



**ЕКОЛОГІЯ  
ПРАВО ЛЮДИНА**

Верховенство права для захисту довкілля

# Війна підвищує ризики надзвичайних ситуацій на ГЕС

Аналітична записка



## Війна підвищує ризики надзвичайних ситуацій на ГЕС

Військові дії на території України призвели до виникнення багатьох соціальних і гуманітарних проблем, а також спричинили серйозні загрози аварійних ситуацій техногенного характеру, заподіяних діями окупантів.

Ризики для населення, пов'язані із пошкодженням об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку, турбують в цей час по-особливому, адже в умовах відсутності контролю та можливостей ліквідації їх негативних наслідків, потенційно збільшуються масштаби негативного впливу.

З початку вторгнення країни-агресора Російської Федерації, фіксувались спроби ворога окупувати інфраструктуру гідроелектростанцій (ГЕС) в Україні. В енергетичному комплексі України гідроелектростанції посідають третє місце після теплових та атомних електростанцій. Тому, важливо розуміти і окреслити, які наслідки можуть настати у разі бойових дій або терористичних атак окупантів на об'єкти інфраструктури ГЕС.

В Україні, під час воєнних дій на них чи атак з повітря, небезпеку для населення може становити руйнування практично кожної напірної гідроспоруди на водосховищах, що знаходяться на території країни. Мова йде не лише про прямі фізичні загрози від гідродинамічних аварій, пов'язаних з проривом напірного фронту. Велика кількість водосховищ використовується для комунального і технічного водопостачання, як охолоджувачі теплових і атомних електростанцій, для іригації. Вітчизняне водне господарство абсолютно залежне від водосховищ і напірних гідроспоруд на них. Так воно вибудовувалося десятиліттями. І надії, що хтось швидко компенсує, дасть воду, немає.

Окрема проблема – накопичувачі промислових відходів (хвосто-, шламо- золо- і тому подібне сховища) у вигляді гідровідвалів, де відходи (хвости збагачувальних фабрик, шлами металургії тощо, зола ТЕС) переміщуються засобами гідромеханізації. Там ще можемо мати хімічні катастрофи.

Руйнування водосховищ Дніпровського каскаду ГЕС завдасть непоправної шкоди економіці Придніпров'я. Щодо великих ГЕС і ГАЕС – то в нашій енергосистемі вони вже давно виконують роль не стільки виробника електроенергії, скільки регулятора потужності і частоти. Енергосистема без них внутрішньо стане абсолютно некерованою. Так воно вибудовувалося – десятиліттями. Тут хоча б є надія на енергосистему Європи. Але і вона на наші ГЕС, ГАЕС, теж певною мірою розраховувала.

Наводимо основні ризики для населення, які можуть виникати від руйнування інфраструктури ГЕС України (внаслідок воєнних дій або терористичних атак):

**Дніпровська ГЕС.** У випадку руйнування греблі Дніпровської ГЕС, швидкість припливної хвилі буде складати 4-5 м / сек на широких ділянках водойми, а в більш вузьких місцях вона істотно збільшується. Гребля Дніпровської ГЕС знаходиться на відстані 40 кілометрів від Запорізька АЕС. Від гідродару дамби будуть розмиті, рівень води в Каховському морі після такого катаклізму сильно знизиться. Ставок-охолоджувач Запорізької АЕС залишиться без води, що може призвести до аварії за типом Фукусіми у зв'язку з проблемою охолодження шести реакторів-мільйонників<sup>1</sup>.

Таку хвилю називають хвилею прориву. Її параметри (висота, швидкість переміщення) залежать від дуже багатьох факторів: як власне відбувається аварія (місце аварії, її причини і механізм); швидкості розкриття прорану; геометрії прорану; типу споруди (бетонна, ґрунтова); морфології долини (те, що у вузьких місцях зростає і висота і швидкість хвилі – це

<sup>1</sup> [newukraineinstitute.org/media/news/529/file/2%20небезпека.pdf](http://newukraineinstitute.org/media/news/529/file/2%20небезпека.pdf)

факт). В будь-якому разі – це дуже, дуже небезпечно. Навіть потоки глибиною 0,5 м при швидкостях біля 1 м/с здатні збивати дорослу людину з ніг.

Щодо того, як поведе себе хвиля прориву в Каховському водосховищі – окреме питання. Як і те, чим це загрожуватиме Запорізькій АЕС. Аварія на АЕС Фукусіма мала складний сценарій, де була і правильна реакція системи безпеки на землетрус, і затоплення аварійних дизель-генераторів хвилею цунамі. Найбільш ймовірним є виникнення хвилі витіснення (типу цунамі) на Каховському водосховищі, породжену хвилею прориву при аварії на Дніпровській греблі..

**Київська ГЕС.** У разі руйнування греблі Київської ГЕС тільки в районі Києва зона затоплення може становити 42 кв.км з населенням 400 тис. чол. Загальна площа катастрофічних затоплень на території України внаслідок гідродинамічних аварій може становити 8294 км<sup>2</sup>, куди увійдуть 536 населених пунктів<sup>2</sup>.

**Кременчуцька ГЕС.** У разі прориву може потрапити у зону катастрофічного затоплення – 70 населених пунктів та 200 000 осіб<sup>3</sup>.

Згідно даних Запорізької РДА, при найнебезпечнішому варіанті у разі руйнування гідротехнічних споруд (прориву гребель) Кременчуцького, Кам'янського, Дніпровського водосховищ відбудеться катастрофічне затоплення частини території Запорізької області.

У випадку прориву греблі Кременчуцького водосховища:

через 5 год. 48 хв. – руйнівний потік води досягне с. Федорівка Запорізького району;

через 6 год. 18 хв. – хвиля досягне греблі Дніпровської ГЕС;

через 20 год. 00 хв. при досягненні водою відмітки рівня прориву 53 м гребля Дніпровської ГЕС руйнується, після чого почнеться затоплення території нижнього б'єфу району по Каховському водосховищу.

Підйом води в деяких місцях зони катастрофічного затоплення досягне 8 – 12 м і буде утримуватися від 4,0 до 7,0 годин з подальшим спадом рівнів води протягом 2 – 4 діб.

Водночас, варто зауважити, що гідродинамічна аварія на Канівському гідровузлі практично не загрожуватиме Кременчуцькому гідровузлу.

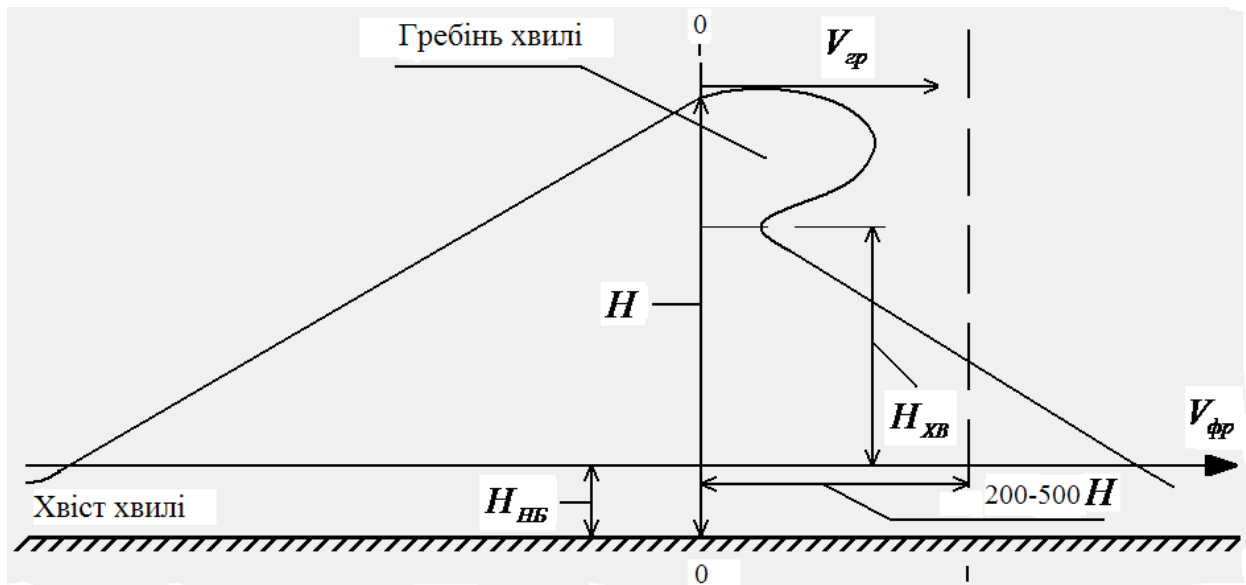
Гідродинамічні аварії на напірних гідроспорадах можуть виникати при руйнуванні (проривах) гребель, дамб, шлюзів, затворів, при розгерметизації напірних трактів, при зсувах і обвалах у водосховища, при аварійному спрацьовуванні водосховищ тощо. Джерелом їх виникнення можуть бути пошкодження та руйнування різних гідроспоруд гідровузлів, їх конструкцій, устаткування і обладнання, що створюють або підтримують напір чи працюють під напором. До таких гідроспоруд, зокрема, можуть належати дамби обвалування водосховищ та гідровідвалів; водозабірні, водопропускні та водоскидні споруди; стояни та підпірні стіни, що входять до складу напірного фронту; механічне устаткування (затвори); берегоукріплювальні, регуляційні та водозахисні споруди; напірні стіни та тракти ГЕС, ГАЕС і насосних станцій; напірні гідроспоруди ТЕС і АЕС; греблі та дамби, що входять до складу систем інженерного захисту населених пунктів, сільськогосподарських угідь та господарських об'єктів.

При пошкодженні чи руйнуванні напірної гідроспоруди (при прориві напірного фронту) утворюється хвиля прориву водного потоку (рис. 1, 2), яка здатна стрімко рухатися вниз за течією і на своєму шляху призводити до значних руйнувань будівель, інженерних споруд, промислових підприємств, транспортних систем, природних об'єктів – як через пряму дію водного потоку, так і внаслідок затоплення і підтоплення прилеглої території.

<sup>2</sup> [newukraineinstitute.org/media/news/529/file/2%20небезпека.pdf](http://newukraineinstitute.org/media/news/529/file/2%20небезпека.pdf)

<sup>3</sup> <https://www.telegraf.in.ua/topnews/10101763-kremenchuk-mozhe-potrapiti-u-zonu-katastrofichnogo-zatoplennja-u-razi-napadu-rf.html>

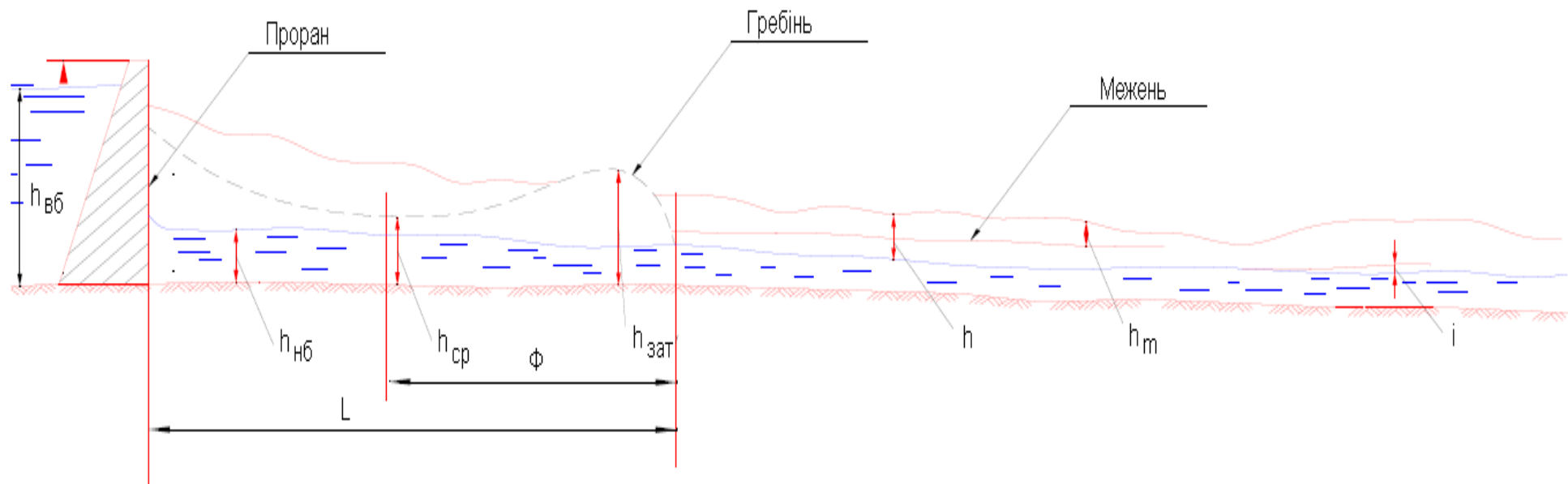




$H_{НБ}$  – глибина води у нижньому б'єфі до аварії;  $V_{гр}$  – швидкість поширення гребеня хвилі;  
 $V_{фр}$  – швидкість поширення фронту хвилі

Рис. 1. Гребінь хвилі прориву (схема)

Гідродинамічні аварії виникають та розвиваються в часі і в просторі. Загалом можна розрізнити два типи таких аварій на напірних гідроспорудах. Гідродинамічна аварія I типу виникає при порушенні цілісності напірної гідроспоруди, з проривом напірного фронту.



$h$  – рівень річки в момент утворення прорану в тілі напірної гідропоруди;  $h_{нб}$  – глибина річки в нижньому б'єфі;  $h_{сп}$  – висота затоплення ділянки місцевості при повному формуванні прорану;  $h_{зат}$  – максимальна висота затоплення ділянки місцевості по створу;  $h_m$  – висота ділянки місцевості при рівні води в річці у межень;  $\Phi$  – фронт хвилі прориву;  $L$  – відстань від греблі до створу;  $h_{об}$  – глибина водойми перед греблею в момент її руйнування;  $i$  – нахил водної поверхні.

Рис. 2. Схема поширення хвилі прориву та основні її гідравлічні характеристики [239]

В результаті гідродинамічної аварії I типу у нижньому б'єфі формується так звана хвиля переміщення, яка являє собою неусталений рух води у відкритому руслі, часто з продуктами руйнування гідроспороди та накопиченими у водосховищі наносами. Таку хвилю власне і прийнято називати хвилею прориву.

До гідродинамічних аварій II типу відносять так звані хвилі витіснення («обвальні» хвилі, імпульсні хвилі), що виникають при обвалах та зсувах ґрунтових мас, сходженні снігових лавин у водосховища, або в результаті сейсмічних струшувань на водосховищах (сейшах). При набіганні на укоси гідроспоруд та на протилежні береги хвилі витіснення за ефектами нагадують хвилі цунамі. Наприклад, одна з найкатастрофічніших аварій в історії гідробудівництва, що сталася на греблі Вайонт в Італії в 1963 р. була пов'язана саме з хвилею витіснення внаслідок зсуву у водосховище. Хвилю витіснення може спричинити і надходження у водосховище хвилі прориву при аварії на розташованій вище за течією напірній гідроспоруді.

Найбільш вірогідними на вітчизняних напірних гідроспорудах є виникнення гідродинамічних аварій першого типу – з формуванням хвиль прориву.

Хвиля прориву, що утворюється при руйнуванні напірної гідроспороди, здатна переносити значні об'єми води. Початкові параметри хвилі прориву залежать від типу й конструкції гідроспороди, що руйнується, та виду аварії. Особливо потужні хвилі прориву формуються при руйнуванні бетонних гідроспоруд, наприклад, при вивалі однієї або кількох секцій, коли проран, через який відбувається вилив води, «розкривається» практично миттєво – за кілька секунд.

Висота хвилі прориву при повному розкритті прорану може сягати до 60% різниці між висотою греблі та глибиною у нижньому б'єфі. При руйнуванні гідроспоруд з ґрунтових матеріалів, особливо внаслідок переливу води через гребінь, формування прорану може тривати кілька годин. При цьому утворюються більш «пологі» хвилі прориву.

Висота й довжина хвилі прориву можуть різко змінюватися – в залежності від форми долини, в якій вона переміщується. В широкій долині хвиля прориву поводить себе як довга хвиля, довжина якої значно перевищує глибину потоку. У вузьких місцях долини ріки висота хвилі прориву різко збільшується й досягає десятків метрів. Різко збільшується і швидкість фронту хвилі – до кількох десятків метрів за секунду. Руйнівна здатність такого потоку може бути надзвичайно великою.

Серед основних характеристик руйнівної дії хвилі прориву виділяють її швидкість та глибину потоку, температуру води, час існування хвилі прориву. Висота хвилі прориву, яка вище 1,5 м, і швидкість потоку води, що перевищує 2,5 м/с, вважаються критичними, за яких з великою ймовірністю настає загибель або поранення людей. Характерні критичні параметри дії хвилі прориву на різні споруди та їх елементи наведено в табл. 1, де  $H$  – глибина потоку, м;  $V$  – швидкість потоку, м/с;  $P$  – питоме хвильове навантаження, тс/м<sup>2</sup>.

Таблиця 1. Залежність рівня руйнування об'єктів від параметрів хвилі прориву.

Найменування об'єктів	Сильні руйнування			Середні руйнування			Слабкі руйнування		
	$H$	$V$	$P$	$H$	$V$	$P$	$H$	$V$	$P$
Стіни на залізобетонних і металевих палях	6,0	5,0	7,5	3,0	3,0	1,35	1,0	2,0	0,2
Стіни на дерев'яних палях	4,0	5,0	5,0	2,0	3,0	0,9	1,0	1,0	0,05
Дерев'яні 1-2-х поверхові будинки	3,5	2,0	0,7	3,5	1,5	0,28	1,0	1,0	0,05

Цегляні малоповерхові будинки	4,0	2,5	1,25	3,0	2,0	0,6	2,0	1,0	0,1
Промислові будівлі з легкими металевими каркасами	5,0	2,5	1,56	3,5	2,0	0,7	2,0	1,5	0,2
Промислові будівлі з важкими металевими або залізобетонними каркасами	7,5	4,0	6,0	6,0	3,0	2,7	3,0	1,5	0,34
Залізничні колії	2,0	2,0	0,4	1,0	1,0	0,05	0,5	0,5	0,06
Шосейні дороги з твердим покриттям	4,0	3,0	1,8	2,0	1,5	0,22	1,0	1,0	0,05
Залізничні мости (бетонні)	2,0	3,0	0,9	1,0	2,0	0,2	-	-	-
Металеві мости з прогонами 30-100 м	2,0	3,0	0,9	1,0	2,0	0,2	-	-	-
Автомобілі	2,0	2,0	0,4	1,5	1,5	0,17	1,0	1,0	0,05

Швидкість просування хвилі прориву змінюється від 3 до 25 км/годину (1-9 м/с) і більше. Для рівнинних річок вона переважно складає 8-10 км/годину (2,2-2,8 м/с), для гірських – може сягати 12-20 км/годину (3,3-5,6 м/с). Середня висота гребеня хвилі зазвичай становить 2-12 м.

При каскадному розташуванні напірних гідроспоруд і виникненні гідродинамічної аварії на гідроспоруді, що розташовується вище за течією, з надходженням хвилі прориву у водосховище, розташоване нижче за течією, поряд з небезпекою надмірного його переповнення, існує також потенційна небезпека виникнення хвилі витіснення, яка загрожуватиме переливом води через гребінь підпірної споруди. Як показують натурні спостереження та лабораторні експерименти, висота нахату хвилі витіснення на береговий укіс або укіс ґрунтової греблі, особливо в межуваннях греблі з берегами, може перевищувати власну висоту хвилі в 2-3 й більше разів.

Збитки від гідродинамічної аварії можуть варіювати від 1 до 100 доларів на один кубічний метр проривної води.

Зважаючи на це, руйнування будь-якої греблі великої ГЕС в Україні призведе до катастрофічних наслідків для населення та промисловості. А тому вкрай важливою є охорони таких об'єктів з боку ЗСУ.