

Навчальний курс «Безпека хвостосховищ»

Тема 3.1

Метод оцінювання індексу небезпеки хвостосховища (ІНХ)

Викладач: проф. Д.В. Рудаков

Курс підготовлено в рамках міжнародного проекту «Підвищення рівня знань серед студентів і викладачів з безпеки хвостосховищ та її законодавчий огляд в Україні»

Призначення Індексу небезпеки хвостосховищ

- Метод оцінки індексу небезпеки хвостосховища (ІНХ) призначений для використання компетентними державними органами з метою загального розуміння потенційних небезпек та ризиків, пов'язаних з хвостосховищами як екологічно небезпечними об'єктами.
- Оцінка ІНХ може бути оперативно виконана на основі наявної документації або бази даних хвостосховищ.
- У першу чергу ІНХ пропонується застосовувати до великої кількості хвостосховищ на національному або регіональному рівнях.

Визначення

Індексу небезпеки хвостосховищ

Індекс небезпеки хвостосховищ – це індекс, який показує ступінь небезпек та ризиків, які створює хвостосховище для навколишнього середовища, інфраструктури та населення.

ІНХ розраховується як сума основних характеристик і параметрів хвостосховища:

- об'єм хвостосховища,
- токсичність хвостових матеріалів,
- статус управління хвостосховищем,
- природні умови (геологічні, сейсмологічні та гідрологічні умови), характерні для ділянки розташування хвостосховища,
- безпека дамби.

Види ІНХ

- **Базовий ІНХ** є первинною оцінкою, обчисленою з використанням двох головних параметрів – об'єму й токсичності хвостових матеріалів

$$ІНХ_{\text{Базовий}} = ІНХ_{\text{ЄМН}} + ІНХ_{\text{Токс}}$$

- **Розширений ІНХ** є більш детальною оцінкою, отриманою з використанням двох параметрів з базового ІНХ і додатково трьох параметрів, які деталізують статус хвостосховища, природні умови його розташування та стійкість дамби

$$ІНХ_{\text{Розширений}} = ІНХ_{\text{ЄМН}} + ІНХ_{\text{Токс}} + ІНХ_{\text{Управл}} + ІНХ_{\text{Місце}} + ІНХ_{\text{Дамба}}$$

Складові Індексу небезпеки хвостосховищ

Скорочення	Ступінь небезпеки або ризику, пов'язана з...
$INX_{\text{ЄМН}}$	об'ємом хвостів, що зберігаються у хвостосховищі (ємність хвостосховища)
$INX_{\text{Токс}}$	токсичністю речовин, що містяться в хвостах
$INX_{\text{управл}}$	недостатнім чи невідповідним управлінням об'єктом
$INX_{\text{Місце}}$	певними геологічними і гідрологічними умовами в місці розташування хвостосховища
$INX_{\text{Дамба}}$	пов'язана з недоліками структурної та компонентної цілісності й функціональності дамби

Розрахунок ІНХ. Оцінка чинника ємності

Небезпека, обумовлена ємністю хвостосховища, збільшується зі зростанням об'єму хвостів за логарифмічною залежністю з основою 10.

Індекс такої небезпеки розраховується за формулою

$$ІНХ_{\epsilon_{MH}} = \text{Log}_{10} [V_t]$$

де V_t – об'єм хвостових матеріалів, що містяться у хвостосховищі (або ємність хвостосховища), м³.

Для великого хвостосховища з $V_t = 10$ млн. м³  $ІНХ_{\epsilon_{MH}} = 7$

Для невеликого хвостосховища з $V_t = 0,01$ млн. м³  $ІНХ_{\epsilon_{MH}} = 4$

Розрахунок ІНХ.

Оцінка чинника токсичності

Відповідність двох широко застосовуваних класифікацій токсичності показано в таблиці. Значення КНВ 3 та КН 1 відповідають максимальній а, значення КНВ 0 та КН 4 – мінімальній токсичності речовин

	Класифікація		Значення <i>ІНХ</i> _{Токс}
	КНВ (WGK) ¹	КН ²	
Мінімум →	0	4	0
	1	3	1
	2	2	2
Максимум →	3	1	3

¹ КНВ = Клас небезпеки для води; WGK = Wassergefährdungsklasse, німецька класифікація

² КН = Клас небезпеки, українська класифікація

Розрахунок ІНХ.

Оцінка чинника управління

Небезпеки й ризики, пов'язані з хвостосховищами, будуть вище, якщо об'єкти є покинутими або безхазяйними.

Для **покинутого об'єкта** наявна чи може бути встановлена відповідальна організація.

Для **безхазяйного об'єкта** відповідальну організацію встановити практично неможливо.

Статус хвостосховища	Значення <i>ІНХ_{управл}</i>
активне й функціонує чи неактивне, але підтримується й кероване	0
покинуте	1
безхазяйне	2

Розрахунок ІНХ.

Оцінка чинника місця розташування.

Сейсмічність

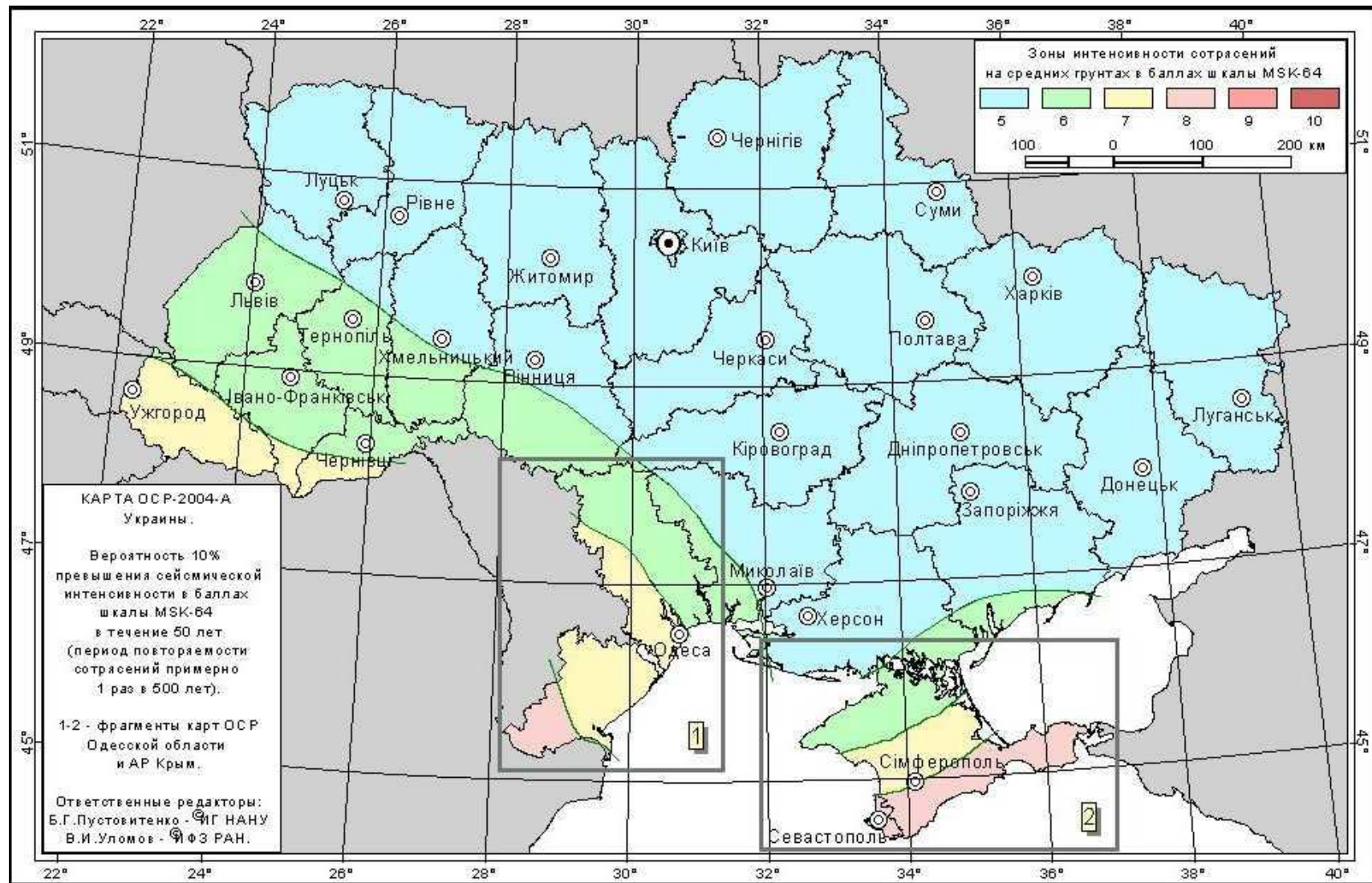
Небезпеки, специфічні для ділянки хвостосховища, включають впливи сейсмічної активності та повеней

$$ІНХ_{Місце} = ІНХ_{Сейсм} + ІНХ_{Пов}$$

Значення $ІНХ_{Сейсм}$ визначається за величиною сейсмічних подій з імовірністю 10% у шкалі MSK-64 або EMS-98.

Сейсмічна небезпека на ділянці хвостосховища	Магнітуда сейсмічних подій за останні 500 років	Значення $ІНХ_{Сейсм}$
Низька	< 6	0
Помірна чи висока	> 6	1

Карта сейсмічного районування України (період повторюваності поштовхів 1 раз на 500 років)



Розрахунок ІНХ.

Оцінка чинника місця розташування.

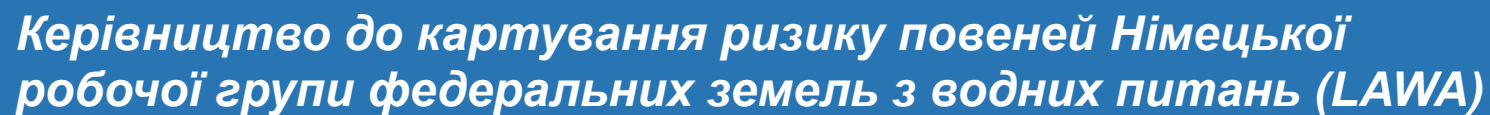
Повені

$$ІНХ_{Місце} = ІНХ_{Сейсм} + ІНХ_{Пов}$$

$ІНХ_{Пов}$ оцінюється на основі параметра HQ_{100} (частота повеней з періодом повторюваності в сто років).

Розташування хвостосховища	Значення $ІНХ_{Пов}$
В зоні $HQ-100$	1
Поза зоною $HQ-100$	0

Визначення територій з частотою повеней один раз за 100 років



Розрахунок ІНХ.

Оцінка небезпеки руйнування дамби

Кращий (рекомендований) критерій

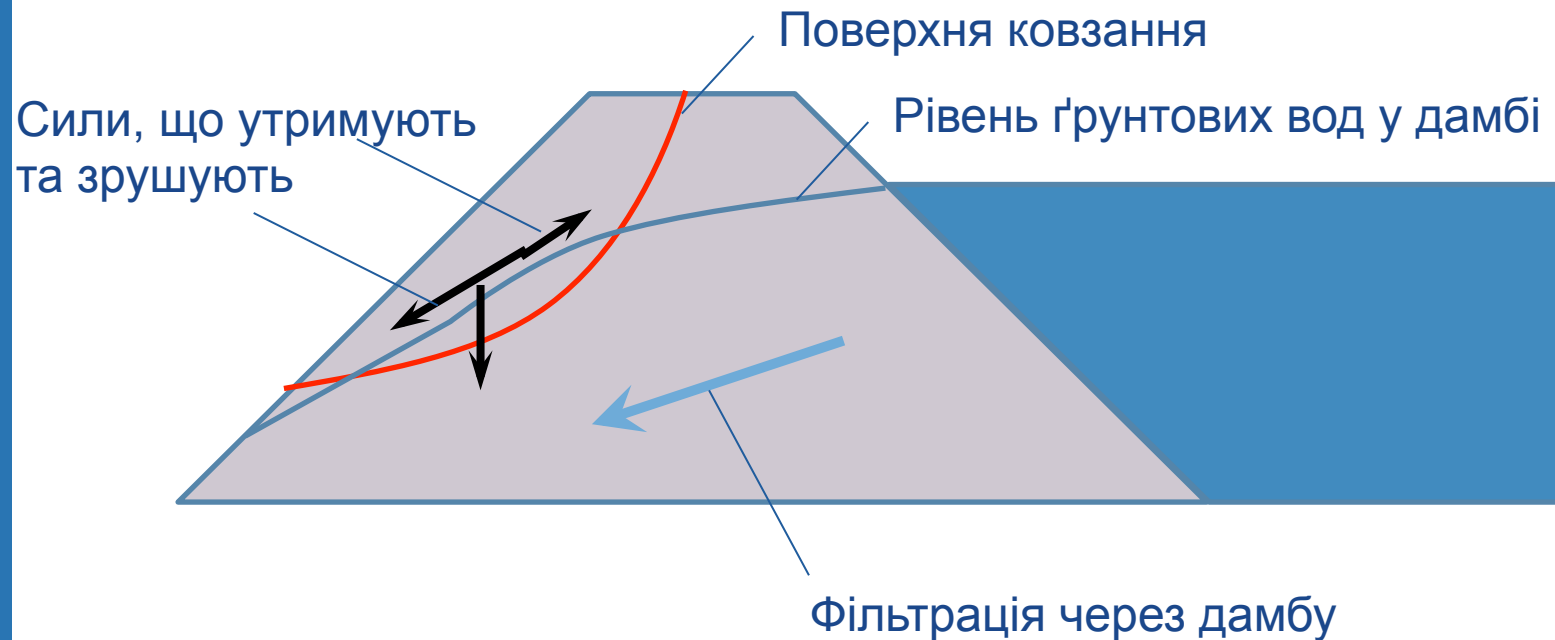
Якщо в базах даних хвостосховищ доступний **коефіцієнт запасу стійкості схилу** K_c , то $ІНХ_{Дамба}$ розраховується з використанням критеріїв стійкості схилів і терміну експлуатації хвостосховища

$$ІНХ_{Дамба} = ІНХ_{Kc} + ІНХ_{Вік}$$


Діапазон значень K_c	Значення $ІНХ_{Kc}$
$K_c > 1,5$	0
$1,2 < K_c < 1,5$	1
$K_c < 1,2$	2

Термін експлуатації	Значення $ІНХ_{Вік}$
≤ 30 років	0
> 30 років	1

Сутність параметру K_s



Параметр визначається як відношення максимального моменту сил, що утримують, до моменту сил, що зрушують.

Розрахунок ІНХ.

Оцінка небезпеки руйнування дамби

Альтернативний критерій

Якщо коефіцієнт стійкості схилу K_c недоступний, то $ІНХ_{Дамба}$ розраховується за критеріями, що базуються на даних про матеріал, геометрію і термін експлуатації дамби

$$ІНХ_{Дамба} = ІНХ_{МатДамби} + ІНХ_{ШирДамби} + ІНХ_{Вік}$$



Матеріал дамби	Значення $ІНХ_{МатДамби}$
Скельні породи	0
Нескельні породи та ґрунти	1

Якщо матеріал основи невідомий, він ідентифікується за параметром міцності на розтягування при одноосьовому стиску. Для скельних порід цей параметр перевищує 5 МПа, для нескельних порід і ґрунтів – менше 5 МПа.

Розрахунок ІНХ.

Оцінка небезпеки руйнування дамби

Альтернативний критерій

Дамба є більш стійкою, якщо ширина її гребня (і, отже, її основи) достатня для утримання хвостових матеріалів. Мінімальне граничне значення ширини гребня умовно надійної дамби прийнято рівним 10 м на основі аналізу даних про хвостосховища України.

$$ІНХ_{Дамба} = ІНХ_{МатДамби} + ІНХ_{ШирДамби} + ІНХ_{Вік}$$



Ширина дамби	Значення $ІНХ_{ШирДамби}$
> 10 м	0
< 10 м	1



Термін експлуатації	Значення $ІНХ_{Вік}$
≤ 30 років	0
> 30 років	1

Діапазон значень ІНХ

- Максимальна ємність відомих хвостосховищ до 500 млн. м³, в Україні – 330 млн. м³
- Припускаючи, що максимальна місткість хвостосховища складає 1 млрд. м³, отримуємо

максимальне значення базового ІНХ = 12

максимальне значення розширеного ІНХ = 18

Дякую за увагу!