаються цукрозаводом в атмосферне повітря, є продукти згорання палива ТЕЦ (природного газу), окис вуглецю, аміак від випарних установок і вакуум-апаратів, оксиди заліза при газорізці металу, мастила і оцтова кислота від жомосховища, відстійника і полів фільтрації.


На неорганізовані джерела викидів (ділянки завантаження і розвантаження вапняку і твердого палива, ємкості для зберігання мазуту, жомова яма, відстійники і поля фільтрації) припадає близько 25% об'єму викидів.

Завод має проект ГДВ концентрації викидів від різних джерел. Керівництвом заводу затверджений план заходів щодо зниження викидів забруднюючих речовин у атмосферу, згідно якому виконані роботи по налагодці режиму спалювання газу і мазуту, складені режимні карти на котельні агрегати що дало можливість знизити вміст у сатураційному газі до 2%. У даний час проводиться також зрошування вапна і вугілля з метою зменшення викидів.

Водопостачання заводу

Забір води на технічні потреби здійснюється із ставка, розташованого в руслі р. Іржавець (притока р. Супій).

Джерелами господарсько-питної води є шість артезіанських свердловин.



Вода із ставка поступає на охолодження устаткування, конденсацію пари випарної станції і вакуум-апаратів, поповнення оборотної системи стічних вод другої категорії, а потім з головного корпусу по трубопроводу, а з ТЕЦ через розбризкуючі пристрої, повертається в ставок як джерело води першої категорії. Згідно з даними статзвітності за формою 2 ТП (водгосп) за минулий рік скинуто 1 141 тис.м³ таких вод. Стічні води містять в собі органічні і завислі речовини, сапонін, азот амонійний, нітрит, нітрати, але в звітній формі вказані тільки органічні речовини і азот амонійний. Це є порушенням встановленого порядку обліку і звітності використання вод і може стати причиною для притягання до відповідальності посадових осіб заводу.

Згідно з аналізами проб води першої категорії, в стічних водах, які скидаються в ставок, вміст основних забруднюючих речовин у воді такий:

- БСК₂₀ – 78,5 мг/л;
- сапонін – 19,2 мг/л;
- завислі речовини – 8,2 мг/л;
- амоній сольовий – 7,25 мг/л.


Такі концентрації значно перевищують величини, встановлені для заводу в лімітах на скидання забруднюючих речовин в поточному році.

Стічні води першої категорії від компресорної станції замкнуті в оборотну систему. До складу її входить апарат повітряного охолодження, вентилятор-насос, збірник вод. Об'єм продування – 20 м³ на добу.

Транспортно-мийні води другої категорії також замкнуті в оборотну систему. Вода поступає в збірник-мішалку, з якої насосом перекачується на два вертикальні відстійники-згущувачі потужністю 1000 м³/годину. З відстійника одна частина освітленої води поступає в збірник, а потім використовується для гідротранспортування буряка, а інша поступає в доосвітлювач потужністю 200 м³ /год. і після реагентної обробки перекачується в мийне відділення. Осад з конусів відстійників-освітлювачів поступає в мішалку вод третьої категорії. Стічні води третьої категорії (фільтропресовий бруд, жомові води, агресивні води іонітової установки, лужні води цеху сепарації, господарсько-фекальні води головного корпусу і житлового масиву) подаються на два земляні відстійники об'ємом 160 тис. м³ кожен, а потім на карти полів фільтрації (27 шт.), загальною площею 85,3 га і потужністю 7,5 тис. м³/добу (1 160 тис. м³/рік). Фактично на ці споруди в період виробництва поступає близько 7 тис. м³ стічних вод на добу.

Відстійники щорічно очищаються від фекалії, який вивозиться і використовується для рекультивації орних земель.

Хімічні аналізи, свідчать про високу мінералізацію вод, що подаються на поля фільтрації (2 168 мг/л), високий вміст заліза (9,3 мг/л), азоту амонійного (13 мг/л). Результати гідрохімічних досліджень указують на екстремально високе забруднення стічних вод полів фільтрації



амонійним азотом, що в кінцевому результаті призводить до забруднення підземних вод. Доказом цього є підвищений вміст нітратів в колодязях, розташованих на прилеглий до полів фільтрації території. Ступінь мінералізації води в колодязі по вул. Ціолковського в 1,5 рази перевищує ГДК для питної води, а вміст нітратів в цьому колодязі і по вул. І. Франка, 43, перевищує ГДК в 10–11 разів. Таким чином, ґрунтові води, які каптуються шахтними колодязями, мають загальні компоненти-забруднювачі із стічними водами цукрозаводу, що підтверджує їх зв'язок.

Нетоксичні промислові відходи

Нетоксичні промислові відходи (грабельне сміття, яке поступає з буряком, камені та інші нетоксичні домішки) згідно з щорічним дозволом міської ради народних депутатів вивозять на територію полів фільтрації заводу.

Побутові відходи вивозять на територію міського звалища.

Разом з тим на території автогаражу знаходиться металобрухт та інші невивезені відходи, що може стати основою для застосування адміністративних санкцій з боку природоохоронних органів.

Токсичних промислових відходів на заводі немає.

Довідково. За бажанням можна ознайомитись ще з одним аналогічним прикладом виникнення вищенаведеної ситуації [4].


Рекомендована література

1. Закон України «Про екологічний аудит» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2004, № 45, ст.500). – Електронний ресурс. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1862-15#Text>.

2. Національний стандарт України ДСТУ ISO 14001:2015 (ISO 14001:2015, IDT) «Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування». Видання офіційне. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 30 с. – Електронний ресурс. – URL: https://quality.nuph.edu.ua/wp-content/uploads/2018/10/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-ISO_14001-2015-.pdf.

3. Національний стандарт України ДСТУ ISO 14004:2016 (ISO 14004:2016, IDT) «Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо запровадження». Видання офіційне. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 51 с. – Електронний ресурс. – URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/c790ccc33e9c4eacbfd9e2f854e1679f.pdf>.

4. Цукрозавод під Луцьком знову звинувачують у забрудненні води і повітря. Стаття від 11.11.2019. УКРІНФОРМ. – Електронний ресурс. – URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/2815956-cukrozavod-pid-luckom-znovuzvinuvacuut-u-zabrudnenni-vodi-i-povitra.html>.



5. Методичні рекомендації до проведення практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Екологічний менеджмент і аудит» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : Є. Г. Пономаренко, О. С. Ломакіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 42 с.

6. Методичні рекомендації до практично-семінарських занять з дисципліни «Екологічний аудит» / Уманський національний університет садівництва; укладач: О. В. Василенко. – Умань : Уманський національний університет садівництва, 2011. – 52 с.

Питання для самоперевірки

1. Яка мета на Вашу думку проведення екологічного аудиту?
2. Які основні завдання екологічного аудиту Ви знаєте?
3. Поясніть зміст висновку екологічного аудиту.
4. Що Ви розумієте під поняттям «життєвий цикл продукції»?
5. Чи зустрічали Ви в якійсь регламентуючій літературі поняття «екологічний аудит» та «життєвий цикл продукції»? Якщо так, то в якій?

Індивідуальне завдання № 2.1

Оцінка обстановки у разі аварії на гідротехнічних спорудах. Розрахунок параметрів хвилі прориву при катастрофічному затопленні місцевості від руйнування гідротехнічних споруд

Мета: навчитися визначати основні параметри хвилі прориву, яка виникає внаслідок руйнування гідротехнічних споруд, а також оцінювати наслідки від затоплення місцевості.

2.1 Загальні положення

До основних гідротехнічних споруд, руйнування яких призводить до гідродинамічних аварій, належать греблі, водозбірні та водоскидні споруди (шлюзи). Катастрофічне затоплення, що є наслідком гідродинамічної аварії, полягає в стрімкому затопленні місцевості водою – хвилею прориву. Масштаби наслідків гідродинамічних аварій залежать від параметрів і технічного стану гідровузла, особливостей і ступеня руйнування греблі, обсягу води у водоймищі, характеристик хвилі прориву та повені, рельєфу місцевості, пори року, метеоумов і багатьох інших факторів [1, 3].

Прорив гідротехнічної споруди може відбутися як вторинний фактор під дією надзвичайних ситуацій природного походження (землетрус, ураган, обвал, зсув тощо) і внаслідок надзвичайної ситуації техногенного походження (конструктивні дефекти, порушення правил експлуатації, впливу паводків, руйнування основи гідротехнічної споруди, недостатності водоскидів тощо), а також у наслідок застосування зброї.

Основними чинниками ураження катастрофічного затоплення є: хвиля прориву (висота хвилі, швидкість руху) і тривалість затоплення.

Хвиля прориву – хвиля, що утворюється у фронті потоку води, який спрямовується в пролом греблі (проран), від розмірів якого залежать параметри хвилі прориву та кількість води, яка скидається з водосховища.

Рівень води в водосховищі (вище греблі) прийнято називати верхнім б'єфом, а рівень води в річці нижче греблі – нижнім б'єфом.

Хвиля прориву утворюється за одночасним накладенням двох процесів:

- падіння вод водоймища з верхнього б'єфа в нижній, що породжує хвилю;
- різкого збільшення обсягу води в місці її падіння, що призводить до перетоку води з цього місця в місце, де рівень води нижче.

Схематично повздовжній переріз сформованої хвилі наведено на рисунку 2.1 [3].

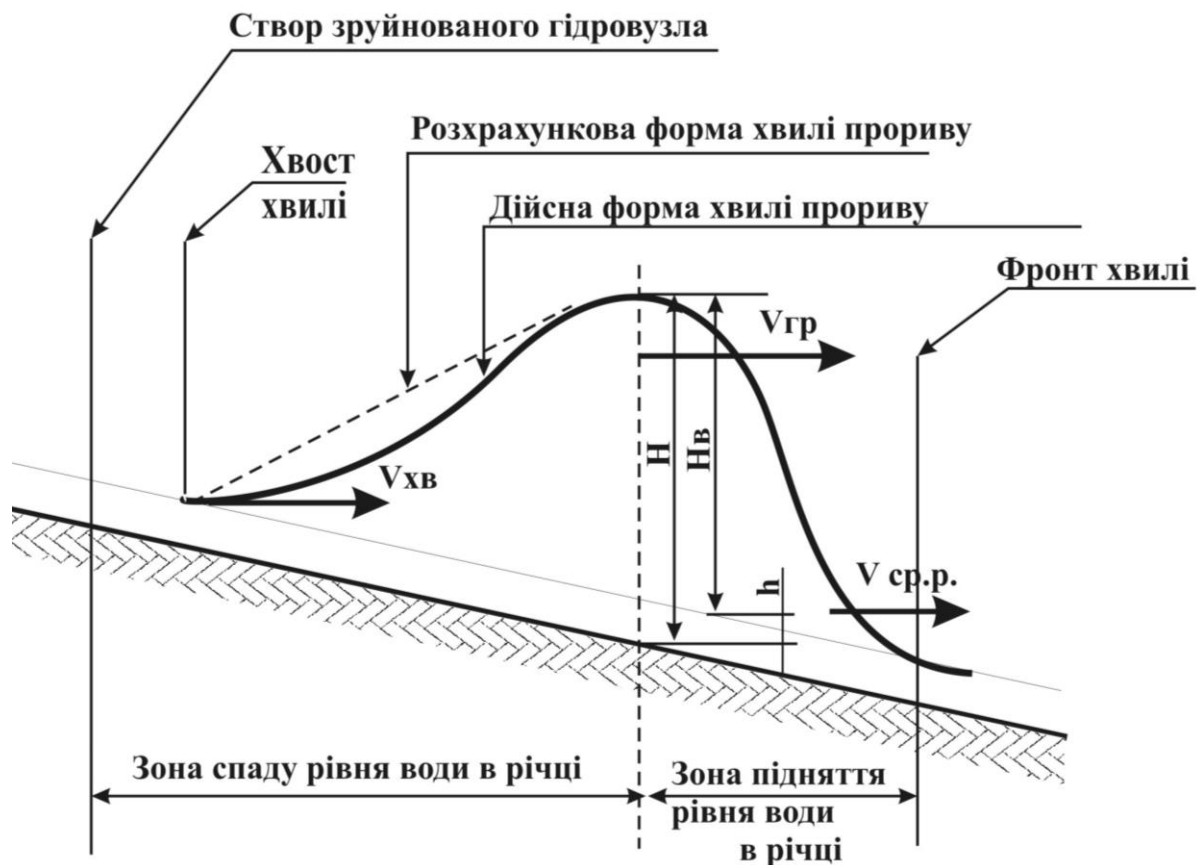


Рисунок 2.1 – Схематичний подовжній переріз хвилі прориву [3]:
 h – рівень води в річці; $H_{в}$ – висота хвилі; H – висота потоку; $V_{хв.}$, $V_{ср.р.}$, $V_{фр.}$ – швидкість руху стосовно хвоста, гребня, фронту хвилі прориву

Початок хвилі називається *фронтом хвилі*, який, переміщуючись із великою швидкістю, висувається вперед. Фронт хвилі може бути дуже крутим під час переміщення великих хвиль на ділянках, близьких до зруйнованого гідровузла і порівняно пологим на великих ділянках віддалених від гідровузла.

Зона найбільшої висоти хвилі називається *гребенем хвилі*, який рухається зазвичай повільніше, ніж її фронт. Ще повільніше рухається кінець хвилі – *хвіст хвилі*. Унаслідок відмінності швидкостей цих трьох характерних точок хвиля поступово розтягується по довжині річки, відповідно зменшуючи свою висоту і збільшуючи тривалість проходження. До того ж, залежно від висоти хвилі й ухилів річки на різних ділянках, а також неоднакової форми й шорсткості русла, може спостерігатися деяке тимчасове прискорення руху гребня, з «перекосом» хвилі, тобто з відносним укороченням зони підйому, порівнюючи із зоною спаду.

Хвиля прориву має зазвичай значну висоту гребня і швидкість руху та володіє великою руйнівною силою. Ці показники, а також тривалість затоплення, є головними вражаючими факторами катастрофічного затоплення.

Вплив хвилі прориву на об'єкти подібно впливу ударної хвилі повітряного ядерного вибуху, але відрізняється від останнього



насамперед тим, що діючим тілом у цьому разі є вода.

Слідом за фронтом хвилі прориву висота її починає інтенсивно збільшуватися, досягаючи через деякий проміжок часу до максимальної величини, що перевищує брівки берегів ріки, унаслідок чого починається затоплення.

Після припинення підйому рівнів за всією шириною потоку настає більш-менш тривалий період руху, близький до сталого. Цей період буде тим довше, чим більший об'єм водоймища. Останньою фазою утворення зони затоплення є спад рівнів води.

2.2 Допущення під час розрахунку параметрів хвилі прориву

Хвиля прориву, з гідравлічної точки зору, є хвилею переміщення, яка, на відміну від вітрових хвиль, що виникають на поверхнях великих водоймищ, володіє здатністю переносити у напрямі свого руху значні маси води. Тому хвилю прориву варто розглядати як певну масу води, що рухається вниз по річці та безперервно змінює свою форму, розміри і швидкість, тобто потік є просторовим і дуже складним за формою.

Тому під час розрахунку параметрів хвилі прориву приймаються певні допущення:

- руйнування гідровузла або його частини відбувається миттєво;
- ступінь руйнування напірного фронту (лінії споруд), що підтримують натиск гідровузла, приймається у відсотках (або в долях) від його довжини по рівню води у водосховищі. У разі часткових руйнувань вважається, що пролом утворюється один і знаходиться в найглибшому місці;
- глибина пролому вважається такою, що доходить до дна водосховища;
- зміна пролому в часі не враховується, його форма й розміри вважаються постійними;
- інерційні сили під час визначення часу спорожнення водосховища не враховуються, тобто вважається, що рівень води у водосховищі за його спорожненням весь час залишається горизонтальним;
- русло річки й долина річки, що затоплюються, під час проходження хвилі прориву схематизуються;
- річка за довжиною вважається такою, що складається з ділянок з однорідною шириною, глибинами, ухилами й шорстокостями (розрахункових ділянок);
- шорсткість русла та заплави приймаються середніми для всього перетину розрахункової ділянки й незалежно від глибини та наповнення долини річки;
- розрахунок основних параметрів хвилі прориву проводиться за динамічною віссю потоку.

2.3 Розрахунок параметрів хвилі прориву і побудова графіка проходження хвилі прориву

Перед проведенням розрахунків параметрів хвилі прориву поздовжній профіль ріки в нижньому б'єфі розбивається на характерні ділянки. Межа між вибраними ділянками називається створом. Створів може бути декілька залежно від поздовжнього профілю ріки, призначення розрахунків тощо.

За нульові створи приймається перший (найближчий до потоку) з намічених постійних створів.

Вибір розрахункових постійних створів здійснюється за картою області.

Гідрологічні характеристики постійних створів річок визначаються за даними геолого-географічного опису місцевості й топографічної карти області. Характерними створами можуть бути межа зони особливо небезпечного затоплення (відстань, яку проходить хвиля прориву впродовж 1-го часу після аварії), межа зони катастрофічного затоплення (відстань, яку проходить хвиля прориву впродовж перших 4-ох годин після аварії).

Як зазначалося раніше, хвиля прориву є головним чинником ураження під час руйнування гідротехнічної споруди, то для визначення інженерної обстановки необхідно визначити такі її параметри:

- час повного спорожнення водосховища – $T_{хв.0}$;
- швидкість руху характерних точок хвилі (фронт, гребеня, хвоста) до розрахункових створів, розташованих на річці нижче гідровузла – $V_{фр.}, V_{гр.}, V_{хв.}$;
- час добігання характерних точок хвилі прориву (фронт, гребеня, хвоста) до розрахункових створів, розташованих на річці нижче гідровузла – $t_{фр.}, t_{гр.}, t_{хв.}$;
- тривалість проходження хвилі через вказані створи – $T_{хв.i}$;
- висота хвилі прориву в указаних створах – $H_{хв.i}$.

Варто зазначити, що параметри, які належать до створів, прийнято позначати великими літерами з відповідними індексами, а параметри, які належать до ділянок між створами – малими літерами з відповідними індексами.

Початковими даними для розрахунків параметрів хвилі прориву є об'єм водосховища, W_B , який можливо визначити за залежністю:

$$W_B = \frac{H \cdot S_B}{3}, \text{ млн. м}^3 \quad (2.1)$$

де H – глибина водосховища перед гідровузлом, м; S_B – площа дзеркала водосховища, м².

Площа дзеркала водоймища визначається за залежністю:

$$S_B = B \cdot L, \text{ м}^2 \quad (2.2)$$

де B – ширина водосховища перед гідровузлом, м; L – довжина водоймища, м.

Ухил дна річки, i , визначається за даними геолого-географічного опису місцевості й топографічної карти або за залежністю:

$$i = \frac{B_{\text{сер}} \cdot h_6^2}{W_B \cdot M \cdot (M+1)}, \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

де $B_{\text{сер}}$ – середня ширина річки на висоті h_6 ; h_6 – глибина річки нижче греблі, м; M – параметр, що характеризує форму поперечного перетину ріки, приймається відповідно до рисунку 2.2 [3].

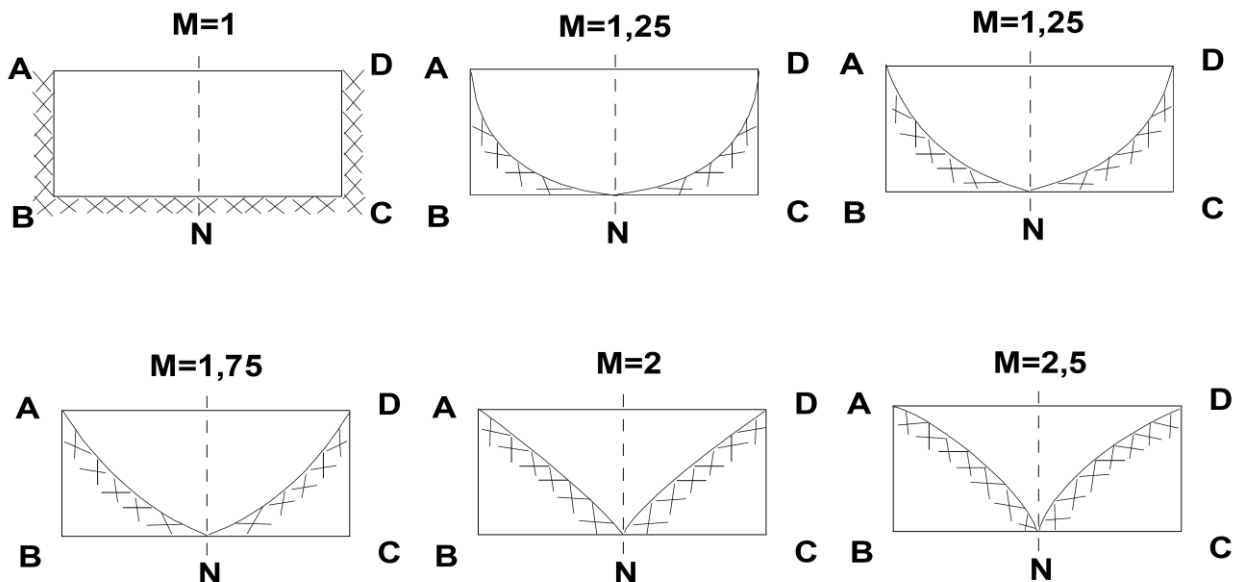


Рисунок 2.2 – Форма поперечного перетину русла річки [3]

Далі визначається висота хвилі прориву (створ 0), хв. H_0 :

$$H_{\text{хв}1} = 0,6 \cdot H - h_6, \text{ м} \quad (2.4)$$

Час проходження хвилі прориву через створ (створ 0) зруйнованої греблі (час повного спорожнення водосховища) визначається за залежністю:

$$T_{\text{хв}0} = \frac{W_B \cdot A}{3600 \cdot \mu \cdot B_1 \cdot H^2}, \text{ ГОДИН} \quad (2.5)$$

де A – коефіцієнт кривизни водосховища (для орієнтовного розрахунку приймається рівним – 2); μ – параметр, який характеризує форму русла ріки в створі гідровузла.

Час добігання хвилі прориву до I-го створу визначається за залежністю:

$$t_I = \frac{l_I}{V_I}, \text{ годин} \quad (2.6)$$

де l_I – довжина 1-ої ділянки річки, м; V_I – швидкість руху хвилі прориву, км/год, на 1-ій ділянці, визначається за таблицею 2.1 залежно від характеристики русла й заплави та дна річки на певній ділянці [3].

Таблиця 2.1 – Середня швидкість руху хвилі прориву, V , км/год [3]

Характеристика русла й заплави	$i = 0,01$	$i = 0,001$	$i = 0,0001$
На річках із широкими затопленими заплавами	4 – 8	1 – 3	0,5 – 1
На звивистих річках із зарослими або нерівними кам'янистими заплавами, з розширеннями та звуженнями заплав	8 – 14	3 – 8	1 – 2
На річках із добре розробленим руслом, з вузькими й середніми заплавами без великих опорів	14 – 20	8 – 12	2 – 5
На малозвивистих річках із крутими берегами й вузькими заплавами	24 – 18	12 – 16	5 – 10

Час добігання хвилі прориву до 2-го створу визначається за залежністю:

$$t_{II} = \frac{l_{II}}{V_{II}} + t_I, \text{ годин} \quad (2.7)$$

де l_{II} – довжина 2-ої ділянки річки; V_{II} – швидкість руху хвилі прориву на 2-ій ділянці; визначається за таблицею 2.1 залежно від характеристики русла й заплави та ухилу дна річки на певній ділянці.

Для визначення висоти хвилі прориву і часу проходження її через 1-ий створ визначається відношення $\frac{t_I}{T_{XB.0}}$ і за таблицею 2.2 [3] визначається відношення $\frac{H_{XB.I}}{H_{XB.0}}$ та відношення $\frac{T_{XB.I}}{T_{XB.0}}$. Знаючи дійсні значення зазначених відношень визначаються висота хвилі в 1-ому створі та час проходження 1-го створу за залежностями:

$$H_{хв.І} = H_{хв.0} \cdot \frac{H_{хв.І}}{H_{хв.0}}, \text{ годин та } T_{хв.І} = T_{хв.0} \cdot \frac{T_{хв.І}}{T_{хв.0}}, \text{ годин} \quad (2.8)$$

Таблиця 2.2 – Значення відносної висоти хвилі прориву й відносної тривалості її проходження в розрахунковому створі залежно від відносного часу проходження хвилі прориву між цими створами* [3]

$t_i/T_{хв.0}$	$H_{хв.І}/H_{хв.0}$	$T_{хв.І}/T_{хв.0}$
0,00	1,0	1,0
0,10	0,9	1,1
0,25	0,8	1,3
0,40	0,7	1,5
0,55	0,6	1,6
0,70	0,5	1,7
0,95	0,4	1,9
1,25	0,3	2,2
1,50	0,3	2,6

Примітка: «*» 1. За великими значеннями $t_i/T_{хв.0}$ орієнтовно можна приймати $(H_{хв.І}/H_{хв.0}) = 0,3$, а $(T_{хв.І}/T_{хв.0}) = (2,6 \div 3)$.

2. Ці таблиці справедливі тільки для першого створу для визначення параметрів хвилі в другому створі $t_i/T_{хв.0}$ замінюється відношенням $t_{II}/(T_{хв.І} + t_i)$, а в третьому створі $t_{III}/(T_{хв.ІІ} + t_i + t_{II})$ тощо.

За даними про хвилю прориву у всіх створах будується графік руху хвилі прориву.

Рекомендації до побудови графіку руху хвилі прориву [3]:

- масштаби параметрів, які відкладаються на вертикальних (абсцис) і горизонтальних (ординат) осях координат обирати довільно з урахуванням можливості розміщення графіку на аркуші паперу формату А4;

- доцільно масштаб висоти прориву взяти більшим, ніж вертикальний масштаб поздовжнього профілю ріки.

Графік будується за даними розрахунків наступним чином:

- за похідними даними на осі абсцис нанести розрахункові ділянки і створи, позначити райони розміщення об'єктів (населеного пункту, мосту);

- на осі ординат зліва (шкала висот) і на перетині з лініями створів вказують глибини водосховища, ріки і хвилі прориву;

- на осі ординат справа (шкала часу) і на перетині з лініями створів вказують час спорожнення водосховища і добігання фронту, гребеня і хвосту хвилі прориву;

- для побудови графіків змінення висоти і руху фронту, гребеня і хвосту хвилі прориву необхідно з'єднати відповідні точки.

Побудований графік дозволяє визначити:

- час, на протязі якого можлива евакуація з об'єктів, що розраховуються, або їх можливого функціонування, виходячи з часу



добігання хвилі прориву;

- часу початку проведення рятувальних робіт, виходячи з часу проходження хвоста хвилі прориву.

2.4 Приклад розрахунку параметрів хвилі прориву при катастрофічному затопленні місцевості від руйнування гідротехнічних споруд та оцінки обстановки у разі аварії на гідротехнічних спорудах

Унаслідок надзвичайної ситуації на річці повністю зруйнований гідровузол.

Характеристика водосховища й річки нижче гідровузла:

- об'єм водосховища – $W_B = 72 \cdot 10^6 \text{ м}^3$;
- ширина водосховища перед гідровузлом (греблею) – $B = 110 \text{ м}$;
- глибина водосховища перед гідровузлом – $H = 42 \text{ м}$;
- глибина ріки нижче греблі – $h_6 = 3,2 \text{ м}$;
- швидкість течії – $V_6 = 1 \text{ м/с}$;
- форма (перетин) долини у створі гідровузла – параболічна;
- морфологічна характеристика – рівнинна ріка з добре розробленим руслом, заплави вузькі, місцями середні, без великих опорів;
- ухили ріки: на ділянці $l_1 = 0 \div 25 \text{ км}$ – $i_1 = 0,0012$; на ділянці $l_2 = 25 \div 45 \text{ км}$ – $i_2 = 0,001$.

Визначити:

1) параметри хвилі прориву на 45 км ділянки річки і побудувати графік її руху;

2) оцінити можливі наслідки затоплення:

- час можливої евакуації населення із населеного пункту K (дерев'яні одноповерхові будівлі), розташованого на відстані 20 км від гідровузла, і час можливого використання для евакуації дерев'яного мосту, розташованого на відстані 35 км від гідровузла;
- характер руйнувань в населеному пункті K .

Рішення

З урахуванням вихідних даних ділянку річки протяжністю 45 км доцільно розбити на дві розрахункові ділянки й три створи. Перша ділянка $l_I = 25 - 0 = 25 \text{ км}$ ($i_1 = 0,0012$), друга – $l_{II} = 45 - 25 = 20 \text{ км}$ ($i_2 = 0,001$). Перший створ – створ зруйнованої дамби (створ 0), другий створ – між 1-ою і 2-ою ділянками (створ I) і третій створ – в кінці другої ділянки (створ II) [3].

Розрахунок параметрів хвилі прориву.

Визначаємо параметри хвилі прориву в створі повного руйнування гідровузла (створ 0).

Знаходимо висоту хвилі прориву, $H_{хв.0}$:

$$H_{хв.0} = 0,6 \cdot H - h_6 = 0,6 \cdot 42 - 3,2 = 22 \text{ м}$$

Час проходження хвилі прориву через створ зруйнованого гідровузла (час повного спорожнення водосховища) за формулою (2.5) складе:

$$T_{хв.0} = \frac{W_B \cdot A}{3600 \cdot \mu \cdot B \cdot H \cdot \sqrt{H}} = \frac{72 \cdot 10^6 \cdot 2}{3600 \cdot 0,6 \cdot 110 \cdot 42 \cdot \sqrt{42}} = 2,22 \text{ години}$$

де A – коефіцієнт, що характеризує форму кривизни водосховища (для орієнтовного розрахунку приймається рівним – 2) [4, С. 144]; μ – параметр, який характеризує форму русла ріки, при параболічній формі русла в створі гідровузла коефіцієнт $\mu = 0,6$) [4, С. 145].

Для приблизних розрахунків можна приймати:

- для трикутного перетину русла $\mu=0,30$;
- для параболічного перетину русла $\mu=0,60$;
- для прямокутного перетину русла $\mu=0,90$.

Визначаємо основні дані руху хвилі прориву на 1-ій ділянці.

Час добігання хвилі прориву до другого створу, t_1 , (створ I) визначається за формулою (2.6) і складе:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{25}{11} = 2,27 \text{ години}$$

де V_1 – швидкість руху хвилі прориву, км/год, на 1-ій ділянці; для річки з добре розробленим руслом, з вузькими заплавами, без великих опорів за ухилом дна $i = 0,0012$ середня швидкість руху хвилі прориву на 1-ій ділянці за таблицею 2.1 дорівнює $V_1 = 11$ км/год.

Визначаємо висоту хвилі прориву в другому створі $H_{хв.1}$, (створ 1). Для цього на початку знаходимо значення відношення часу добігання хвилі прориву до другого створу t_1 до часу повного спорожнення водосховища, $T_{хв.0}$:

$$\frac{t_1}{T_{хв.0}} = \frac{2,27}{2,22} \approx 1,02$$

Тепер за таблицею 2.2 знаходимо відповідні цьому відношенню $\frac{t_1}{T_{хв.0}}$ $= 1,02$, використовуючи метод інтерполяції значення відношень $\frac{H_{хв.1}}{H_{хв.0}} \approx 0,37$

та $\frac{T_{XB.I}}{T_{XB.0}} \approx 1,95$.

Тоді за формулою (2.8):

$$H_{XB.I} = H_{XB.0} \cdot \frac{H_{XB.I}}{H_{XB.0}} = 22 \cdot 0,37 = 8,14 \text{ м.}$$

Тепер можна визначити час проходження хвилі прориву через другий створ (створ I). За таблицею 2.2, як зазначалося раніше, $\frac{T_{XB.I}}{T_{XB.0}} \approx 1,95$, тоді:

$$T_{XB.I} = T_{XB.0} \cdot \frac{T_{XB.I}}{T_{XB.0}} \approx 4,33 \text{ год.}$$

Далі визначаються параметри хвилі прориву під час її рух по другій розрахунковій ділянці та в третьому створі (створ II).

Час добігання хвилі прориву до третього створу (створ II) визначається з урахуванням протяжності розрахункової ділянки $l_{II} = 20$ км (ухил дна річки $i = 0,001$).

На рівнинних річках з середніми заплавами без великих опорів за ухилом $i = 0,001$ за таблицею 2.1 середня швидкість руху хвилі становить $V_{II} \approx 9$ км/год. У цьому разі час добігання хвилі прориву від другого створу (створ I) до третього створу (створ II) дорівнює:

$$t_{II} = \frac{l_{II}}{V_{II}} = \frac{20}{9} = 2,2 \text{ години}$$

Для визначення висоти хвилі прориву в третьому створі (створ II) знаходимо значення відношення:

$$\frac{t_{II}}{T_{XB.I} + t_I} = \frac{2,2}{4,33 + 2,27} \approx 0,33.$$

Далі за таблицею 2.2 знаходимо відповідні цьому відношенню $\frac{t_{II}}{T_{XB.I} + t_I} \approx 0,33$, використовуючи метод інтерполяції, значення відношень $\frac{H_{XB.II}}{H_{XB.I}} \approx 0,73$. Тоді $H_{XB.II} = H_{XB.I} \cdot \frac{H_{XB.II}}{H_{XB.I}} = 8,14 \text{ м} \cdot 0,73 = 5,94 \text{ м.}$

Наостанок визначається тривалість проходження хвилі прориву через третій створ (створ II) попередньо, знайшовши відношення $\frac{t_{II}}{T_{XB.I} + t_I} \approx 0,33$. За цим відношенням за таблицею 2.2 знаходимо та $\frac{T_{XB.II}}{T_{XB.I}} = 1,43$. Тоді:

$$T_{\text{хв.ІІ}} = T_{\text{хв.І}} \frac{T_{\text{хв.ІІ}}}{T_{\text{хв.І}}} = 4,33 \cdot 1,43 = 6,2 \text{ год.}$$

За даними, отриманими на підставі розрахунків, будується графік проходження хвилі прориву (рис. 2.3). До того ж, доцільно масштаб висоти хвилі прориву узяти більше на відміну від горизонтального масштабу поздовжнього профілю річки.

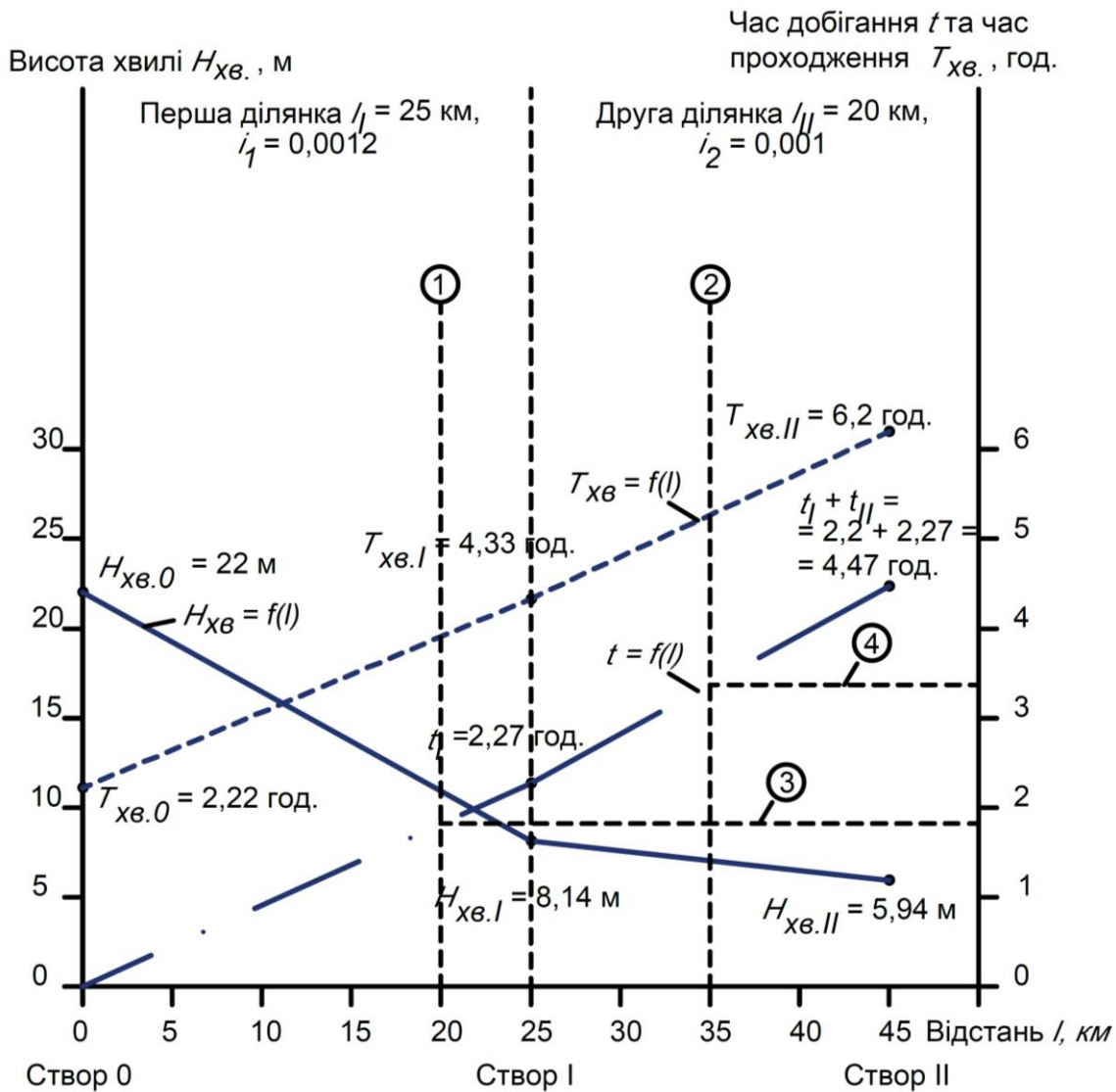


Рисунок 2.3 – Графік руху хвилі прориву: $H_{\text{хв}} = f(l)$ – графік зміни хвилі прориву за висотою; $t = f(l)$ – графік руху гребеню хвилі прориву; $T_{\text{хв}} = f(l)$ – графік руху хвоста хвилі прориву; 1 – населений пункт K (дерев'яні одноповерхові будівлі), розташований на відстані 20 км від гідровузла; 2 – дерев'яний міст, розташований на відстані 35 км від гідровузла; 3 – закінчення евакуації; 4 – затоплення мосту

Оцінка руйнувань у зонах затоплення визначається наступним чином. Відповідно до побудованого графіку руху хвилі прориву визначаємо:

- хвиля прориву досягне населеного пункту *K* через 1,82 години і дерев'яного мосту через 3,37 години після руйнування ГТС;
- висота хвилі прориву складе у районі населеного пункту *K* – 10,91 м і мосту – 7,04 м.

Враховуючи, що швидкість руху хвилі прориву складає $V_I = 11$ км/год і $V_{II} = 9$ км/год на першій і другій ділянці відповідно, то за даними таблиці 2.3 населений пункт *K* і дерев'яний міст будуть зруйновані повністю.

Таблиця 2.3 – Ступені руйнування будівель і споруд в залежності від динамічного напору хвилі прориву [1, 3]

Характеристика будівель і споруд	Руйнування					
	повні і сильні		середні		слабкі	
	$V_{хе}$	$h_{хе}$	$V_{хе}$	$h_{хе}$	$V_{хе}$	$h_{хе}$
Збірні дерев'яні житлові будинки	3	2	2,5	1,5	1	1
Дерев'яні будинки (1 – 2 поверхи)	3,5	2	2,5	1,5	1	1
Цегляні малоповерхові будівлі (1 – 3 поверхи)	4	2,4	3	2	2	1
Промислові будівлі з легким металевим каркасом і будівлі без каркасів	5	2,5	3,5	2	2	1,5
Цегляні будинки середньої поверховості (4 поверхи)	6	3	4	2,5	2,5	1,5
Промислові будівлі з важким металевим або залізобетонним каркасом (стіни з керамзитових панелей)	7,5	4	6	3	3	1,5
Бетонні і залізобетонні будівлі антисейсмічної конструкції	12	4	9	3	4	1,5
Стінки, набережні і пірси на дерев'яних палях	4	6	2	4	1	1
Стінки, набережні і пірси напруженої конструкції з заповненням камінням	5	6	3	4	1	1
Стінки, набережні і пірси на залізобетонних і металевих палях	6	6	3	4	1	2
Стінки, набережні, моли, хвилеломи з кладки масивів	7	6	4	4	2	2
Обладнання портів та промислових підприємств						
Верстатне обладнання	3	2	2	2	1	1
Обладнання хімічних і електротехнічних цехів і лабораторій	4	1,5	3	1,5	1	1
Стапелі і стапельні місця суднобудівельних і судноремонтних заводів	4	4	3	3	2	1
Трансформаторно-понижуючі підстанції	5	2	4	2	2	1
Кранове обладнання: портальні крани вантажопідйомністю						
5 т	6	4	6	2	2	1,5
10 т	8	5	6	2	2	2
16 т	8	6	6	3	2	2

Характеристика будівель і споруд	Руйнування					
	повні і сильні		середні		слабкі	
	$V_{хе}$	$h_{хе}$	$V_{хе}$	$h_{хе}$	$V_{хе}$	$h_{хе}$
Мостовий перевантажувач 16 т	10	9	6	4	2	2
Мости, дороги і транспортні засоби						
Дерев'яні мости (потік вище проїзної частини)	1	2	1	1,5	0	0,5
Залізобетонні мости	2	3	1	2	0	0,5
Металеві мости і шляхопроводи з прольотом 30-100 м	2	3	1	2	0	0,5
Теж саме, з прольотом більше 100 м	2	2,5	1	2	0	0,5
Залізничні шляхи	2	2	1	1	0,5	0,5
Дороги з гравійним (щебневим) покриттям 2,5	2,5	2	1	1,5	0,5	0,5
Шосейні дороги з асфальтовим і бетонним покриттям	4	3	2	1,5	1	1
Автомобілі	2	2	1,5	1,5	1	1
Рухомий залізничний состав	3,5	3	3	1,5	1,5	1
Плавучі засоби						
Малі річні судна, катери з осадкою не менше 2м	5	2	4	1,5	2	1,5
Допоміжні судна (плавкрани, землечерпальні снаряди тощо)	7	2	4	1,5	2	1,5
Великі річні пасажирські і вантажні судна (з осадкою більше 2,5 м)	9	2	5	1,5	3	1,5
Плавучі причали	9	2	6	2	3	2

Висновок. Відповідно до побудованого графіку руху хвилі прориву встановлено, що: 1) хвиля прориву досягне населеного пункту *K* через 1,82 години і дерев'яного мосту через 3,37 години після руйнування ГТС; 2) висота хвилі прориву складе у районі населеного пункту *K* – 10,91 м і мосту – 7,04 м. Враховуючи, що швидкість руху хвилі прориву складає $V_{\perp} = 11$ км/год і $V_{\parallel} = 9$ км/год на першій і другій ділянці відповідно, то населений пункт *K* і дерев'яний міст будуть зруйновані повністю.

2.5 Індивідуальне завдання

Розрахуйте параметри хвилі прориву при катастрофічному затопленні місцевості від руйнування гідротехнічних споруд та оцінити обстановку у разі аварії на гідротехнічних спорудах.

Визначити:

- 1) параметри хвилі прориву і побудувати графік її руху;
- 2) оцінити можливі наслідки затоплення для об'єктів № 1 і 2, характер руйнувань.

Додатково. За бажанням для підвищення оцінки ознайомтесь з Національним класифікатором ДК 019:2010 "Класифікатор надзвичайних

ситуацій", за яким самостійно визначте і зазначте у висновку код та назву надзвичайної ситуації за класифікацією [2].

Варіанти індивідуальних завдань наведені у таблиці 2.4.


Таблиця 2.4 – Варіанти похідних даних для завдань

№ варіанту	Об'єм водосховища · 10 ⁶ м ³	Ширина водосховища перед греблею, м	Глибина водосховища перед гідровузлом, м	Глибина ріки нижче греблі, м	Швидкість течії, м/с	Форма (перетин) долини в створі гідровузла	Морфологічна характеристика	Довжина ділянок, км	Нахил русла ріки на ділянках	Об'єкти і їх віддаленість	
										№ 1	№ 2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	50	45	25	2,5	0,7	параболічна	Добре розроблене русло, з вузькими і середніми поймами без великих опорів	20;	0,001;	Селище: цегляні будівлі на 2 поверхи, 15 км.	Металевий міст, 30 км
2	60	50	30	2,7	0,8			20;	0,0012;		
3	70	55	35	2,8	0,9			20;	0,0015;		
4	80	65	40	3,0	1,0			15	0,0012		
5	85	100	45	3,2	0,9			25;	0,0012;		
6	50	45	25	2,5	0,7	трикутна	Звивиста ріка з зарослими кам'янистими поймами (з розширенням і звуженням)	15,	0,001;	Промислові будівлі з залізо-бетонним каркасом, 10 км	Залізобетонний міст, 25 км
7	60	50	30	2,7	0,8			15	0,0012;		
8	70	55	35	2,8	0,9			20	0,0015;		
9	80	65	40	3,0	1,0			20	0,0012;		
10	85	100	45	3,2	0,9			15	0,0008		
11	50	45	25	2,5	0,7	параболічна	Добре розроблене русло, з вузькими і середніми поймами без	20;	0,001;	Селище: цегляні будівлі на 2 поверхи, 15 км.	Металевий міст, 30 км
12	60	50	30	2,7	0,8			20	0,0008		
13	70	55	35	2,8	0,9			25;	0,0012;		
14	80	65	40	3,0	1,0			25	0,001		
15	85	100	45	3,2	0,9			20,	0,0015;		
16	50	45	25	2,5	0,7	трикутна	Звивиста ріка з зарослими кам'янистими поймами (з розширенням і звуженням)	20;	0,0012;	Промислові будівлі з залізо-бетонним каркасом, 10 км	Залізобетонний міст, 25 км
17	60	50	30	2,7	0,8			20	0,0015;		
18	70	55	35	2,8	0,9			20	0,0012;		
19	80	65	40	3,0	1,0			15	0,0008		
20	85	100	45	3,2	0,9			25;	0,0012;		
21	50	45	25	2,5	0,7	трикутна	Звивиста ріка з зарослими кам'янистими поймами (з розширенням і звуженням)	15,	0,001;	Промислові будівлі з залізо-бетонним каркасом, 10 км	Залізобетонний міст, 25 км
22	60	50	30	2,7	0,8			15	0,0012;		
23	70	55	35	2,8	0,9			20	0,0015;		
24	80	65	40	3,0	1,0			20	0,0012;		
25	85	100	45	3,2	0,9			10	0,0008		
26	50	45	25	2,5	0,7	трикутна	Звивиста ріка з зарослими кам'янистими поймами (з розширенням і звуженням)	25;	0,001;	Селище: цегляні будівлі на 2 поверхи, 15 км.	Металевий міст, 30 км
27	60	50	30	2,7	0,8			20	0,0005		
28	70	55	35	2,8	0,9			15,	0,0012;		
29	80	65	40	3,0	1,0			20	0,0015;		
30	85	100	45	3,2	0,9			10	0,0008		
31	50	45	25	2,5	0,7	трикутна	Звивиста ріка з зарослими кам'янистими поймами (з розширенням і звуженням)	15,	0,001;	Промислові будівлі з залізо-бетонним каркасом, 10 км	Залізобетонний міст, 25 км
32	60	50	30	2,7	0,8			15	0,0012;		
33	70	55	35	2,8	0,9			20	0,0015;		
34	80	65	40	3,0	1,0			20	0,0012;		
35	85	100	45	3,2	0,9			10	0,0008		

№ варіанту	Об'єм водосховища ·10 ⁶ м ³	Ширина водосховища перед греблею, м	Глибина водосховища перед гідровузлом, м	Глибина ріки нижче греблі, м	Швидкість течії, м/с	Форма (перетин) долини в створі гідровузла	Морфологічна характеристика	Довжина ділянок, км	Нахил русла ріки на ділянках	Об'єкти і їх віддаленість		
										№ 1	№ 2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
17	60	50	30	2,7	0,8	прямокутна		15, 20	0,0012; 0,001			
18	70	55	35	2,8	0,9			20, 20	0,0015; 0,0012			
19	80	65	40	3,0	1,0			20, 15	0,0012; 0,0008			
20	85	100	45	3,2	0,9			20, 10	0,001; 0,0005			
21	60	50	27	2.8	0.9			15, 15	0,001; 0,0008			
22	70	55	32	3	1	15, 20	0,0012; 0,001					
23	80	60	37	3.1	1.1	20, 20	0,0015; 0,0012					
24	90	70	42	3.3	1.2	20, 15	0,0012; 0,0008					
25	95	105	47	3.5	1.1	20, 10	0,001; 0,0005					
26	60	50	27	2.8	0.9	20; 20	0,001; 0,0008					
27	70	55	32	3	1	25; 25	0,0012; 0,001					
28	80	60	37	3.1	1.1	20, 15	0,0015; 0,0012					
29	90	70	42	3.3	1.2	25, 10	0,0012; 0,0008					
30	95	105	47	3.5	1.1	25, 20	0,001; 0,0005					
31	60	50	27	2.8	0.9	15, 15	0,001; 0,0008					
32	70	55	32	3	1	15, 20	0,0012; 0,001					
33	80	60	37	3.1	1.1	20, 20	0,0015; 0,0012					
34	90	70	42	3.3	1.2	20, 15	0,0012; 0,0008					
35	95	105	47	3.5	1.1	20, 10	0,001; 0,0005					
						параболічна	Добре розроблене русло, з вузькими і середніми поймами без великих опорів			Селище: збірні дерев'яні житлові будинки, 19 км.	Залізобетонний міст, 32 км	
						трикутна		Звивиста ріка з зарослими кам'янистими				

Рекомендована література

1. Оцінка обстановки у надзвичайних ситуаціях : навч. посібник / М. В. Хворост, М. М. Луценко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 133 с.



2. Природні та техногенні загрози, оцінювання небезпек: навч. посібник / [В. А. Андропова та ін.]. – Харків: НУЦЗУ, 2011. – 264 с.

3. Національний класифікатор ДК 019:2010 "Класифікатор надзвичайних ситуацій". URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va457609-10#Text>.

4. Довідник з цивільної оборони. – Київ: ЗАТ «УКРТЕХНОГРУПА», 2000. – 935 с. URL: http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/935/935.pdf

Питання для самоперевірки

1. Які на Вашу основні чинники ураження місцевості від затоплення?

2. Як Ви розумієте що таке хвиля прориву?

3. Які параметри можна визначити за графіком руху хвилі прориву?

Індивідуальне завдання № 2.2

Порядок визначення класу небезпеки шкідливої речовини

Мета: навчитися визначати класи небезпеки шкідливих речовин

2.1 Теоретичні відомості щодо визначення класу небезпеки шкідливої речовини

Клас небезпеки – умовна величина шкідливого впливу, яка встановлюється відповідно до нормативних галузевих документів. Класи небезпеки застосовуються до різних об'єктів – для шкідливих речовин, для відходів, для підприємств, для вантажів і т.д.

Основне призначення класу небезпеки – визначити ступінь тієї загрози для людини або довкілля, яку несе в собі певний об'єкт і визначити відповідні заходи щодо обмеження цієї небезпеки. Тобто клас небезпеки об'єкту, процесу чи явища потрібен для того, щоб його небезпеку можна було оцінювати та контролювати (рис. 2.1) [2].

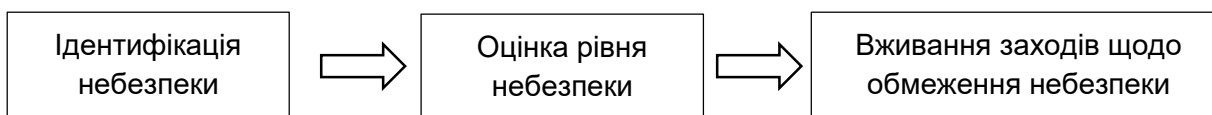


Рисунок 2.1 – Принцип управління безпекою [2]

2.2 Класи небезпеки шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини

Порядок класифікації шкідливих речовин встановлено у ГОСТ 12.1.007-76. Дію цього документу в Україні припинено 01.01.2019 р., проте йому на заміну жодного нормативного документу не розроблено, тому цим стандартом можна продовжувати користуватися як текстом (інструкцією), якщо на нього не передбачається робити посилання у відповідній сфері діяльності (згідно з Роз'ясненням Міністерства економічного розвитку і торгівлі України з питань застосування стандартів) [1].

Стандарт поширюється на шкідливі речовини, що містяться в сировині, продуктах, напівпродуктах і відходах виробництва, і встановлює загальні вимоги безпеки при їх виробництві, застосуванні та зберіганні.

За ступенем впливу на організм людини шкідливі речовини підрозділяються на чотири класи небезпеки:

- 1-й – речовини надзвичайно небезпечні;
- 2-й – речовини високо небезпечні;
- 3-й – речовини помірно небезпечні;
- 4-й – речовини мало небезпечні.

Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюють залежно від норм і показників, зазначених у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Норми показників для визначення класу небезпеки шкідливої речовини

Найменування показника	Норма для класу небезпеки			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони, мг/м ³	Менше 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Більше 10,0
Середня смертельна доза при введенні в шлунок, мг/кг	Менше 15	15-150	151-5000	Більше 5000
Середня смертельна доза при нанесенні на шкіру, мг/кг	Менше 100	100-500	501-2500	Більше 2500
Середня смертельна концентрація в повітрі, мг/м ³	Менше 500	500-5000	5001-50000	Більше 50000
Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КМІО)	Більше 300	300-30	29-3	Менше 3
Зона гострої дії	Менше 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Більше 54,0
Зона хронічної дії	Більше 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менше 2,5

Віднесення шкідливої речовини до класу небезпеки здійснюють за показником, значення якого відповідає найбільш високому класу небезпеки.

Пояснення термінів, що зустрічаються в стандарті:

Шкідлива речовина – речовина, яка при контакті з організмом людини в разі порушення вимог безпеки може викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення в стані здоров'я, які виявляються сучасними методами як у процесі роботи, так і у віддалені строки життя теперішнього і наступних поколінь.

Середня смертельна доза при введенні в шлунок – доза речовини, що викликає загибель 50% тварин при одноразовому введенні в шлунок.


Середня смертельна концентрація в повітрі – концентрація речовини, що викликає загибель 50% тварин при двох-чотиригодинному інгаляційному впливі.

Середня смертельна доза при нанесенні на шкіру – доза речовини, що викликає загибель 50% тварин при одноразовому нанесенні на шкіру.

Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння – відношення максимально досяжної концентрації шкідливої речовини в повітрі при 20°C до середньої смертельної концентрації речовини для мишей.

Зона гострої дії – відношення середньої смертельної концентрації шкідливої речовини до мінімальної (порогової) концентрації, що викликає зміну біологічних показників на рівні цілісного організму, що виходять за межі пристосувальних фізіологічних реакцій.

Зона хронічної дії – відношення мінімальної (порогової) концентрації, що викликає зміну біологічних показників на рівні цілісного організму, що виходять за межі пристосувальних фізіологічних реакцій, до мінімальної (порогової) концентрації, що викликає шкідливу дію в



хронічному експерименті по чотири, п'ять разів на тиждень протягом не менше чотирьох місяців.

2.3 Класи небезпеки шкідливих речовин у повітрі

За величиною ГДК в повітрі робочої зони шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки (див. табл. 2.1) [3]:

- речовини надзвичайно небезпечні – ГДК менше $0,1 \text{ мг/м}^3$ (свинець, ртуть, озон);
- речовини високо небезпечні – ГДК $0,1 \dots 1,0 \text{ мг/м}^3$ (кислоти сірчана та соляна, хлор, фенол, бром, йод);
- речовини помірно небезпечні – ГДК $1,1 \dots 10,0 \text{ мг/м}^3$ (вінілацетат, толуол, ксилол, спирт метиловий, оксид цинку);
- речовини мало небезпечні – ГДК більше $10,0 \text{ мг/м}^3$ (пари спирту, бензину, ацетону, аміак).

Повний перелік шкідливих речовин та класів їх небезпеки у повітрі робочої зони наведений у Гігієнічних регламентах хімічних речовин у повітрі робочої зони, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України №52 від 14.01.2020 р.

Контроль за концентрацією шкідливих речовин у повітрі робочої зони має здійснюватися з певною періодичністю відповідно до класів небезпеки цих речовин, а саме:

- для речовин 1-го класу небезпеки – 1 раз на 10 днів;
- для речовин 2-го класу небезпеки – 1 раз на місяць;
- для речовин 3-го та 4-го класу небезпеки – 1 раз на квартал.

При встановленій відповідності вмісту шкідливих речовин 3-го, 4-го класів небезпеки рівню ГДК допускається проводити контроль не рідше 1 разу на рік.

2.4 Класи небезпеки шкідливих речовин у воді

Класи небезпеки шкідливих речовин у воді наведені у СанПіН № 4630–88 «Санітарні правила та норми охорони поверхневих вод від забруднення». Дію цього документу в Україні також припинено 01.01.2017р., проте йому на заміну також жодного нормативного документу не розроблено, тому цими правилами можна продовжувати користуватися як інструкцією [1].

У цьому документі вказані такі класи небезпеки речовини у воді:

- I клас – надзвичайно небезпечні,
- II клас – високо небезпечні,
- III клас – небезпечні,
- IV клас – помірно небезпечні.

В основу класифікації покладено показники, що характеризують різну ступінь небезпеки для людини хімічних сполук, що забруднюють

воду, в залежності від токсичності; кумулятивності; здатності викликати віддалені ефекти; показника шкідливості, що лімітує.

Приклади хімічних речовин та класів їх небезпеки наведені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування

№ з/п	Найменування речовини	ГДК або ОДР ¹	Показник шкідливості, що лімітує	Гранично допустима концентрація, мг/дм ³	Клас небезпеки
1	Берилій	ГДК	с.-т. ²	0,0002	1
2	Галій	ГДК	с.-т.	0,0001	1
3	Фосфор елементарний	ГДК	с.-т.	0,0001	1
4	Вісмут	ГДК	с.-т.	0,13	2
5	Літій	ГДК	с.-т.	0,03	2
6	Метан	ОДР	с.-т.	2,0	2
7	Бензин	ГДК	орг. зап. ³	0,1	3
8	Ацетон	ГДК	загал. ⁴	2,2	3
9	Залізо	ГДК	орг. к. ⁵	0,3 ³	3
10	Нафталін	ГДК	орг. зап.	0,01	4
11	Спирт пропіловий	ГДК	орг. зап.	0,25	4
12	Тетрахлоретан	ГДК	орг. зап.	0,2	4

Примітка: 1) ОДР – орієнтовно допустимий рівень; 2) с.-т. – санітарно-токсикологічний; 3) орг. – органолептичний (зап. – запах); 4) загал. – загальний; 5) к. – колір.

Класи небезпеки шкідливих речовин у воді враховують:

- при виборі сполук, що підлягають першочерговому контролю в воді в якості індикаторних речовин;
- при встановленні послідовності водоохоронних заходів, що вимагають додаткових капіталовкладень;
- при обґрунтуванні рекомендацій про заміну в технологічних процесах високо небезпечних речовин на менш небезпечні;
- при визначенні черговості в розробці чутливих методів аналітичного визначення речовин у воді.

2.5 Класи небезпеки шкідливих речовин у ґрунті

Небезпечні речовини, що спричиняють забруднення ґрунтів, згідно з діючим природоохоронним законодавством поділені на 4 групи небезпечності, основою для визначення яких є величини граничнодопустимих концентрацій та орієнтовно допустимих концентрацій (ОДК) хімічних речовин у ґрунті (табл. 2.3) [2, 4]:

1 група – речовини надзвичайно небезпечні;

- 2 група – речовини дуже небезпечні;
 3 група – речовини помірно небезпечні;
 4 група – інші.

Таблиця 2.3 – Групи небезпечності забруднюючих речовин за ГДК (ОДК) хімічних речовин у ґрунті

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

Примітка: *Перелік забруднюючих речовин, що відповідають групі небезпечності, не є вичерпним. Якщо забруднююча речовина відсутня у переліку, групу її небезпечності визначають за величиною ГДК або ОДК, які наведені у Гігієнічних регламентах допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті, що затверджені Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 1595 від 14 липня 2020 року.

В разі відсутності класу небезпеки хімічних речовин, пріоритетних для ґрунтів обстежуваного району (табл. 2.3), їх клас небезпеки може бути визначений за індексом небезпеки J (Методичні вказівки по оцінці ступеня небезпеки забруднення ґрунту хімічними речовинами № 4266-87).

Індекс небезпеки J розраховується за формулою [2]:

$$J = \lg \frac{A \cdot S}{\alpha \cdot M \cdot \text{ГДК}} \quad (2.1)$$

де A – атомна маса відповідного елементу; S – розчинність у воді хімічної сполуки (мг/л); α – середнє арифметичне з шести ГДК хімічних речовин в різних харчових продуктах – м'ясо, риба, молоко, хліб, овочі, фрукти (табл. 2.4); M – молекулярна маса хімічної сполуки, до якої входить даний елемент; ГДК – гранично допустима концентрація елементу в

ґрунті, мг/кг (табл. 2.5).

Таблиця 2.4 – Гранично допустимі концентрації хімічних елементів в харчових продуктах, мг/кг

Найменування речовини	Продукти харчування					
	риба	м'ясо	молоко	хліб	овочі	фрукти
Алюміній	30	10	1	20	30	20
Залізо	30	50	3	50	50	50
Йод	2	1	0,3	1	1	1
Кадмій	0,1	0,05	0,01	0,022	0,03	0,03
Мідь	10	5	0,5	5	10	10
Миш'як	1	0,5	0,05	0,2	0,2	0,2
Нікель	0,5	0,5	0,1	0,5	0,5	0,5
Олово	200	200	100	—	200	100
Ртуть	0,5	0,03	0,005	0,01	0,02	0,01
Свинець	0,1	0,05	0,05	0,2	0,5	0,4
Селен	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5
Сурма	0,5	0,1	0,05	0,1	0,3	0,3
Фтор	10	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Хром	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
Цинк	40	40	5	25	10	10

Таблиця 2.5 – Гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті [4]

№ з/п	Найменування речовини	Величина гранично допустимої концентрації (ГДК), мг/кг з урахуванням фону (кларка)	Лімітуючий показник шкідливості
1	2	4	5
1	Бенз(а)пірен	0,02	загальносанітарний
2	Бензин	0,1	повітряно-міграційний
3	Бензол	0,3	повітряно-міграційний
4	Ванадій	150,0	загальносанітарний
5	Ванадій + марганець	100 + 1000	загальносанітарний
6	Диметилбензоли (1,2-диметилбензол; 1,3-диметилбензол; 1,4-диметилбензол)	0,3	транслокаційний
7	Комплексні гранульовані добрива (КГД)	120,0	водно-міграційний
8	Комплексні рідкі добрива (КРД) ¹	80,0	водно-міграційний
9	Марганець	1500,0	загальносанітарний
10	Метаналь	7,0	повітряно-міграційний
11	Метилбензол	0,3	повітряно-міграційний
12	(1-метилетеніл)бензол	0,5	повітряно-міграційний
13	(1-метилетил)бензол	0,5	повітряно-міграційний
14	(1-метилетил)бензол + (1-метилетеніл)бензол	0,5	повітряно-міграційний
15	Арсен * (миш'як)	2,0	транслокаційний
16	Нітрати (за NO ₃)	130,0	водно-міграційний
17	Відходи флотажії вугілля (ВФВ) ³	3000,0	водно-міграційний; загальносанітарний
18	Ртуть*	2,1	транслокаційний
19	Свинець*	32,0	загальносанітарний
20	Свинець + ртуть*	20,0 + 1,0	транслокаційний

№ з/п	Найменування речовини	Величина гранично допустимої концентрації (ГДК), мг/кг з урахуванням фону (кларка)	Лімітуючий показник шкідливості
1	2	4	5
21	Сірка	160,0	загальносанітарний
22	Сірчана кислота (за S)	160,0	загальносанітарний
23	Сірководень (за S)	0,4	повітряно-міграційний
24	Суперфосфат (за P ₂ O ₅)	200,0	транслокаційний
25	Сурма	4,5	водно-міграційний
26	Фуран-2-карбальдегід	3,0	загальносанітарний
27	Хлорид калію (за K ₂ O)	560,0	водно-міграційний
28	Хром шестивалентний	0,05	загальносанітарний
29	Етаналь	10	повітряно-міграційний
30	Етенилбензол	0,1	повітряно-міграційний
31	Кадмій	1,5 у чорноземі за рН ґрунту 6,7-7,0	загальносанітарний
32	Нафтопродукти ²	1000,0	загальносанітарний, фітотоксичність
33	Метилтрет-бутиловий ефір (МТБЕ)	0,05	міграційно-повітряний
Рухлива форма			
34	Кобальт ⁴	5,0	загальносанітарний
35	Марганець, який вилучають 0,1 н H ₂ SO ₄ :	700,0	
	Чорнозем		
	Дерново-підзолистий ґрунт:		
	рН 4,0	300,0	
	рН 5,1-6,0	400,0	
	рНз 6,0	500,0	
	Марганець, який вилучають ацетатно-амонійним буфером з рН 4,8:		загальносанітарний
	Чорнозем	140,0	
	Дерново-підзолистий:		
	рН 4,0	60,0	
	рН 5,1-6,0	80,0	
	рНз 6,0	100,0	
36	Мідь ⁵	3,0	загальносанітарний
37	Нікель ^{5**}	4,0	
38	Свинець ^{5*}	6,0	загальносанітарний
39	Фтор ⁶	2,8	транслокаційний
40	Хром тривалентний ⁵	6,0	загальносанітарний
41	Цинк ^{5*}	23,0	транслокаційний
Водорозчинна форма			
42	Фтор	10,0	транслокаційний

Примітка. 1. КГД – комплексні гранульовані добрива складу N : P : K = 64:0:15. ГДК КГД контролюється за вмістом нітратів у ґрунті, що не має перевищувати 76,8 мг/кг абсолютно сухої маси ґрунту. КРД – комплексні рідкі добрива складу N : P : K = 10 : 34 : 0 (за ТУ 6-08-290-74) з домішками марганцю (не більше 0,6 % від загальної маси). ГДК КРД контролюється за вмістом рухливих форм фосфатів у ґрунті, що не має перевищувати 27,2 мг/кг абсолютно сухої маси

ґрунту.

2. Нафтопродукти передбачають також і дизельне паливо у чорноземі звичайному малогумусному – визначають гравіметричним (арбітражним) методом екстрагування гексаном.

3. ВФВ – відходи флотації вугілля. ГДК ВФВ контролюється за вмістом бенз(а)пірену у ґрунті, що не має перевищувати ГДК бенз(а)пірену.

4. Рухливу форму кобальту вилучають з ґрунту ацетатно-натрієвим буферним розчином з рН 3,5 і рН 4,7 для сіроземів і ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8 для інших типів ґрунтів.

5. Рухливу форму елемента вилучають з ґрунту ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8.

6. Рухливу форму фтору вилучають з ґрунту з рН $\leq 6,5$ 0,006 н HCl, з рН $> 6,5$ – 0,03 н K₂SO₄.

Характеристика шкідливих хімічних речовин за характером дії на організм:

* Канцерогенні (бластомогенні) сполуки: бенз(а)пірен, арсен (As), меркурій (Hg), плюмбум (Pb), цинк (Zn), молібден (Mo), нікель (Ni).

** Сенсibiliзуючі хімічні речовини або алергени (нікель (Ni)).

*** Мутагенні речовини (плюмбум (Pb), марганець (Mn)).

**** Проявляють репродуктивну токсичність (меркурій (Hg), плюмбум (Pb) марганець (Mn)).

Після розрахунку індексу *J* клас та характер небезпеки хімічної речовини визначають у відповідності до табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Клас небезпеки хімічних речовин в ґрунті, що визначається за індексом небезпеки *J*

Значення індексу	Клас небезпеки	Характер небезпеки
Від 4,1 і більше	I	Надзвичайно небезпечні
Від 2,6 до 4,0	II	Дуже небезпечні
Від 0,1 до 2,5	III	Помірно небезпечні
Менше 0,1	IV	Інші

Клас небезпеки речовин, що потрапляють в ґрунт будь-яким антропогенним шляхом, слід враховувати при контролі забруднення ґрунтів.

Оцінка ступеня небезпеки забруднення ґрунту хімічними речовинами, проводиться за кожною речовиною з урахуванням наступних загальних закономірностей:

- небезпека забруднення тим вище, чим більше фактичний вміст компонентів забруднення ґрунту понад ГДК, що може бути виражено коефіцієнтом $K=C/\text{ГДК}$, тобто небезпека забруднення тим вище, чим більше *K* перевищує одиницю;

- небезпека забруднення тим вище, чим вище клас небезпеки

контрольованої речовини, його персистентність, розчинність в воді і рухливість у ґрунті та глибина забрудненого шару;

- небезпека забруднення тим більше, чим менше буферна здатність ґрунту, яка залежить від механічного складу, вмісту органічної речовини, кислотності ґрунту. Чим нижче вміст гумусу, рН ґрунту і легше механічний склад, тим небезпечніше її забруднення хімічними речовинами.

2.6 Приклад визначення класу небезпеки речовини за ступенем впливу на організм людини

Для речовини CuSO_4 (сульфат міді або мідний купорос) необхідно визначити клас небезпеки:

- 1) за ступенем впливу на організм людини;
- 2) у повітрі;
- 3) у воді;
- 4) у ґрунті.

Клас небезпеки шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини встановлюють залежно від норм і показників, зазначених у табл. 2.1, тобто нам потрібні такі дані про CuSO_4 :

- 1) ГДК в повітрі робочої зони, мг/м^3 ;
- 2) середня смертельна доза при введенні в шлунок, мг/кг ;
- 3) середня смертельна доза при нанесенні на шкіру, мг/кг ;
- 4) середня смертельна концентрація в повітрі, мг/м^3 ;
- 5) коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КМІО);
- 6) зона гострої дії;
- 7) зона хронічної дії.

Зупинимося у цій практичній роботі на перших двох показниках, бо вони є пріоритетними.

Для пошуку гранично допустимої концентрації CuSO_4 в повітрі робочої зони скористуємося ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони».

Середню смертelnу дозу при введенні в шлунок знайдемо у довідковій літературі [5-7]. Заносимо ці дані до табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Показники небезпеки CuSO_4

Найменування показника	Норма для класу небезпеки			
	1-го	2-го	3-го	4-го
ГДК речовини в повітрі робочої зони, мг/м^3	-	0,5	-	-
Середня смертельна доза при введенні в шлунок LD_{50} , мг/кг	-	43 (миші)	300 (криси) 693 (півні)	-

Оскільки віднесення шкідливої речовини до класу небезпеки здійснюють за показником, значення якого відповідає найбільш високому класу небезпеки, то у даному випадку за ГДК та за LD_{50} для мишей речовина CuSO_4 відноситься до другого класу небезпеки (високо небезпечна речовина).

2.6.1 Визначення класу небезпеки речовини у повітрі

Гранично допустима концентрація CuSO_4 в повітрі робочої зони, як ми дізналися у попередньому підпункті, дорівнює $0,5 \text{ мг/м}^3$.

За цією величиною CuSO_4 відноситься до високо небезпечних речовин – ГДК від 0,1 до $1,0 \text{ мг/м}^3$, тобто також другий клас небезпеки.

Якщо б, наприклад, середня смертельна доза цієї речовини при введенні в шлунок знаходилася не на рівні 43 мг/кг для мишей, а була б, наприклад 14 мг/кг , то клас небезпеки для людини у CuSO_4 був би перший, а клас небезпеки у повітрі – другий. А через те, що середня смертельна доза знаходиться на рівні другого класу, у нашому випадку класи небезпеки співпадають.

2.6.2 Визначення класу небезпеки речовини у воді

Клас небезпеки CuSO_4 у воді знаходимо у СанПіН № 4630–88 Санітарні правила та норми охорони поверхневих вод від забруднення. Безпосередньо для CuSO_4 ГДК у воді не встановлена, то ж скористаємося ГДК і класом небезпеки для міді. Згідно цього нормативного документа, мідь має гранично допустиму концентрацію у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування на рівні $1,0 \text{ мг/дм}^3$ (органолептична ознака шкідливості, що лімітує, за присмаком), що відповідає третьому класу небезпеки (небезпечна речовина).

2.6.3 Визначення класу небезпеки речовини у ґрунті

Для визначення класу небезпеки CuSO_4 скористаємося табл. 2.3. Як ми бачимо, цієї речовини у переліку забруднювачів немає, проте є методика, що дає нам можливість визначити цей показник шляхом розрахунку індексу небезпеки J . Скористаємося цією методикою.

Індекс небезпеки J розраховується за формулою (2.1) [2]:

$$J = \lg \frac{A \cdot S}{\alpha \cdot M \cdot \text{ГДК}}$$

де A – атомна маса відповідного елементу; S – розчинність у воді CuSO_4 (мг/л); α – середнє арифметичне з шести ГДК хімічних речовин в різних харчових продуктах – м'ясо, риба, молоко, хліб, овочі, фрукти (табл. 2.4); M – молекулярна маса CuSO_4 ; ГДК – гранично допустима концентрація елементу в ґрунті, мг/кг (табл. 2.5).

Атомна маса міді $A=63,6$ а.о. (див. таблицю Менделєєва).

Молекулярна маса CuSO_4 $M=63,6+32,06+4 \cdot 15,999=159,66$ а.о. (див. таблицю Менделєєва).

Розчинність у воді S . Згідно із довідковими даними щодо фізико-хімічних властивостей різних хімічних речовин, що наведені у ДСанПіН

2.2.7–98 (табл. 2.8), розчинність сульфату міді становить 20,5 г/100 г води. Згідно із вимогами МВ № 4266-87, розчинність підставляється у формулу (2.1) у міліграмах на літр, тобто для відповідного переведу одиниць виміру спочатку помножуємо 20,5 на 10, отримуємо:

$$S=20,5 \cdot 10=205 \text{ г/л.}$$

Тобто якщо в 100 г води може розчинитися 20,5 г CuSO_4 , то в 1 л води може розчинитися вже 205 г CuSO_4 . Тепер переводимо у мг/л, для цього помножуємо ще на 10^3 , адже в 1 г знаходиться 1000 мг води:

$$S=205 \cdot 10^3=205000 \text{ мг/л.}$$

Обчислюємо параметр α . ГДК міді в різних харчових продуктах виписуємо з табл. 2.4. Звідси маємо:

$$\alpha = \frac{10 + 5 + 0,5 + 5 + 10 + 10}{6} = 6,75 \frac{\text{мг}}{\text{кг}}.$$

Гранично допустима концентрація міді в ґрунті ГДК=3,0 мг/кг (табл. 2.5).

Таким чином:

$$J = \lg \frac{A \cdot S}{\alpha \cdot M \cdot \text{ГДК}} = \lg \frac{63,6 \cdot 205000}{6,75 \cdot 159,66 \cdot 3} = \lg 4032,64 = 3,61.$$

Індекс небезпеки J знаходиться у діапазоні від 2,6 до 4,0 (табл. 2.6), тому речовина CuSO_4 відноситься до другого класу небезпеки у ґрунті (дуже небезпечна речовина).

Таблиця 2.8 – Фізико-хімічні та токсикологічні властивості хімічних речовин

Назва	Формула	Тиск насиченої пари, мм рт.ст.	Розчинність, г/100 г води	LD_{50}	Клас небезпеки у повітрі робочої зони
1. Алюміній	Al	0	0		III
2. А гідроксид	$\text{Al}(\text{OH})_3$	0	0,00001		III
3. А калію сульфат	$\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	0	5,9		III
4. А нітрат наонагідрат	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	0	241	204	
5. А нітрид	AlN	0	0		III
6. А оксид	Al_2O_3	0	0		II
7. А фтористий	AlF_3	0	0,559		III
8. А сульфат	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	0	38,5	370	
9. А хлорид	AlCl_3	0	45,1	150	
10. Аміак	NH_3	0	52,6		IV
11. А сульфат	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0	75,4	4280	
12. А хрому сульфат	$\text{NH}_4\text{Cr}(\text{SO}_4)_2$	0	10,78	11,9	
13. Ванадій	V	0	0		
14. В карбід	VC	0	0		III
15. В оксид (III)	V_2O_3	0	0		II
16. В оксид (V)	V_2O_5	0	0,07	23,4	II
17. В хлорид	VCl_3	0		24	II
18. Залізо	Fe	0	0	98600	

Назва	Формула	Тиск насиченої пари, мм рт.ст.	Розчинність, г/100 г води	LD ₅₀	Клас небезпеки у повітрі робочої зони
19. З оксид	FeO, Fe ₃ O ₄ , Fe ₂ O ₃	0	0		III
20. З сульфат	Fe ₂ (SO ₄) ₃	0	0	533	
21. З хлорид	FeCl ₃	0	96,6	59	
22. Кадмій	Cd	0	0	890	I
23. К оксид	CdO	0	0,00048	67	II
24. К сульфат	CdSO ₄	0	76,4	47	I
25. К хлорид	CdCl ₂	0	114,1	67	I
26. К нітрат тетрагідрат	Cd(NO ₃) ₂ ×4H ₂ O	0	149,4	47	I
27. Кобальт	Co	0	0		I
28. К оксид	CoO, Co ₃ O ₄ , Co ₂ O ₃	0	0	202	I
29. К сульфат	CoSO ₄	0	39,3	424	
30. К хлорид	CoCl ₂	0	52,9	55	
31. К нітрат	CoNO ₃	0	50,57	434	
32. К фтористий	CoF ₂	0	1,36	150	
33. Марганець	Mn	0	0		II
34. М карбонат	MnCO ₃	0	0,00011		
35. М нітрат гексагідрат	Mn(NO ₃) ₂ ×6H ₂ O	0	132,3	56	
36. М оксид	MnO ₂	0	0	550	I
37. М сульфат	MnSO ₄	0	62,9	64	
38. М хлорид	MnCl ₂	0	73,9	120	
39. Мідь	Cu	0	0		II
40. М оксид	CuO	0	0	273	
41. М сульфат	CuSO ₄	0	20,5	43	II
42. М хлориста	CuCl ₂	0	74,5	3,7	II
43. Миш'як	As	0	0	144	
44. М оксид (III)	As ₄ O ₆	0	3,7	10	
45. М оксид (III)	As ₂ O ₃	0	2,04	19,1	II
46. М оксид (V)	As ₂ O ₅	0	65,8		II
47. М сульфід	As ₂ S ₃	0	0	215	
48. М хлорид	AsCl ₃	11,65	0	48	
49. Нікель	Ni	0	0	780	II
50. Н оксид	NiO	0	0		II
51. Н сульфат	NiSO ₄	0	38,4	32	II
52. Н сульфід	NiS	0	0		II
53. Нікель тетракарбоніл	Ni(CO) ₄		0,018		I
54. Н хлорид	NiCl ₂	0	65,6	105	
55. Ртуть	Hg	0,0013	0		I
56. Р хлорид (сулема)	HgCl ₂	0	6,6	17,5	I
57. Р нітрат гідрат	Hg(NO ₃) ₂ ×0,5H ₂ O	0			I
58. Р оксид	HgO		0,0051		I
59. Р сульфат	Hg ₂ SO ₄		0,058		I
60. Свинець	Pb	0	0		I
61. С оксид (II, IV)	PbO, Pb ₂ O ₄ , PbO ₂	0	0,2756	217	
62. С нітрат	Pb(NO ₃) ₂	0	52,2		I
63. С сульфат	PbSO ₄	0	0,0045	282	I
64. С ортоарсенат	Pb ₃ (AsO ₄) ₂	0	0		II
65. Стронцій	Sr	0			
66. С гідроксид	Sr(OH) ₂	0	0,81	3160	II
67. С карбонат	SrCO ₃	0	0,0011		IV
68. С нітрат	Sr(NO ₃) ₂	0	70,4	1028	II
69. С оксид	SrO	0		667	II
70. С сульфат	SrSO ₄	0	0,0132		IV
71. С хлорид	SrCl ₂	0	53,1	1036	
72. С хромут	SrCrO ₄	0	0,12	3110	
73. Сурма	Sb	0	0	90	II

Назва	Формула	Тиск насиченої пари, мм рт.ст.	Розчинність, г/100 г води	LD ₅₀	Клас небезпеки у повітрі робочої зони
74. С оксид (III)	Sb ₂ O ₃	0		172	II
75. С оксид (V)	Sb ₂ O ₅	0	0,3	978	III
76. С сульфід (III)	Sb ₂ S ₃	0	0,00017	209	II
77. С сульфід (V)	Sb ₂ S ₅	0	0	458	III
78. С фторид (III)	SbF ₃	0	444,7	15	II
79. С фторид (V)	SbF ₅	0			II
80. С хлорид (III)	SbCl ₃	0	602	13	II
81. С хлорид (V)	SbCl ₅	0			II
82. Хром	Cr	0	0		
83. Х оксид	Cr ₂ O ₃	0	0	450	II
84. Х оксид	CrO ₃	0	167		I
85. Х хлорид	CrCl ₃	0	0	7,8	I
86. Цинк	Zn	0	0		
87. Ц оксид	ZnO	0	0,00016		II
88. Ц ортофосфат	Zn ₃ (PO ₄) ₂	0	0	551	
89. Ц сульфат	ZnSO ₄ ×7H ₂ O	0	165		III
90. Ц сульфід	ZnS	0	0		III
91. Ц фосфід	Zn ₃ P ₂	0	0		II
92. Ц хлорид	Zn Cl ₂	0	375		II

2.6.4 Висновки

Заносимо результати визначення класів небезпеки CuSO₄ до підсумкової табл. 2.9 [2].

Таблиця 2.9 – Підсумки визначення класів небезпеки CuSO₄

Речовина	Клас небезпеки			
	за ступенем впливу на організм людини	у повітрі	у воді	у ґрунті
CuSO ₄	II високо небезпечна речовина	II високо небезпечна речовина	III небезпечна речовина	II дуже небезпечна речовина

Отже, досліджувана шкідлива речовина CuSO₄ є високо небезпечною для людини, для повітря, для ґрунту та є менш небезпечною у випадку її потрапляння до води.

2.7 Індивідуальне завдання

Обрати будь-яку хімічну речовину на власний вибір здобувача вищої освіти та визначити для цієї речовини клас небезпеки: 1) за ступенем впливу на організм людини; 2) у повітрі; 3) у воді; 4) у ґрунті. Хімічну речовину на власний розсуд здобувач вищої освіти обирає у відповідності до рекомендацій:

1) за першою літерою назви хімічної речовини та відмінну, ніж наведена в прикладі методичних рекомендацій: варіант 1 – літери А – Б; 2 – В – Г; 3 – Д – Й; 4 – К – Л; 5 – М – Н; 6 – О – П; 7 – Р – С; 8 – Т – У; 9 – Ф – Я;

2) відповідно до першої літери власного прізвища та відмінну, ніж


наведена в прикладі методичних рекомендацій.

Після самостійного вибору хімічної речовини здобувач вищої освіти повинен узгодити свій вибір з викладачем задля виключення збігу вибору з іншими здобувачами вищої освіти, оскільки часто одна й та ж сама хімічна речовина має декілька вживаних назв.

Середню смертельну дозу при введенні в шлунок слід знайти використовуючи довідкову література [5-7]. Також можна виконати самостійний пошук інформаційних джерел з обов'язковим наведенням їх у списку використаної літературі та прикріпленням файлу, та/або навести у додатку відповідні скриншоти, фотографії тощо.

Список використаної та рекомендованої літератури

1. Роз'яснення Міністерства економічного розвитку і торгівлі України з питань застосування стандартів. URL: <https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=964dd5be-37b3-4738-ab45-2e7ca4677167&title=RoziasnenniaMinisterstvaEkonomichnogoRozvitkulTorgivliUkrainiZPitanZastosuvanniaStandartiv-UTomuChisliVZviazkuZiSkasuvanniamU2015-RotsiMizhderzhavnikhStandartiv>
2. Класи небезпеки. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни «Екологічна та техногенна безпека» для студентів освітньо-професійних програм «Екологія» та «Технології захисту навколишнього середовища» другого (магістерського) рівня вищої освіти / О.О. Борисовська. – Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. – 60 с.
3. Гігієнічні регламенти хімічних речовин у повітрі робочої зони. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20/print>.
4. Гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20/print>.
5. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. Под ред. Н.В. Лазарева и Э.Н. Левиной. В 3-х т. – Л.: «Химия», 1976. – Т. 1. 592 с., Т. 2. 624 с., Т. 3. 608 с.
6. Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов I-IV групп: Справочник / Под общей ред. В.А. Филова. – Л.: «Химия», Ленинградское отделение, 1989. – 512 с.
7. Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов V-VIII групп: Справочник / Под общей ред. В.А. Филова. – Л.: «Химия», Ленинградское отделение, 1989. – 592 с.
8. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 173 від 19.06.96 «Про затвердження Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96/print> .



9. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 201 від 9 липня 1997 р. «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) ДСП-201-97». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97/print> .

Питання для самоперевірки

1. Поясніть принцип управління безпекою. Яку роль у цьому процесі відіграють класи небезпеки різних об'єктів?
2. Скільки існує класів небезпеки шкідливих речовин за ступенем впливу на організм людини? Як вони називаються?
3. Які показники враховуються при визначенні класу небезпеки шкідливої речовини за ступенем впливу на організм людини?
4. Скільки існує класів небезпеки шкідливих речовин у повітрі? У якому нормативному документі вони вказані?
5. Скільки існує класів небезпеки шкідливих речовин у воді? У якому нормативному документі вони вказані?
6. Скільки існує класів небезпеки шкідливих речовин у ґрунті? Яким чином можна визначити клас небезпеки у ґрунті, якщо його немає у нормативних документах?