

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ БЕРЕГІВ  
ВОДОСХОВИЩА**

**Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
«Інженерна геодинаміка»**

**для студентів напряму підготовки 6.040103 Геологія**

Дніпропетровськ  
2012

Методи розрахунку процесу переробки берегів водосховища. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інженерна геодинаміка» для студентів напряму підготовки 6.040103 Геологія / Т.Д. Прокопенко, О.В. Інкін, О.О. Подвігіна. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 20 с.

Автори:

Т. Д. Прокопенко, канд. геол.-мін. наук, доц. (розд.1, підрозд. 3.1);  
О. В. Інкін, канд. техн. наук, доц. (розд. 2);  
О.О. Подвігіна, канд. техн. наук, доц. (підрозд. 3.2).

Затверджено до видання редакційною радою ДВНЗ «НГУ» (протокол № 2 від 25.06.2012) за поданням методичної комісії напряму підготовки 6.040103 Геологія (протокол № 6 від 08.05.2012)

Призначено для виконання лабораторних робіт студентами під час вивчення дисципліни «Інженерна геодинаміка».

Розглянуто фактори, що зумовлюють процес переробки берегів, спрогнозовано хід його розвитку, а також викладено порядок розрахунку за наведеними у тексті методами. Спрямовано на підвищення ефективності самостійної роботи студентів.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри гідрогеології та інженерної геології д-р техн. наук, проф. Д.В. Рудаков.

## **Зміст**

1. Загальні положення.....	4
2. Фактори, що зумовлюють переробку берегів.....	4
3. Методи прогнозу переробки берегів водосховищ.....	6
3.1. Метод Г.С. Золотарьова.....	6
3.2. Метод Є.Г. Качугіна.....	9
Список літератури.....	14
Додатки.....	15

## **1. Загальні положення**

Суть процесу переробки берегів у тому, що під впливом абразії\*, викликаної вітровими й судновими хвильами, береговий схил водосховища починає руйнуватися, після чого утворюється новий профіль його рівноваги. Унаслідок цього надводна частина схилу відступає, змінюючи обриси, а в його підводній частині формується абразійно-акумулятивна мілина.

Слід зауважити, що форма і швидкість описаного процессу залежать від складу гірських порід самого берега. І найбільш чітко це видно протягом перших двох-трьох років експлуатації водосховища. Але надалі із розрастанням мілини вирівнювання берегової лінії поступово припиняється. У той же час діється взнаки відсутність брівки вздовж берега. Зокрема там, де наявні легкорозмивні породи, ширина мілини сягає десятків метрів.

З огляду на викладене існує загроза руйнування населених пунктів і промислових та сільськогосподарських об'єктів. Тож проектуючи нові водосховища, належить передбачити їх перенесення або збереження з урахуванням економічних критеріїв і подальших прогнозів розвитку.

## **2. Фактори, що зумовлюють переробку берегів**

Масштаби та швидкість переробки берегів водосховищ неоднакові в той чи інший період їх експлуатації. А найбурхливіше цей процес проходить невдовзі після наповнення водосховища, коли з різкою зміною природних умов схили опиняються в таких геологічних реаліях, що порушується їхня стійкість. Однак поступово вони набувають відносної стабілізації і процес уповільнюється. Щодо прибережних ділянок, то за характером водного режиму в поздовжньому профілі водосховищ можна виділити декілька зон:

- Перша – глибоководна (при гребельна, тобто поряд із греблею з типово озерним режимом), який притаманний найвищий підйом рівня води. Тут хвилеприбійні явища інтенсивні й береги легко піддаються швидкій перебудові, хоча довкола скупчується чимало крихкого матеріалу, з якого формуються мілини, коси, бари. Причому хвилі не впливають на дно водойми.
- Друга – середніх глибин і мало чим відрізняється від попередньої, зокрема при нормальному підпорному рівні. А якщо водосховище стає непридатним для використання, саме вона, зона середніх глибин, перетворюється на мілководний басейн. Характерно, що перебуробка берегів відбувається повільніше, ніж у першій зоні, тому коли водосховище перестає функціонувати, їх розмивання майже сходить на нівець. Цікаве спостереження: вітрові хвилі не лише взаємодіють із дном, а й вирівнюють його.

---

Абразія\* — процес руйнування берегів і знення гірських порід у береговій зоні водойм хвильами і прибоем.

- Третя – верхня (мілководна). В умовах нормальногопідпірного рівня буває іноді широкою, мілководною водоймою. Це відбувається через те, що вітрове хвилювання загалом розвинуте слабко, тому переробка берегів має затяжний характер. У разі спрацювання водосховища мілководдя скорочується до меж природного русла річки.

Отже, специфіка штучно створених водоймищ і гідрологічний режим істотно впливають на геологічні процеси і на розвиток абразії.

Особливу роль відіграє спрацювання водосховищ, тобто витрата запасів води за графіком, а згодом – і поновлене накопичення запасів води, що певним чином позначається на характері та інтенсивності процесів переробки берегів. Гірські породи берегів навперемін зволожуються чи висушуються, що прискорює вивітрювання; інфільтрація води з водосховища в береги змінюється дренуванням і розвитком фільтраційних деформацій порід; хвилеприбійні явища то посилюються то слабішають або навіть взагалі припиняються; спрямовані вздовж берега течії з'являються чи раптово зникають і т.ін.

На формування нового берегового профілю впливають як гідрологічні, так і геологічні чинники:

- Гідрологічні – сила удару хвилі та швидкість течії. Висота хвилі залежить від тривалості дії вітру, глибини водоймища і довжини розгону хвилі. При наближенні до мілководдя вона, як і швидкість руху хвилі спадає, а в остаточному підсумку і її енергія. Із деякою швидкістю течії породи, що складають береги водосховища розмиваються. Це явище найчастіше спостерігається біля верхів'я водосховища і частково – в його нижніх частинах.
- Геологічні – морфологія берегових схилів, геолого-літологічна будова берегів водоймищ, гідрогеологічні умови, фізико-механічні властивості порід. Так, на схилах крутість яких близька до крутизни майбутнього бічевніка\*, переробка практично відсутня і, навпаки, на крутых схилах інтенсивність переробки берега і ширина бічевніка досить значні. Відомо також, що піщані схили мають прямолінійний обрис і їхня крутість не залежить від висоти, тоді як профіль сталого укусу в глинистих породах – криволінійний і перебуває у прямій залежності від висоти схилу.

Склад та умови залягання порід неабияк впливають на висоту і форму стійких схилів і визначають характер перебудови берегів. За решти однакових умов ширина бічевніка у розущільнених породах (піски, суглинки, леси) більша, а в твердих (напівскельні і скельні) – менша. Швидкість переробки берегів під час падіння пластів у бік водойми зростає, оскільки нерідко це призводить до рунівних обвалів і зсуву порід.

---

Бічевнік\* — вузька смуга берега, яка розташована між заплавою і урізом річки, оголена, непокрита рослинністю, знаходиться під безпосереднім впливом річки.

Слід відзначити необхідність вивчення ролі геологічних чинників для якісної оцінки переробки берегів і при виділенні однорідних за геологічними умовами районів за допомогою того чи іншого кількісного методу можна розраховувати ширину зони переробки.

### 3. Методи прогнозу переробки берегів водосховищ

З питань усебічного вивчення визначеної проблеми вийшло немало наукових праць, однак надійних прогнозів ї досі не знайдено. Причини цього у складності і різноманітності численних явищ, що містяться уже в самому процесі цілу низку особливостей, а також обмаль безпосередніх спостережень за динамікою розвитку того чи іншого явища.

Кількісний спосіб оцінки ширини зони переробки берега вперше запропонував Ф.П. Саваренський (1935 р.). Надалі низку методів розробили М.Є. Кондратьєв, Г.С. Золотарьов, Є.Г. Качугін, Є.К. Гречіщев, Л.В. Розовський та інш. Так, М.Є. Кондратьєв, Є.К. Гречіщев і Б.А. Пишкіна, вивчаючи переробку берегів при експлуатації водосховищ, значну увагу приділили гідрогеологічним факторам, Є.Г. Качугін – енергії хвильовання води і розмивності гірських порід, а Г.С. Золотарьов враховував геологічні, геоморфологічні та гідрологічні умови. Вибір методу розрахунку процесу переробки берега передбачає порівняння природних умов, які досліджуються, з тими, для яких його розроблено.

У практиці проектних організацій найширше використовують методи Є.Г. Качугіна та Г.С. Золотарьова.

#### 3.1. Метод Г.С. Золотарьова

Грунтуючись на врахуванні геологічних, геоморфологічних та гідрологічних даних. І оскільки метод застосовують для рівнинних і гірських водоймищ, розташованих в різних географічних умовах, його вважають досить універсальним. Так, переробку берега можна прогнозувати на два терміни: через 10 років після наповнення водосховища і на кінцеву стадію, коли темпи швидкості руйнування берега вже не матимуть практичного значення.

Мета методу. Для всіх типових за інженерно-геологічною будовою ділянок широкої частини водосховища готують розрахункові геологічні розрізи з нанесенням їх показників. На топографічний профіль – відомості про геологолітологочну будову і гідрогеологічні умови, вказуються фізико-геологічні явища: обвали, зсуви, супфозійні явища і інш. (рис. 3.1). На профілі ставлять позначку найвищого проектного горизонту (*НПГ*) води та значення амплітуди коливань рівня у водосховищі (висота зони спрацювання), визначені в результаті гідрологічних спостережень і гідротехнічних розрахунків (останні можна взяти з проекту водосховища).

Від лінії *НПГ* відкладають (угору) висоту накату хвилі  $h_n$ . Цю величину розраховують за формулою М.М. Джунківського:

$$h_n = 3,2 K h_B \operatorname{tg} \alpha \quad (3.1)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що залежить від ступеня шорсткості укосу (для гладких бетонних поверхонь він дорівнює одиниці, а для горизонтів із каменю – 0,775),  $h_e$  – висота хвилі, м;  $\alpha$  – кут нахилу укосу.

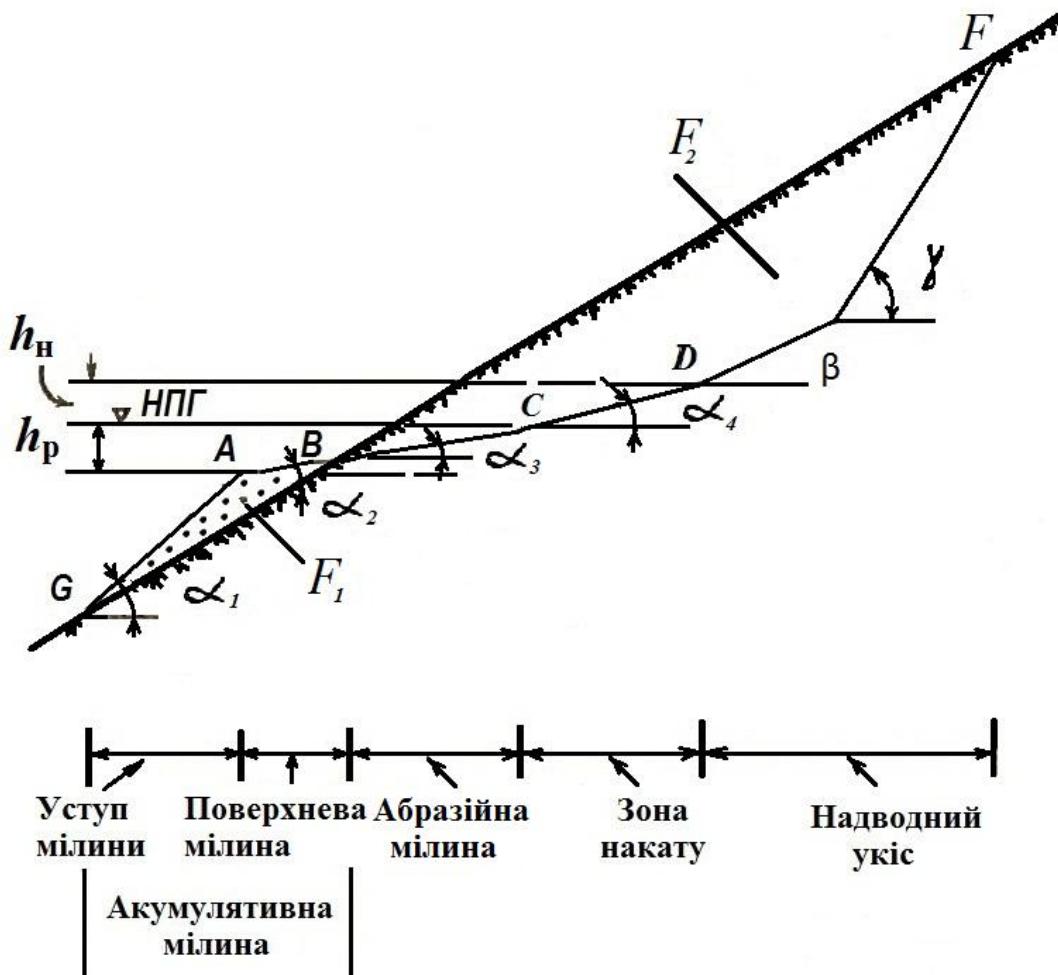


Рис. 3.1. Схема для розрахунку процесу переробки берега водосховища за методом Г.С. Золотарьова на 10-річний термін

Досліди показали, висота накату підвищується із збільшенням кута нахилу укосу і досягає максимальної величини коли кут досягає  $45 - 60^\circ$ . Зростання шорсткості укосу призводить до того, що ця висота зменшується. Розрахунок висоти хвилі – за формулою В.Г. Андреянова

$$h_B = 0,0208 W^4 \sqrt{W^3 D}, \quad (3.2)$$

де  $W$  – швидкість вітру, м/с;  $D$  – довжина розбігу хвилі за даним напрямком, км. При розрахунках висоти хвилі на 10-річний термін на профіль наносять половину значення ( $0,5h_e$ ), розрахованого за формулою М.М. Джунківського, а для кінцевої стадії – її повну висоту.

Від лінії  $HPG$  (для кінцевої ж стадії – від горизонту спрацювання) проводять лінію (вниз), що відповідає глибині розмивання, м.

Розраховуючи на 10-річний період для піщано-глинистих берегів за глибину розмиву беруть:

- для легкорозмивних порід  
 $\pm h_p = 1,5h_b$
- для дуже легкорозмивних порід  
 $\pm h_p = 2h_b$ .

Під час розрахунів для кінцевої стадії перебудови за глибину розмивання беруть  $h_p = 2h_b$  та  $h_p = 3h_b$  відповідно. Вважається, що нижче цієї глибини розмивання берега припиняється.

На лінії розмивання позначають довільно вибрану точку  $A$ , що відповідає брівці уступу підводної мілини, де передбачається різкий перелом в її формі. Від точки  $A$  проводять дві лінії: лінію уступу мілини  $AG$  і лінію поверхні мілини  $AB$ . Кути їх нахилу залежать від складу накопичень самої мілини. Кут нахилу уступу мілини  $\alpha_1$  беруть таким, що дорівнює  $10 - 12^\circ$  для піщано-глинистих відкладів і  $18 - 22^\circ$  – для гравійних і крупнопіщаних. Кут нахилу поверхні мілини  $\alpha_2$  може змінюватися від  $1,5^\circ$  для тонких пісків до  $10 - 12^\circ$  – для галечника і щебеню. Величини кутів установлюють на основі польових спостережень або – за рекомендаціями [1].

Визначивши кут  $\alpha_1$ , лінію уступу мілини переносять з точки  $A$  (вниз) до перетину з лінією топографічного профілю в точці  $G$ . Знаючи кут  $\alpha_2$ , виводять з точки  $A$  (вгору) лінію поверхні мілини до її перетину з топографічним профілем у точці  $B$ , з якої пряму під кутом  $\alpha_3$  до її перетину в точці  $C$  з горизонтальною лінією проведеною на позначці  $HПГ$ . Лінія  $BC$  обмежує абразійну частину мілини. Кут нахилу, що залежить від складу порід цієї частини мілини та хвильового режиму, визначають дослідним шляхом (вимірюють кути нахилу мілини утворені за аналогічних умов).

Із точки  $C$  пряму направляють під кутом  $\alpha_4$  до її перетину з горизонтальною лінією (точка  $D$ ) на позначці висоти накату хвилі. Кут нахилу зони накату хвилі також залежить від складу порід і висоти хвилі (його вибирають за табл. 3.1).

За даними натурних спостережень, із урахуванням геологічної будови схилу будується профіль його надводної частини. При відсутності даних з точки  $D$  до точки  $E$  (на третину висоти берега) проводять відрізок  $DE$  під кутом  $\beta = 30 - 33^\circ$ , а з точки  $E$  – відрізок  $EF$  під кутом  $\gamma = 60 - 70^\circ$ . Після побудови названого профілю встановлюють співвідношення площ акумулятивної частини мілини  $F_1$  і частини розмивного схилу  $F_2$ . Коли співвідношення  $F_1/F_2=K$  відповідає відсотку акумуляції за таблицею 3.1, побудову та прогноз вважають досить правильними, якщо ж ні – будову повторюють. Переміщенням точки  $A$  близьче або подалі від берега можна досягти потрібного співвідношення площ акумуляції та розмиву, чим і обґрунтуюти місце знаходження точки  $A$  на профілі прогнозу.

Для ділянок із глинистих легкорозмивних порід або для тих, де розущільнений матеріал змивають хвилі та спрямовані течії,  $K = 0$ . У такому разі точку  $A$  слід розміщувати на перетині з лінією первинного схилу. Після побудови профілю визначають ширину зони переробки берега  $L_{nep}$ .

Таблиця 3.1

Кути природного укусу для побудови прогнозованого профілю під час переробки берегів водосховищ (за даними Г.С. Золотарьова і Д.Н. Раши)

Породи	Кут укусу мілини $\alpha_1$ , град	Кути нахилу мілини $\alpha_1$ та $\alpha_2$ для стадій, град		Кут нахилу зони накату $\alpha_4$ для стадій, град		Акумуляція за об'ємом, %
		10-річної	кінцевої	10-річної	кінцевої	
Піски тонко- та дрібнозернисті	10 – 12	1,5	1	5	3	5 – 10
Піски різно- та середньозернисті		3	2	6	4	10 – 15
Піски крупно-зернисті та гравій		5	3	10	6	15 – 20
Галечник і щебінь з піщаним заповнювачем	18 – 20	10 – 12	8 – 10	18 – 20	15 – 18	20 – 35
Галечник і щебінь з глинистим наповнювачем		8 – 10	6 – 8	15 – 18	14 – 16	20 – 35
Супіски		1,5	1	4	3	3 – 5
Суглинки		1,5	1	4	2 - 3	3
Глини		2	1,5	6	8	0
Лесові породи		1,5	1,5	4	2	3

### 3.2. Метод Є.Г. Качугіна

Автор спрогнозував процес переробки берегів водосховищ з урахуванням енергії хвильовання води і розмивності гірських порід, тобто двох головних визначальних характеристик абразійного процесу. В основі цього методу – розроблена ним емпірична формула

$$Q = E K_p K_b t^b, \quad (3.3)$$

де  $Q$  – кількість розмитої породи берега за час  $t$ , рік на 1 м довжини берега,  $m^3$ ;  $E$  – середня енергія хвильовання води в даному пункті;  $K_p$  – коефіцієнт розмивності порід (табл. 3.2);  $K_b$  – коефіцієнт, який ураховує висоту берега;  $t$  – час розмиву, рік;  $b$  – показник степеня менше одиниці залежно від швидкості припинення розмиву.

Під коефіцієнтом розмивності порід  $K_p$  автор мав на увазі об'єм розмивної породи,  $m^3$ , який припадає на одиницю енергії хвильовання води ( $m^3/H$ , м) протягом першого року після наповнення водосховища, тобто до формування прибережної мілини

$$K_p = Q_i/E_i. \quad (3.4)$$

Згаданий вище коефіцієнт рекомендується визначати за табл. 3.2. Коли берег складений породами різної розмивності,  $K_p$  дорівнює середньозваженій величині з урахуванням потужності гірських порід.

Руйнування берегів уздовж берегової лінії зазвичай призводить до утворення мілини, навколо якої хвилі втрачають чимало енергії. Як встановлено в результаті спостережень при постійній енергії хвиль ширина мілини обернено пропорційна висоті берега. Тому коефіцієнт  $K_b$ , що враховує висоту берега, на мілині непрямо відображає величину втрати енергії хвиль. Цей коефіцієнт визначений емпірично і чисельно дорівнює добутку середньої висоти берега розглянутої ділянки на коефіцієнт  $C$ :

$$K_b = h_b C \quad (3.5)$$

Величина  $C$  змінюється від 0,003 для дуже легкорозмивних порід до 0,005 для важкорозмивних. Із висотою берега 30 м і більше  $K_b$  дорівнює одиниці.

Розрахунок переробки берега виконують для певного моменту, що збігається з часом розмивання берега  $t$  (років). Показник степеня  $v$  при величині часу розмивання характеризує відношення ширини абразійної частини мілини до ширини всієї мілини – акумулятивної й абразійної, тобто швидкість уповільнення розмиву. У середньому він становить 0,7, а якщо обмілина абразійна, то досягає 0,95. У разі ж значної ширини акумулятивної частини мілини величина  $v$  зменшується до 0,45.

Слід відзначити, що рівень енергії хвильовання визначають для кожної типової ділянки берегової зони, попередньо встановивши висоту хвиль за методом А.П. Браславського із 0,1% забезпеченістю, а потім за спеціальним графіком (рис. 3.4) – величину енергії хвильовання із введенням даних про тривалість дії вітру.

Вихідний матеріал для розрахунку висоти хвиль – швидкість вітру за зведеннями гідрометеостанцій. Як рекомендує А.П. Браславський, швидкість вітру треба брати за спостереженнями материкових станцій і перераховувати її значення на ті, що отримані над відкритою поверхнею. Для цього дані щодо швидкості вітрів, які отримані на материкових станціях, слід множити на величину переходного коефіцієнта  $K$  (рис. 3.2).

Метод А.П. Браславського дає можливість визначати висоту хвилі із 0,1% забезпеченістю, тобто практично її найбільшу висоту залежно від швидкості вітру над водною поверхнею, включаючи вплив зміни глибин на протязі усієї відстані розгону. Для обраного пункту на березі будують гіпсометричні профілі, що тягнуться від берега до берега й збігаються з напрямками сторін світу (рис. 3.3).

Висоту хвиль установлюють за графіками А.П. Браславського, побудованими для постійної швидкості вітру і в разі піщаного дна водойми. Висоту хвиль при проміжних значеннях швидкості вітру визначають шляхом інтерполяції за графіками  $h_b=t(W)$ .

Енергію хвильовання розраховують окремо для напряму профілів, за якими здійснюється розрахунок висоти хвиль (користуються графіком Е.Г. Качугіна, рис. 3.4).

Таблиця 3.2

Значення коефіцієнта розмивності  $K_p$  для різних порід

Клас порід	Порода	$K_p, \text{ м}^3/\text{H}, \text{ м}$
1	Дуже легкорозмивні: піски дрібнозернисті, супіски легкі, лесоподібні породи	0,0065 – 0,0030
2	Легкорозмивні: піски середньозернисті, суглинки і супіски з щебенем	0,0030 - 0,0010
3	Середньої розмивності: суглинки важкі, суглинки з валунами, глини й піски з гравієм та галькою	0,0010 - 0,0005
4	Важкорозмивні: пісковики глинисті з піском й валунами, глини з прошарками опок	0,00050

За кожним напрямком профілів підраховують суму затраченої енергії хвиль (Дж), яку згодом множать на синус кута між лінією берега і напрямком руху хвиль. Цей кут може бути тільки гострим або прямим. Для кожного напрямку необхідна поправка при обчисленні енергії хвилювання води  $E_1, E_2, E_3, E_4$ , що припадає на одиницю довжини берегової лінії. Після введення поправки можна підсумувати кількість затраченої енергії за всіма чотирма напрямками: її приймають за характеристику середньобагаторічних даних енергії хвилювання води в зазначеному пункті (додаток 1 – 5). Визначивши за формулою (3.3) основні дані, розраховують об'єм розмивної породи,  $\text{м}^3$  на 1 м берега за час  $t$ , рік.

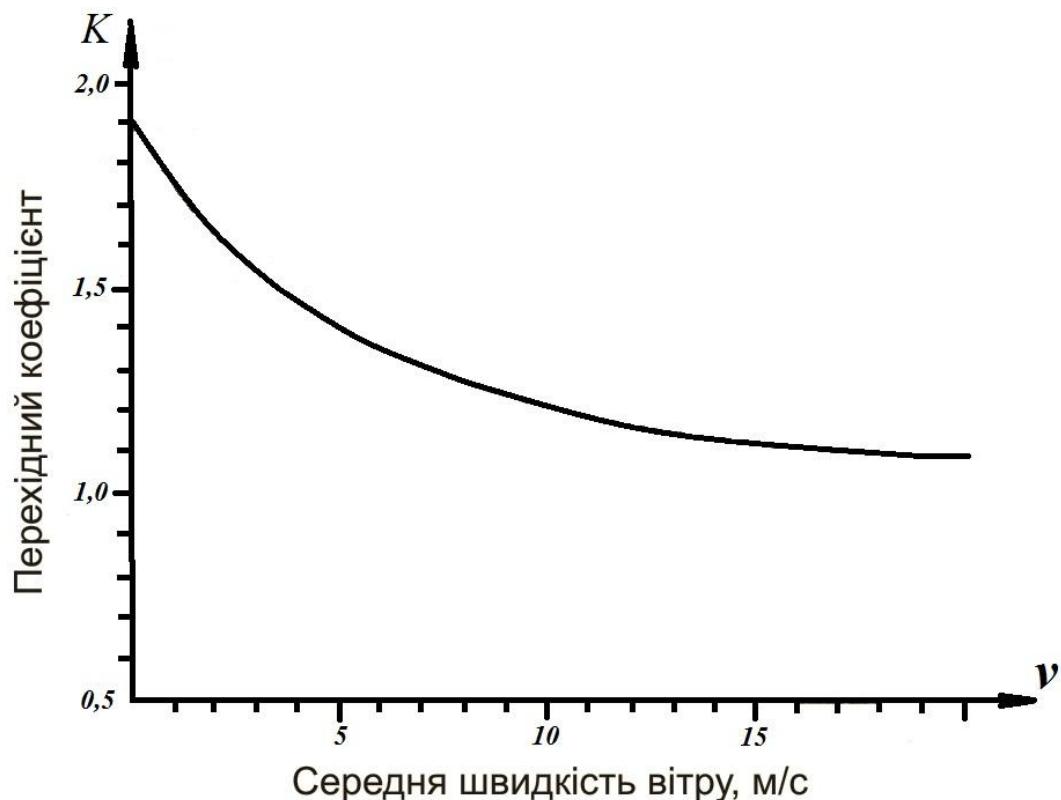


Рис. 3.2. Крива визначення перехідного коефіцієнта при розрахунку швидкості вітру над водою поверхнею (за даними А.П. Браславського)

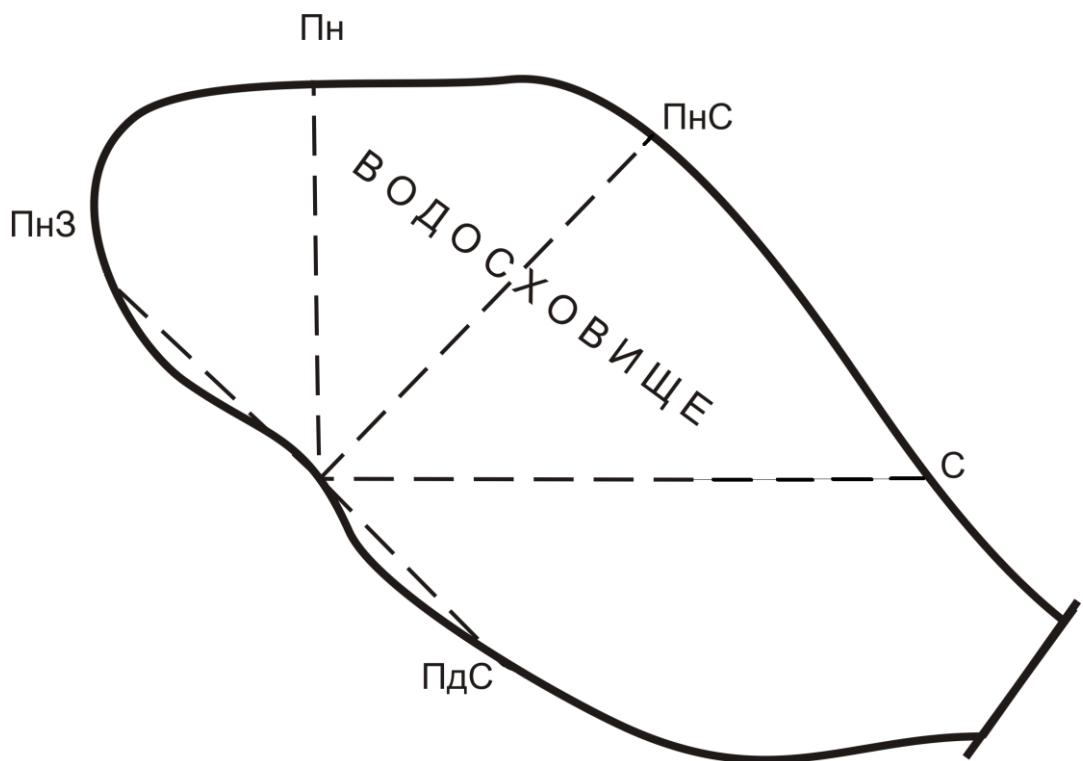


Рис. 3.3. Орієнтування гіпсометричних профілів за сторонами світу

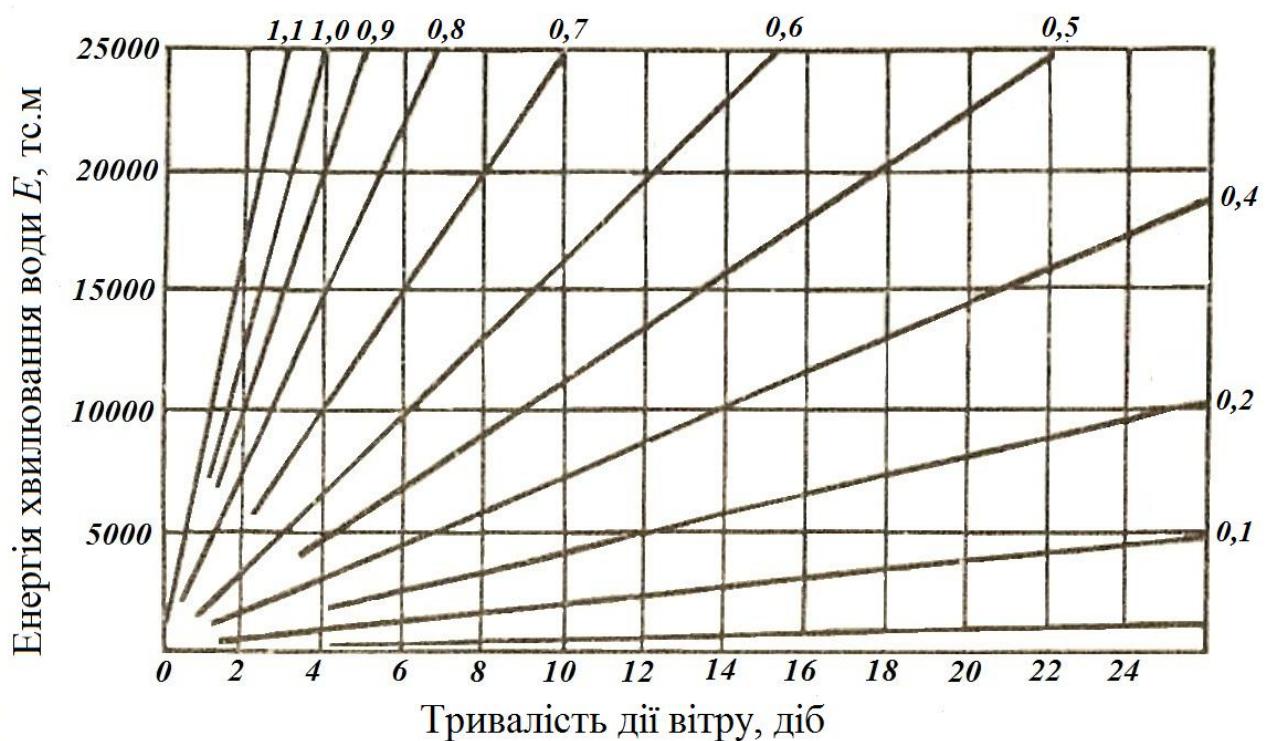


Рис. 3.4. Графіки для визначення енергії хвильування води за тривалістю дії вітру і висотою хвилі із 0,1% забезпеченістю

Ширину зони переробки визначають за допомогою графічної побудови, для чого на розрахунковий геологічний розріз наносять лінію найвищого проектного горизонту (*НПГ*), верхню і нижню межі розмиву (*BMP*, *HMP*). Є.Г. Качугін рекомендує приймати за верхнюю межу положення високого рівня

води у водосховищі із 2 – 4 % забезпеченістю з додаванням третини «робочої» хвилі.

Висоту «робочої» хвилі встановлюють шляхом обробки даних спостережень за хвилюванням води. Вона – середня з-поміж високих хвиль, які виконують найбільшу роботу з розмивання берега, помножена на коефіцієнт 0,7 (перехідний коефіцієнт на 15% забезпеченість), тобто  $h_p=0,7 h_{sep}$ .

За нижню межу розмиву приймають положення низького рівня із 96 – 98 % забезпеченістю у безльодовий період, зменшенну на висоту «робочої» хвилі.

Якщо рівень води у водосховищі підтримують на одній і тій самій позначці (наприклад, для цілей судноплавства), то цей постійний рівень вважається одночасно і верхньою, і нижньою межею розмиву. Для визначення положення майбутнього горизонту розмиву до постійного рівня зверху додають третину  $h_p$  та відкладають одну висоту  $h_p$  вниз. Там, де нижня межа розмиву на профілі перетне поверхню схилу, починається абразійна частина обмілини. Подальша побудова профіля здійснюється аналогічно вищеведеному, тобто за методом Г.С. Золотарьова з урахуванням відношення  $F_2/F_1=k$  для різних періодів часу.

Кут нахилу надводного укосу встановлюють за аналогією з такими ж укосами на водосховищах або розраховують від урізу води у водосховищі при НПГ до намічененої брівки укосу (рис. 3.5).

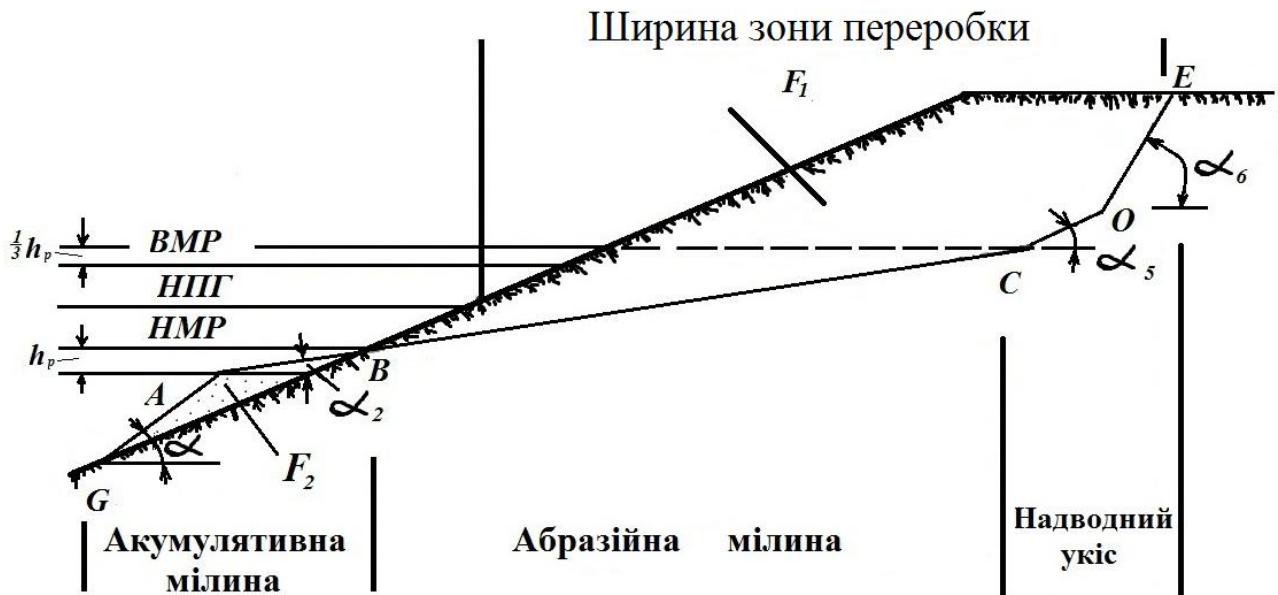


Рис. 3.5. Схема для визначення ширини зони переробки берега водосховища за методом Є.Г. Качугіна

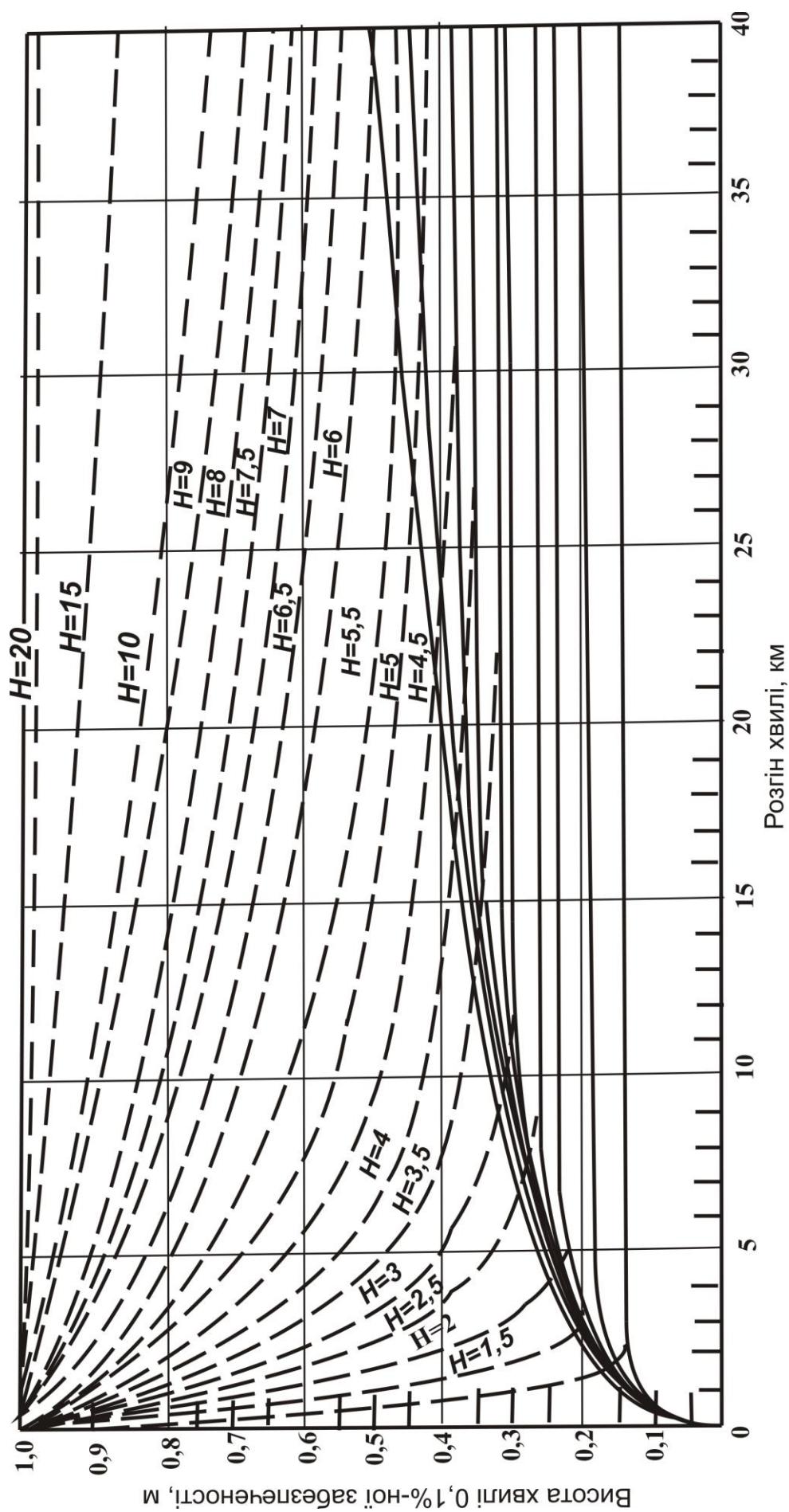
### Список літератури

1. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. [Текст]/ В.Д. Ломтадзе. - Л.: Недра, 1977. - 456 с.

2. Качугин Е.Г. Рекомендации по изучению переработки берегов водохранилищ [Текст]/ Е.Г. Качугин. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. - 116 с.
3. Коломенский Н.В. Специальная инженерная геология [Текст]/ Н.В. Коломенський. - М.: Недра, 1974, - 406 с.
4. Справочник по инженерной геологии [Текст]- М.: Недра, 1984. - 406 с.

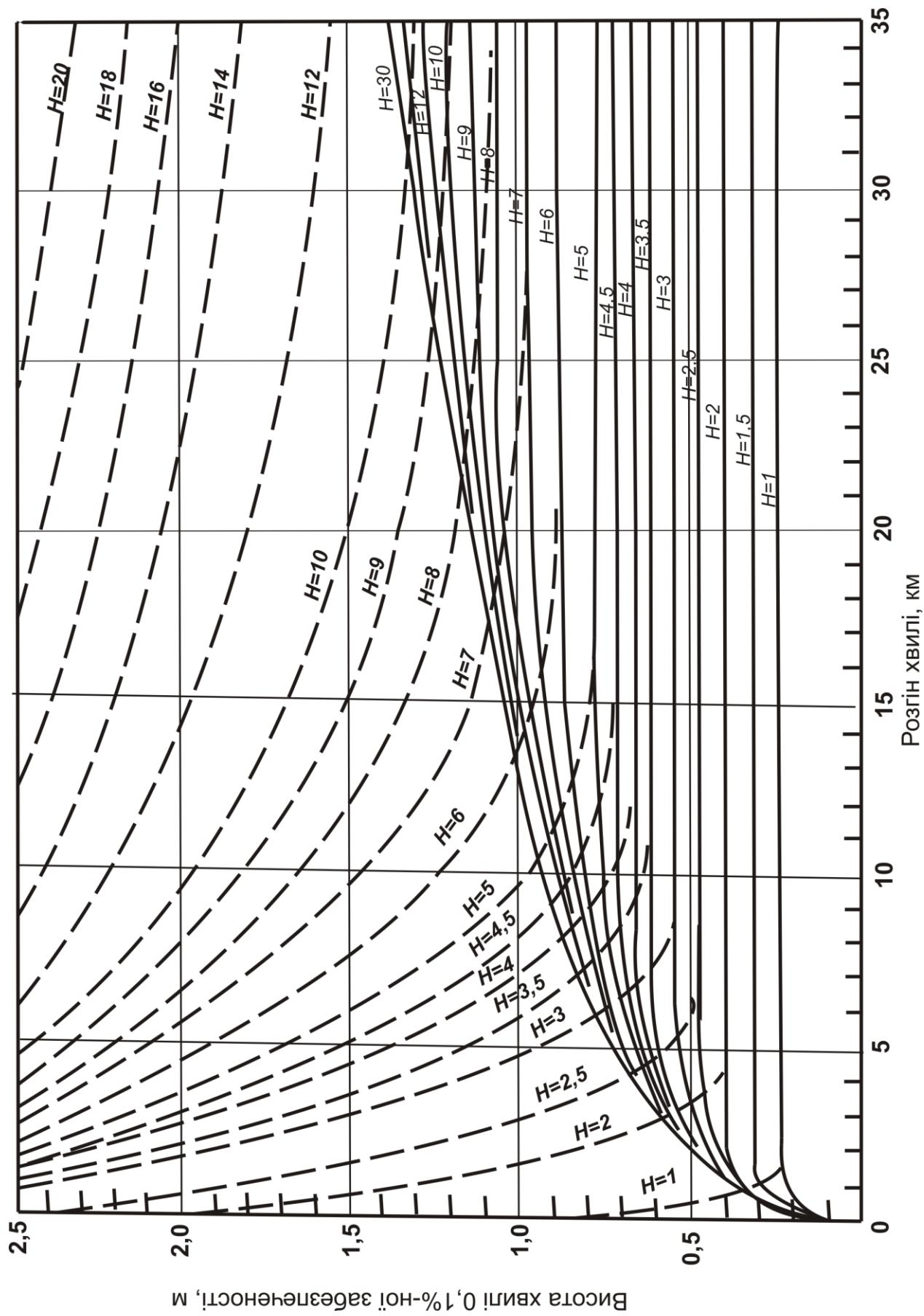
## Таблиця розрахунку енергії хвиль

Додаток 2



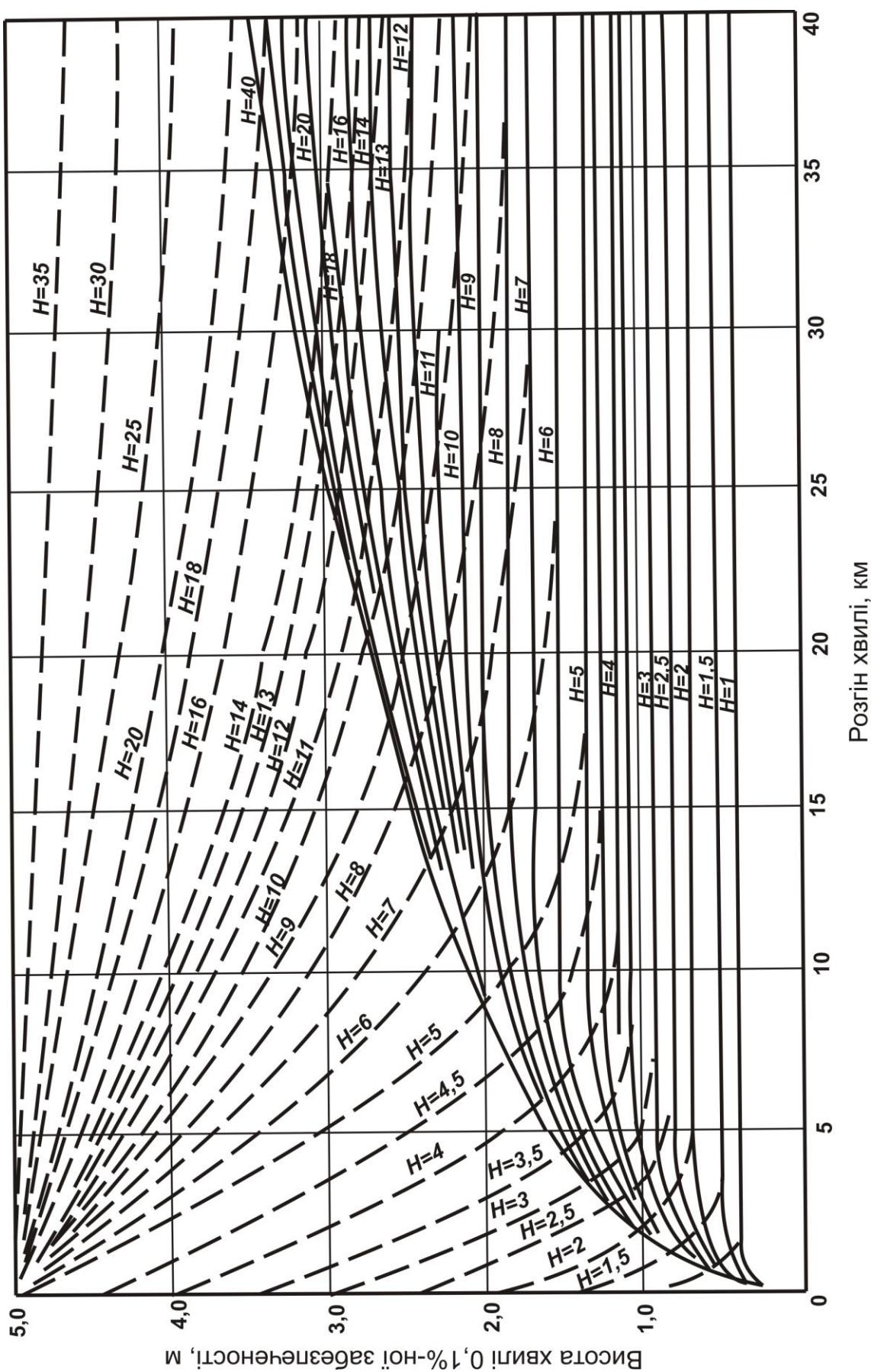
Номограма для розрахунку висоти хвилі (швидкість вітру 5 м/с)

Додаток 3



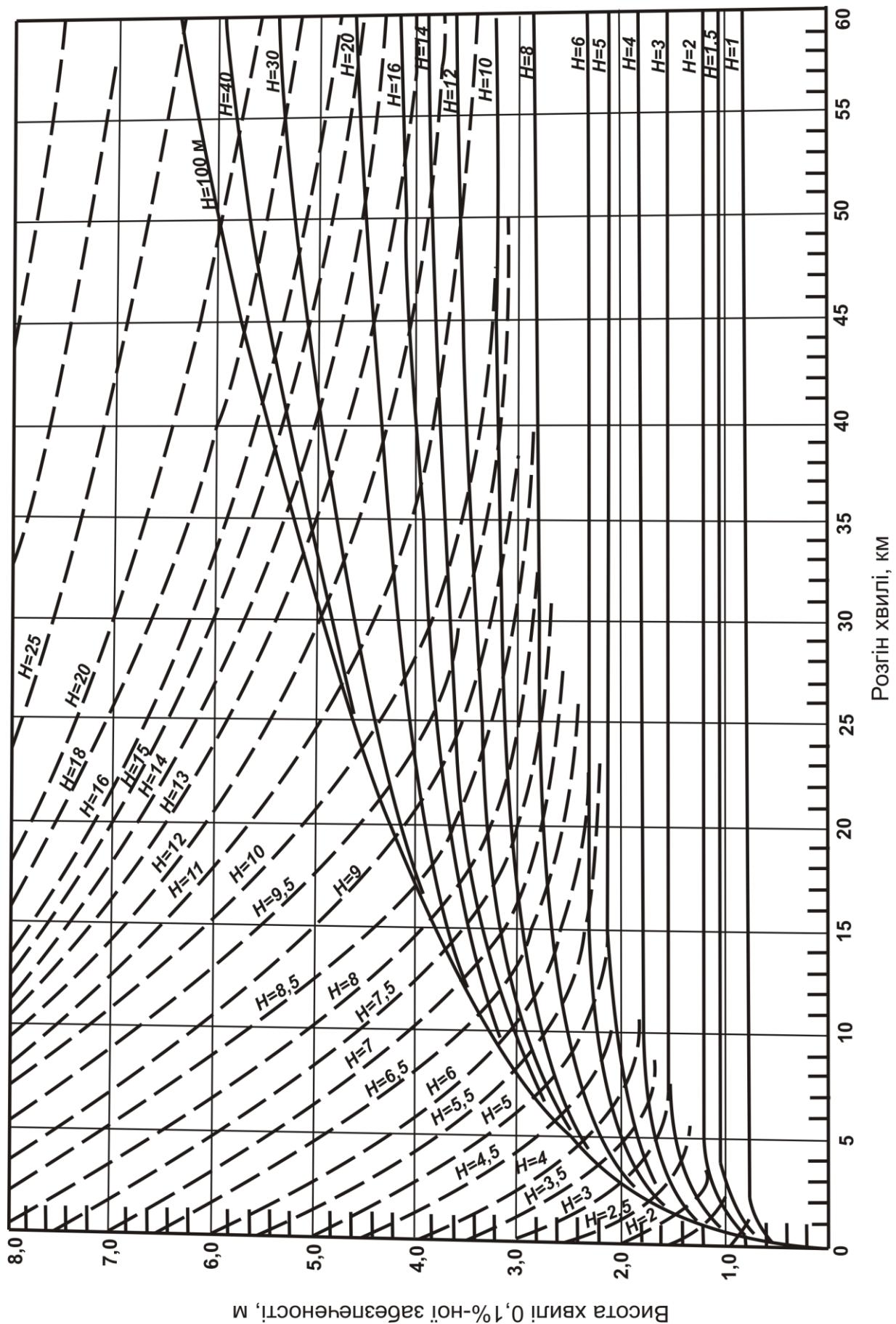
Номограма для розрахунку висоти хвилі (швидкість вітру 10 м/с)

Додаток 4



Номограма для розрахунку висоти хвилі (швидкість вітру 20 м/с)

Додаток 5



Номограма для розрахунку висоти хвилі (швидкість вітру 30 м/с)

**Прокопенко Тетяна Дмитрівна  
Інкін Олександр Вікторович  
Подвігіна Олена Олегівна**

**МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ БЕРЕГІВ  
ВОДОСХОВИЩА**

**Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
«Інженерна геодинаміка»**

**для студентів напряму підготовки 6.040103 Геологія**

**Редактор С.С. Графська**

Підп. до друку \_\_\_.2012. Формат 30×42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,5.  
Обл.-вид. арк. 1,5. Тираж 40 пр. Зам. №