

**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

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



**ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра гідрогеології та інженерної геології**

**МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ БЕРЕГІВ
ВОДОСХОВИЩА**

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

для студентів напрямку підготовки 6.040103 Геологія

Дніпропетровськ
НГУ
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. – 19 с.

Автори:

Т.Д. Прокопенко, канд. геол.-мін. наук, доц. (розділи 1 і 3, 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.

1. Загальні положення

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

Слід зауважити, що форма й швидкість описаного процесу залежить від складу гірських порід самого берега. І найбільш чітко це видно протягом перших двох – трьох років експлуатації водосховища. Але надалі з розростанням мілини вирівнювання берегової лінії поступово припиняється. Водночас дається 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 неоднакові в той чи інший період експлуатації водосховищ, а найбурхливіше цей процес проходить невдовзі після їх наповнення, коли з різкою зміною природних умов схили опиняються в таких геологічних реаліях, що навіть 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 (пригребельна, тобто поряд із греблею з типово озерним режимом), якій притаманний найвищий підйом рівня води. Тут хвилеприбійні явища інтенсивні й береги легко піддаються швидкій переробці, хоча довкола скупчується чимало крихкого матеріалу, з якого формуються мілини, коси, бари. Причому хвилі не впливають на зміни дна.
- Друга – середніх глибин і мало чим відрізняється від попередньої, зокрема при нормальному підпірному рівні. А якщо водосховище стає непридатним для використання, саме вона, зона середніх глибин, перетворюється на мілководний басейн. Характерно, що переробка берегів відбувається повільніше, ніж у першій зоні, тому коли водосховище перестає функціонувати, їх розмивання майже сходиться нанівець. Цікаве спостереження: вітрові хвилі не лише взаємодіють із дном, а й вирівнюють його.

* Абразія – процес руйнування берегів і знесення гірських порід у береговій зоні водою хвилями.

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

Отже, специфіка штучно створених водоймищ і гідрологічний режим істотно пов'язані з геологічними процесами й розвитком абразії.

Особливу роль відіграє спрацювання водосховищ, тобто витрата запасів води за графіком, а згодом – і їх відновлення. Це впливає на подальший характер та інтенсивність процесу переробки берегів, коли: гірські породи берегів навперемін звожуються чи висушуються, що прискорює вивітрювання; інфільтрація води з водосховища в береги замінюється дренаванням, а поряд з цим розвиваються фільтраційні деформації порід; хвилеприбійні явища то посилюються, то слабшають або навіть взагалі припиняються; спрямовані вздовж берега течії як раптово з'являються, так і зникають.

При формуванні нового берегового профілю задіяні гідрологічні й геологічні чинники:

- Гідрологічні – сила удару хвилі та швидкість течії. Висота хвилі залежить від тривалості дії вітру, глибини водоймища й довжини розгону хвилі. При наближенні до мілководдя вона, як і швидкість руху хвилі, спадає, а в остаточному підсумку – і її енергія. Швидкість течії з часом впливає на розмивання порід, що складають береги водосховища. Це явище найчастіше відбувається біля верхів'я водосховища і частково – у його пониззі.
- Геологічні – морфологія берегових схилів, геолого-літологічна будова берегів водоймищ, гідрогеологічні умови, фізико-механічні властивості порід. Так, на схилах, крутість яких близька до стрімкості майбутнього бічевника*, переробка берега практично відсутня і, навпаки, на крутих схилах інтенсивність такої переробки берега і ширина бічевника 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 в прямій залежності від висоти.

Склад та умови залягання порід неабияк впливають на висоту і форму стійких схилів і визначають характер переробки берегів. За решти однакових умов бічевник у розущільнених породах (піски, суглинки, леси) ширший, а в твердих (напівскельні та скельні) – вужчий. Швидкість переробки берегів при падінні пластів у бік водойми зростає, адже нерідко це призводить до руйнівних обвалів і зсуву порід.

Треба усвідомити необхідність досконалого знання ролі геологічних чинників стосовно якісної оцінки переробки берегів і при виділенні однорідних

* Бічевник – вузька оголена смуга берега (між заплавою й урізом води), безпосередньо пов'язана з річкою.

за геологічними умовами районів з допомогою кількісних методів, завдяки яким можна розраховувати ширину зони переробки.

3. Методи прогнозу переробки берегів водосховища

З питань усебічного вивчення зазначеної проблеми вийшло немало наукових праць, однак надійних прогнозів і досі не знайдено. Причини – у складності й різноманітності численних явищ із цілим рядом особливостей, а також через обмаль безпосередніх спостережень за динамікою розвитку конкретного явища.

Кількісний метод оцінки ширини зони переробки берега вперше запропонував Ф.П. Саваренський (1935). Надалі низку методів розробили М.Є. Кондратьєв, Г.С. Золотарьов, Є.Г. Качугін, Є.К. Гречищев, Л.В. Розовський та ін. Так, М.Є. Кондратьєв, Є.К. Гречищев і Б.А. Пишкіна, вивчаючи переробку берегів при експлуатації водосховищ, значну увагу приділили гідрогеологічним факторам, а зокрема Є.Г. Качугін – також енергії хвилювання води і розмивності гірських порід, Г.С. Золотарьов зосередився в своїх наукових висновках на геологічних, геоморфологічних і гідрологічних умовах. Вибір методу розрахунку процесу переробки берега передбачає порівняння досліджуваних природних умов з тими, для яких його розроблено.

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

3.1. Метод Г.С. Золотарьова

Оскільки цей 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, тобто коли швидкість руйнування берега вже не матиме практичного значення.

Мета методу. Для всіх типових за інженерно-геологічною будовою ділянок широкої частини водосховища готують розрахункові геологічні розрізи з нанесенням їх показників. На топографічному профілі (рис. 3.1) – дані про геолого-літологічну структуру й гідрогеологічні умови з фіксацією фізико-геологічних явищ: окрім суфозійних, це обвали, зсуви тощо. На профілі ставлять позначку найвищого проектного горизонту (*НПГ*) та значення амплітуди коливань рівня води у водосховищі (висота зони спрацювання), визначені в результаті гідрологічних спостережень і гідротехнічних розрахунків (останні можна взяти з проекту водосховища).

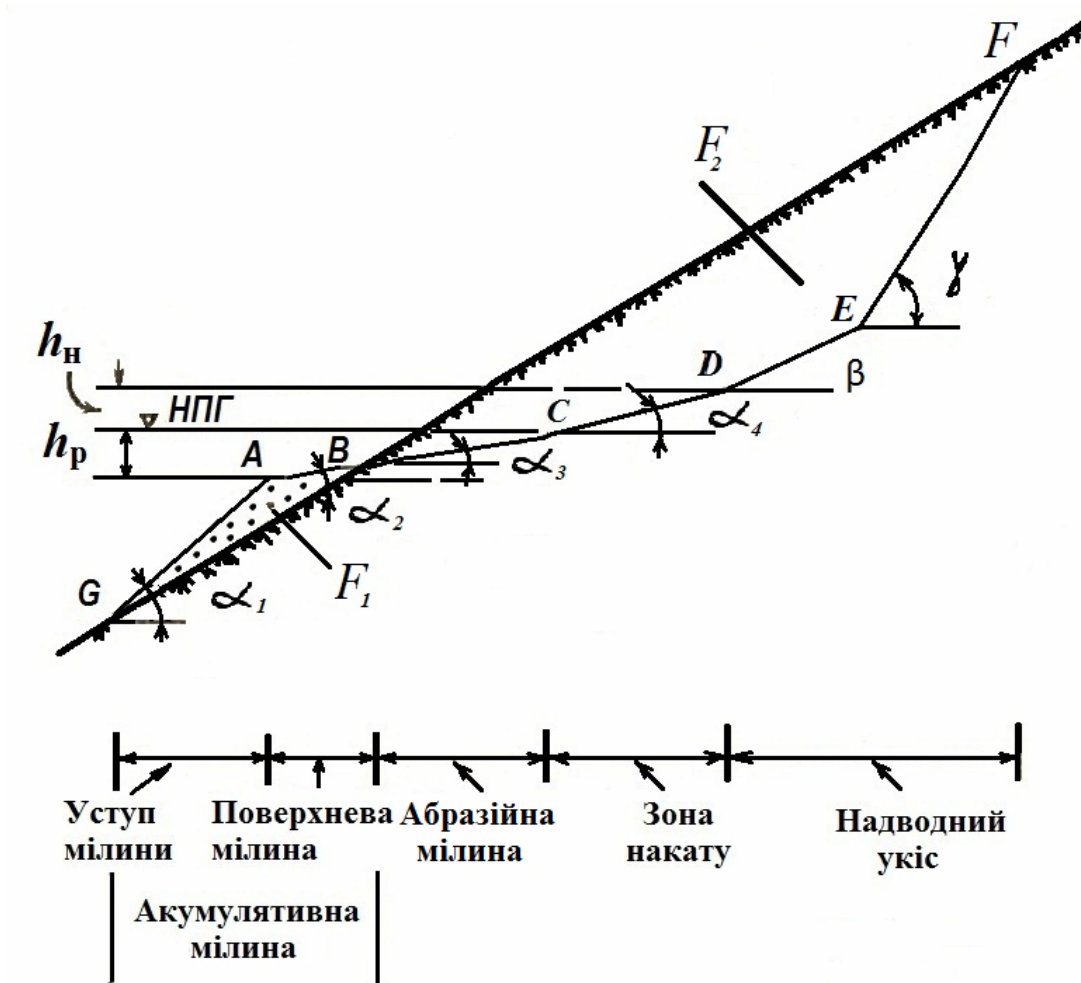


Рис. 3.1. Схема для розрахунку процесу переробки берега водосховища за методом Г.С. Золотарьова (на 10-річний термін)

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

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

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

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

$$h_g = 0,0208 W \sqrt[4]{W} \sqrt[3]{D}, \quad (3.2)$$

де W – швидкість вітру, м/с; D – довжина розгону хвилі за даним напрямком, км. При розрахунках (у середньому) висоти хвилі на 10-річний

термін на профіль наносять половину її значення $(0,5h_g)$, обчисленого за формулою М.М. Джунківського, а для кінцевої стадії – повну висоту.

Від лінії *НППГ* (для кінцевої стадії – від горизонту спрацювання) проводять лінію (униз), що відповідає глибині розмивання берега, m .

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

- для легкорозмивних порід $\pm h_p = 1,5h_g$;
- для дуже легкорозмивних порід (лес) $\pm h_p = 2h_g$.

Під час розрахунків для кінцевої стадії переробки за глибину розмивання беруть $h_p = 2h_g$ та $h_p = 3h_g$ відповідно.

На лінії розмивання позначають довільно вибрану точку *A*, що відповідає брівці уступу підводної мілини, де передбачається різка зміна її форми (рис. 3.1). 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 α_1 беруть таким, що дорівнює $10 - 12^\circ$ для піщано-глинистих відкладів, і $18 - 20^\circ$ – для гравійних і крупнопіщаних. Кут нахилу поверхні мілини α_2 може змінюватися від $1,5^\circ$ для тонких пісків і до $10 - 12^\circ$ – для галечника й щебеню. Величини кутів установлюють на основі польових спостережень або – за рекомендаціями фахівців[1].

Визначивши кут α_1 , лінію уступу мілини переносять з точки *A* (униз) до перетину з лінією топографічного профілю в точці *G*. Якщо відомий кут α_2 , то з точки *A* (угору) виводять лінію поверхні мілини до її перетину з топографічним профілем у точці *B*, з якої слід провести пряму під кутом α_3 до її перетину в точці *C* із горизонтальною лінією на позначці *НППГ*. 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 α_4 до її перетину з горизонтальною лінією (точка *D*) на позначці висоти нахату хвилі. Кут нахилу зони нахату хвилі (табл. 3.1) також залежить від складу порід і висоти самої хвилі.

За даними натурних спостережень, із урахуванням геологічної будови схилу формується профіль його надводної частини. При відсутності даних від точки *D* до точки *E* (на третину висоти берега) проводять відрізок *DE* під кутом $\beta(30 - 33^\circ)$, а від точки *E* до точки *F* – 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 табл. 3.1, побудову та прогноз вважають досить виправданими, якщо ж ні, – будують повторно. Переміщенням точки *A* ближче до берега або подалі від нього можна

досягти потрібного співвідношення площ акумуляції та розмиву, чим і обґрунтувати місцезнаходження точки *A* на профілі прогнозу.

На ділянках із глинистими легкорозмивними породами або там, де хвилі та спрямовані течії змивають розущільнений матеріал, $K = 0$. У такому разі точку *A* треба розташовувати на перетині з лінією первинного схилу (рис. 3.1). Після побудови потрібного профілю визначають ширину зони переробки берега $L_{пер}$.

Таблиця 3.1

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

Породи	Кут укосу мілини α_1 , град	Кути нахилу мілини α_2 та α_3 для стадій, град		Кут нахилу зони нахату α_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 крупнозернисті та гравій	18 – 20	5	3	10	6	15 – 20
Галечник і щебінь з піщаним наповнювачем		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 перебіг переробки берегів водосховищ з урахуванням енергії хвилювання води і розмивності гірських порід, тобто двох визначальних складових абразійного процесу. В основі цього методу – розроблена ним емпірична формула

$$Q = E K_p K_\delta t^v, \quad (3.3)$$

де Q – кількість розмивної породи берега за час t (рік) на 1 м його довжини, м^3 ; E – енергія хвилювання води (у середньому) в даному пункті; K_p – коефіцієнт розмивності порід (табл. 3.2); K_δ – коефіцієнт, який ураховує висоту берега; t – час розмиву, рік; v – показник степеня менше одиниці залежно від швидкості припинення розмиву.

Під коефіцієнтом розмивності порід K_p автор мав на увазі об'єм розмивної породи, м^3 , який припадає на одиницю енергії хвилювання води протягом першого року експлуатації після наповнення водосховища, тобто до формування прибережної мілини, а саме:

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

Згаданий вище коефіцієнт пропонують 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 виявлено в результаті спостережень, при постійній енергії хвиль ширина мілини обернено пропорційна висоті берега. Тому коефіцієнт K_δ , що враховує висоту берега, на мілині непрямо відображає величину втрати енергії хвиль. Цей коефіцієнт розрахований емпірично і чисельно дорівнює добутку середньої висоти берега розглянутої ділянки на коефіцієнт C :

$$K_\delta = h_\delta C. \quad (3.5)$$

Величина C змінюється від 0,003 для дуже легкорозмивних порід до 0,005 – для важкорозмивних. Якщо висота берега понад 30 м, K_δ дорівнює одиниці.

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

Слід відзначити, що величину енергії хвилювання води знаходять для кожної типової ділянки берегової зони, попередньо встановивши висоту хвиль за методом О.П. Браславського з 0,1%-ною забезпеченістю, а за графіками рис. 3.4 – величину енергії хвилювання води з введенням даних про тривалість дії вітру.

Вихідний матеріал для розрахунку висоти хвиль – швидкість вітру за зведеннями гідрометеостанцій. Як радить О.П. Браславський, швидкість вітру треба брати за спостереженнями материкових станцій, перераховуючи її значення на отримані над відкритою поверхнею. Для цього дані щодо швидкості вітру, які надходять з материкових станцій, необхідно множити на величину перехідного коефіцієнта K (рис. 3.2).

Метод О.П. Браславського дає можливість визначати висоту хвилі з 0,1%-ною забезпеченістю, тобто практично – її найбільшу висоту залежно від швидкості вітру над водною поверхнею, зважаючи на вплив глибин протягом усієї відстані розгону. Для цього на дослідній території спочатку будують гіпсометричні профілі, що тягнуться від берега до берега й збігаються з напрямками сторін світу (рис. 3.3).

Висоту хвиль установлюють, використовуючи графіки О.П. Браславського, побудовані за умови постійної швидкості вітру для піщаного дна водойми, а при проміжних значеннях цієї швидкості – шляхом інтерполяції.

Енергію хвилювання води обчислюють окремо для напрямку профілів, за якими відбувається розрахунок висоти хвиль (див. графіки Є.Г. Качугіна, рис. 3.4).

Таблиця 3.2

Значення коефіцієнта розмивності порід K_p

Породи	K_p , м
Дуже легкорозмивні: піски дрібнозернисті, супіски легкі, лесоподібні породи	0,0065 – 0,0030
Легкорозмивні: піски середньозернисті, суглинки і супіски з щебенем	0,0030 – 0,0010
Середньої розмивності: суглинки важкі, суглинки з валунами, глини й піски з гравієм та галькою	0,0010 – 0,0005
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 (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 підсумовувати кількість затраченої енергії за всіма чотирма напрямками: її приймають як характеристику середньобагаторічних даних енергії хвилювання води певного пункту (додатки 1 – 5). Визначивши за формулою (3.3) основні показники, об'єм розмивної породи (m^3) розраховують на 1 м берега протягом часу t , рік.

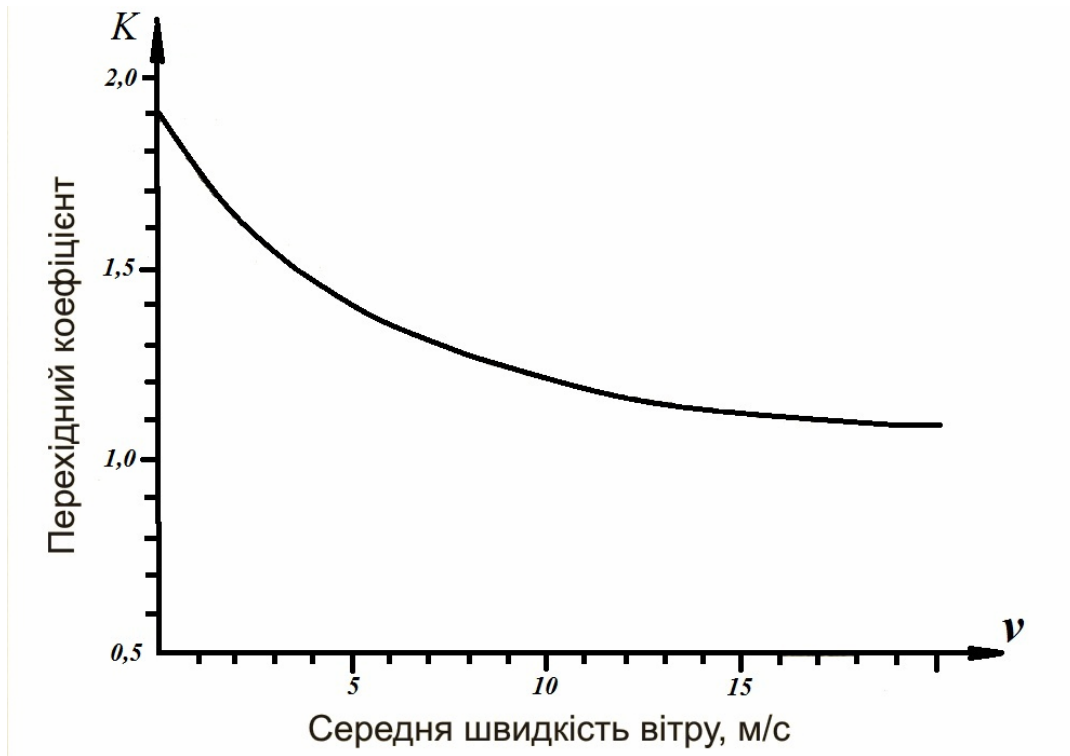


Рис. 3.2. Крива визначення перехідного коефіцієнта при розрахунку швидкості вітру над водною поверхнею (за даними О.П. Браславського)

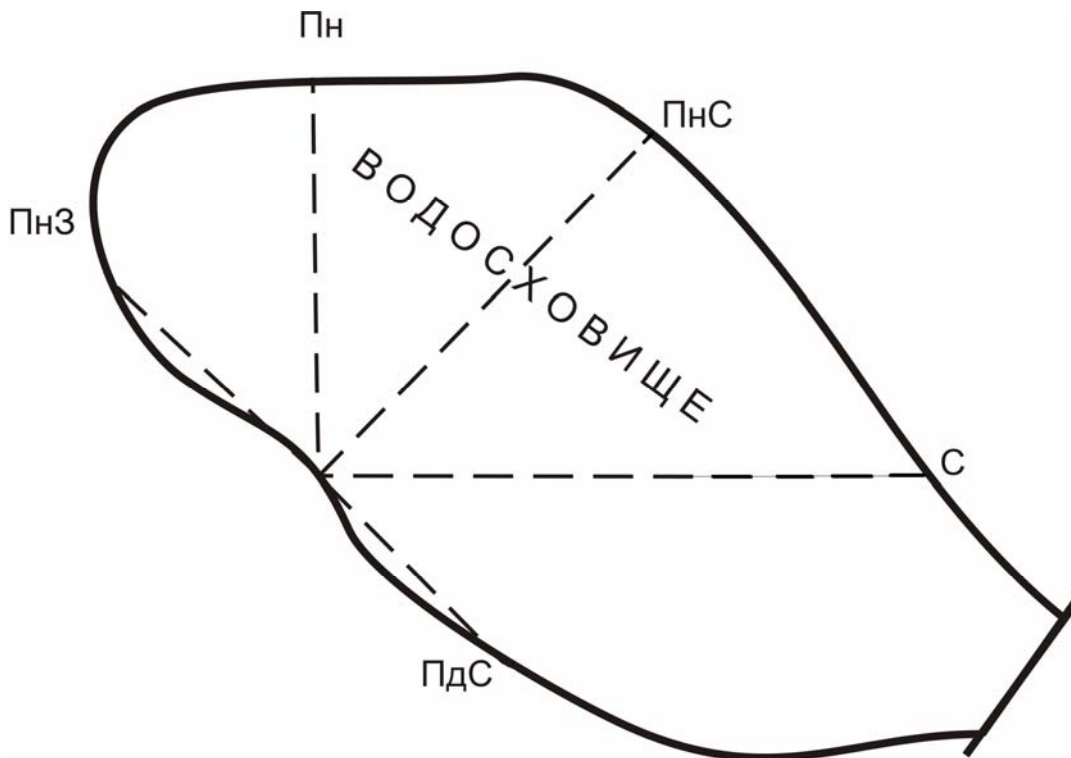


Рис. 3.3. Орієнтування гіпсометричних профілів на сторони світу

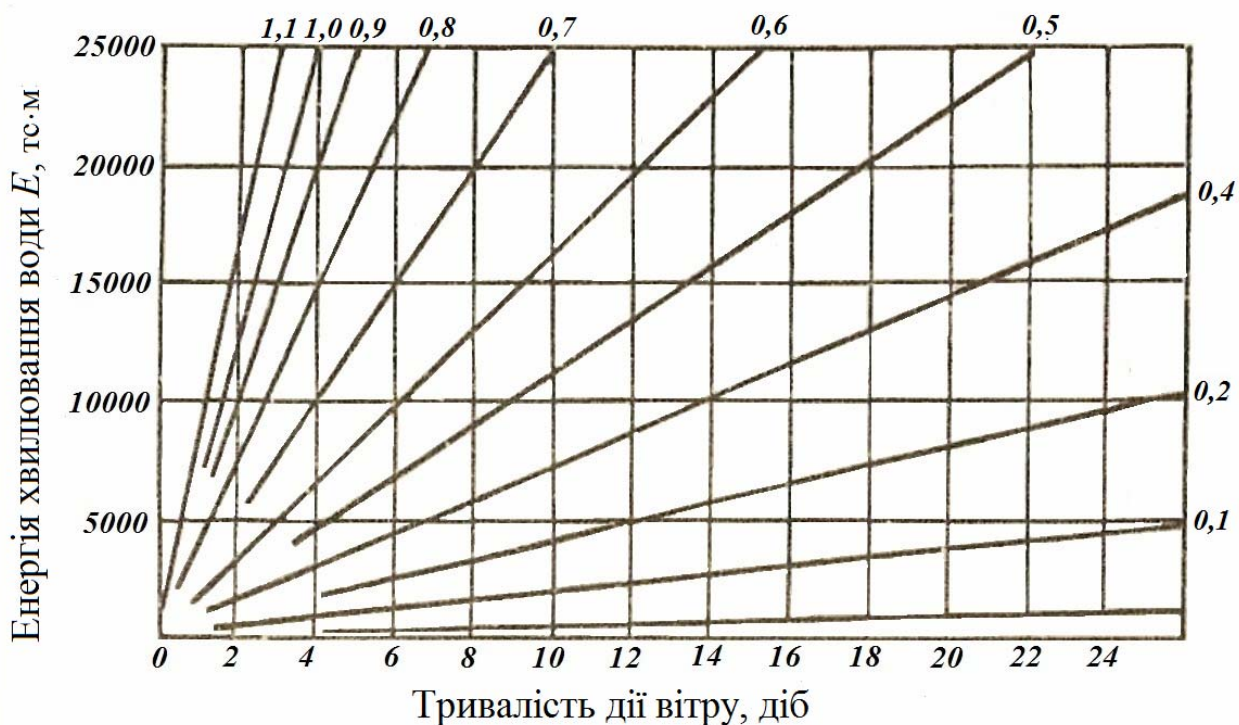


Рис. 3.4. Графіки для визначення енергії хвилювання води за тривалістю дії вітру і висотою хвилі з 0,1%-ною забезпеченістю

Ширину зони переробки визначають за допомогою графічної побудови, для чого на розрахунковий геологічний розріз наносять лінію найвищого проектного горизонту, верхню і нижню межі розмиву (*ВМР*, *НМР*). За верхню межу Є.Г. Качугін рекомендує приймати положення високого рівня води у водосховищі з 2 – 4%-ною забезпеченістю, додавши третину «робочої» хвилі.

Висоту «робочої» хвилі встановлюють шляхом обробки даних спостережень за хвилюванням води, відзначивши, що ця висота – середня з-поміж хвиль, які максимально розмивають берег. Згадана вище висота «робочої» хвилі дорівнює висоті середньої хвилі, помноженої на перехідний коефіцієнт 0,7 (із 15%-ною забезпеченістю), а значить $h_p = 0,7 h_{сер}$.

За нижню межу розмиву приймають положення низького рівня води з 96 – 98 %-ною забезпеченістю у безльодовий період, зменшеного на висоту «робочої» хвилі.

Якщо рівень води у водосховищі підтримують на одній і тій самій позначці (наприклад, для судноплавства), то такий постійний рівень одночасно вважається і верхньою, і нижньою межею розмиву. Для визначення положення майбутнього горизонту розмиву до постійного рівня додають (угору) третину h_p та відкладають (униз) відрізок h_p . Там, де нижня межа розмиву перетне на профілі поверхню схилу, починається абразійна частина мілини. Подальшу побудову профілю здійснюють аналогічно вищенаведеному, 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 наміченої брівки укосу (рис. 3.5).

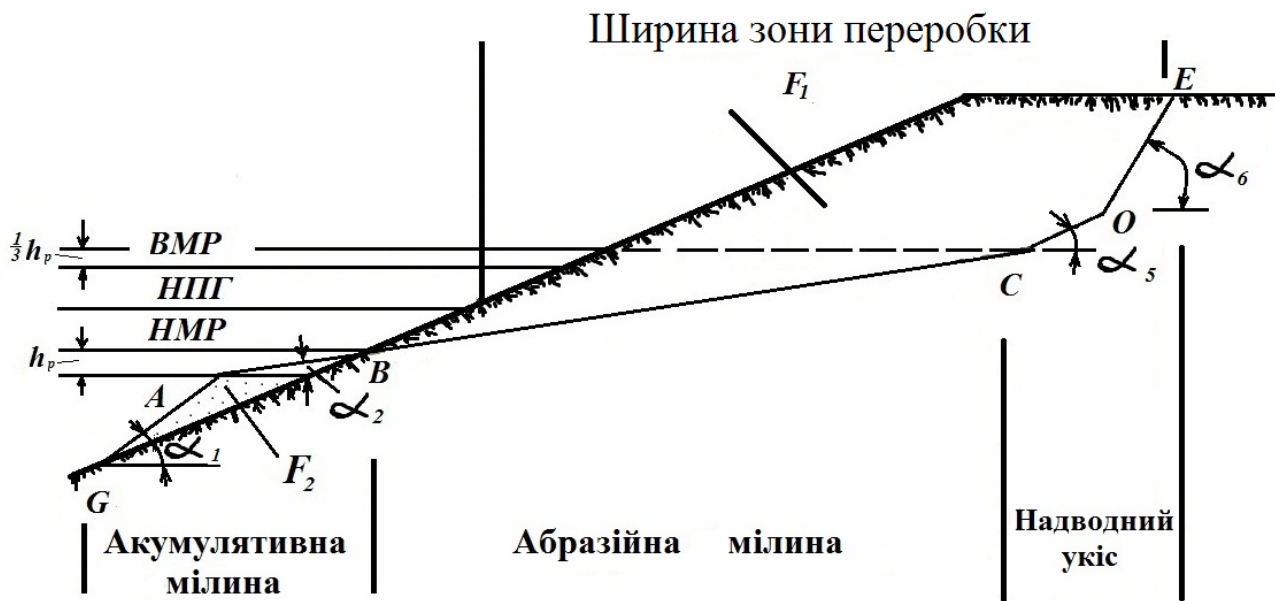


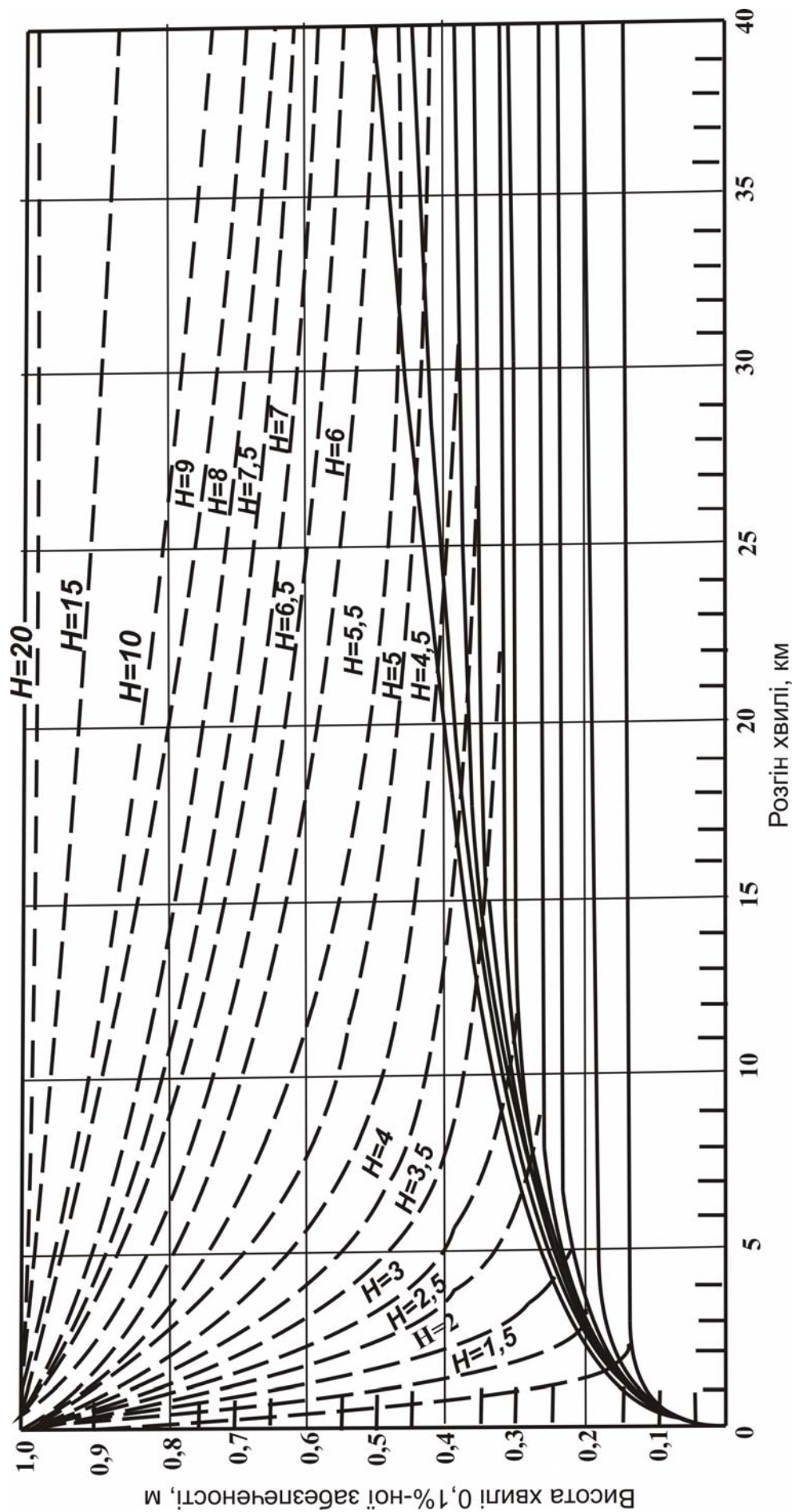
Рис. 3.5. Схема для визначення ширини зони переробки берега водосховища за методом Є.Г. Качугіна

Список літератури

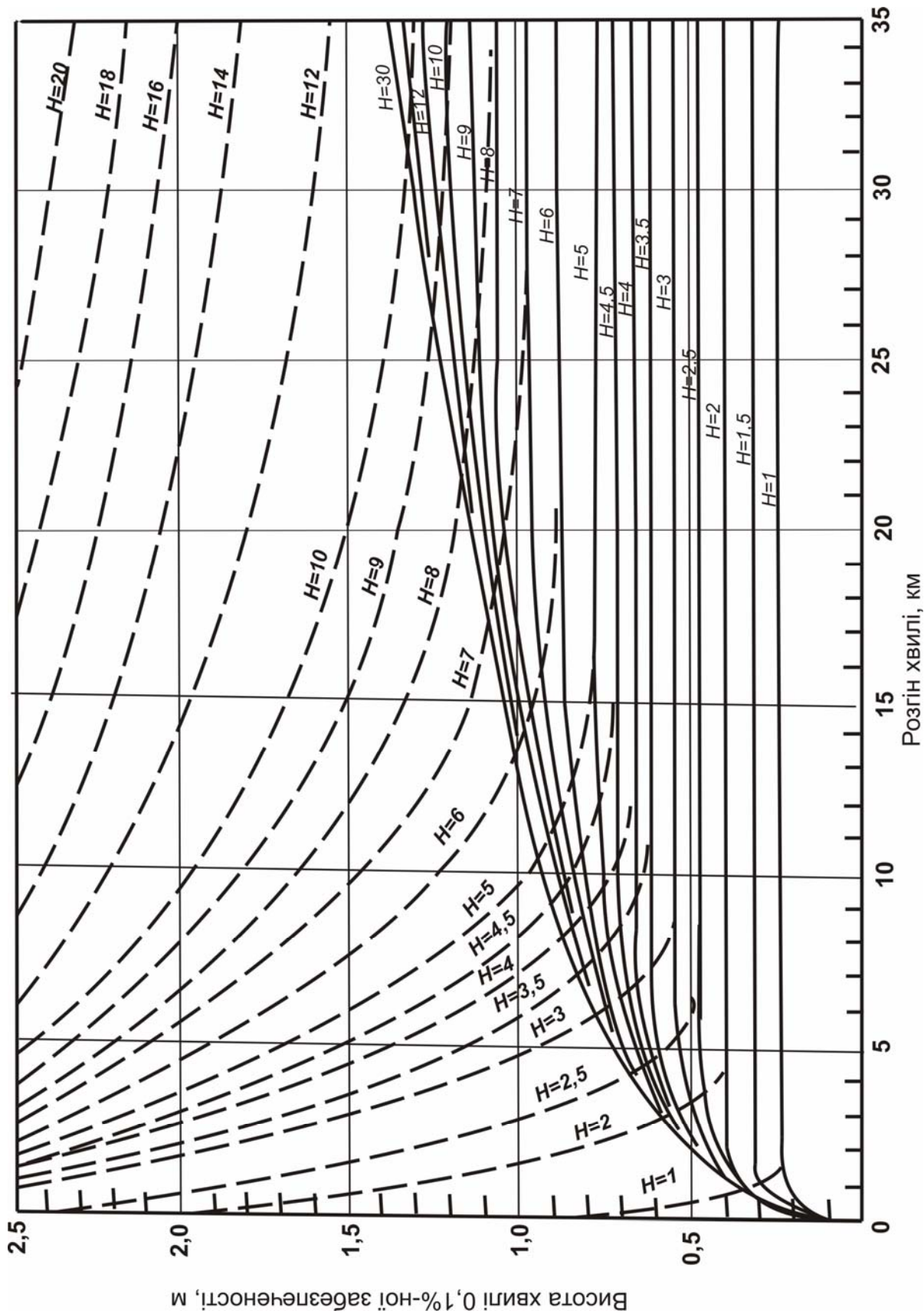
1. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. [Текст] / В.Д. Ломтадзе. – Л.: Недра, 1977. – 456 с.
2. Качугин Е.Г. Рекомендации по изучению переработки берегов водохранилищ [Текст] / Е.Г. Качугин. – М.: Госгеолтехиздат, 1959. – 116 с.
3. Коломенский Н.В. Специальная инженерная геология [Текст] / Н.В. Коломенский. – М.: Недра, 1974. – 406 с.
4. Справочник по инженерной геологии [Текст]. – М.: Недра, 1984. – 406 с.

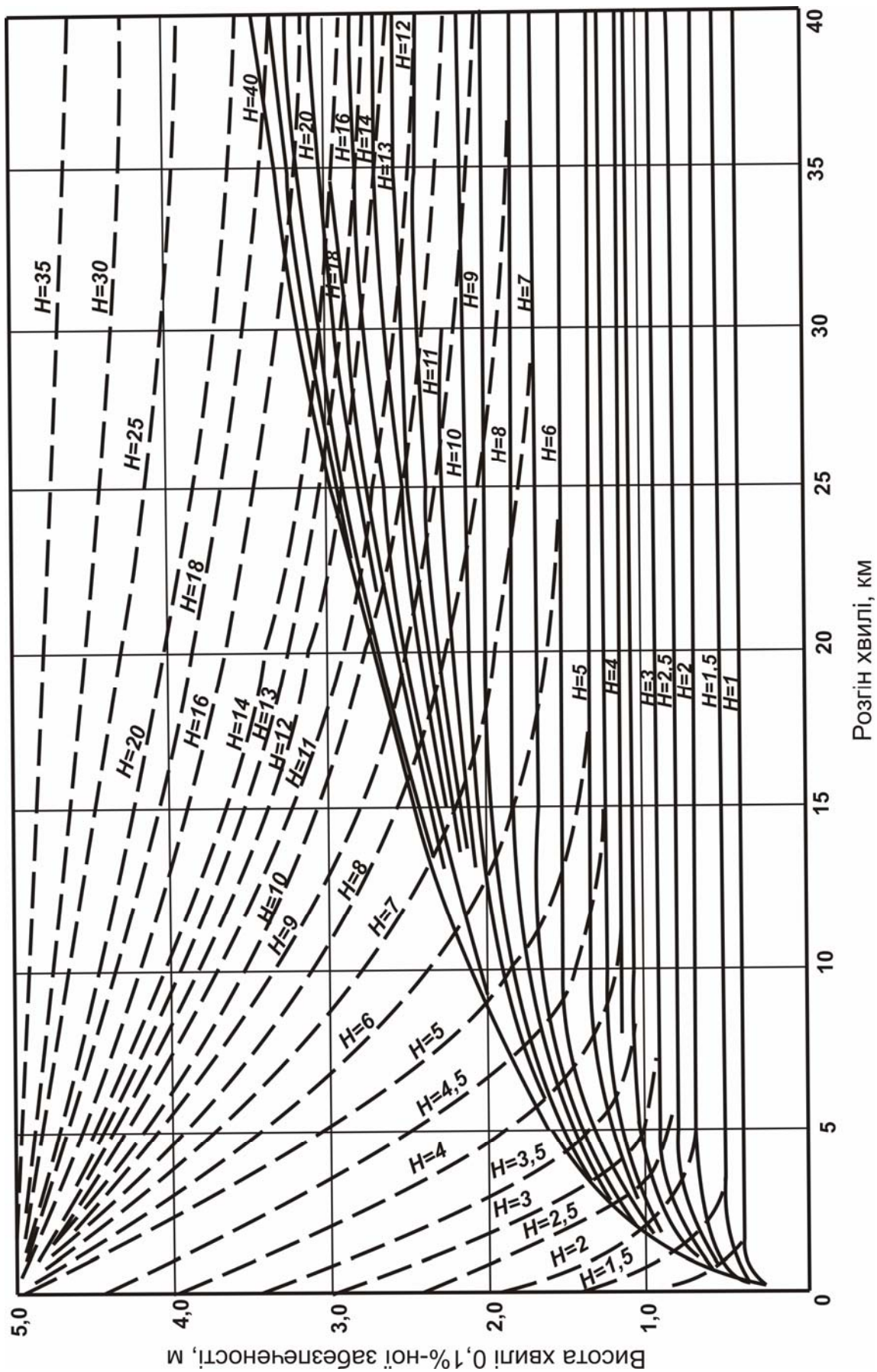
Таблиця розрахунку енергії хвиль

1	Інтервали швидкості вітру на матриковій станції V , м/с	2	Середня швидкість вітру $V_{ср}$, м/с	3	Напрямок вітру																													
					південно-західний			західний			північно-західний			північний																				
					4	5	6	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвиль при даній швидкості й тривалості	7	8	9	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвилювання води E , Дж	10	11	12	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвилювання води E , Дж	13	14	15	Енергія хвилювання води E , Дж								
					Висота хвиль за номограмою О.Л. Брагавського h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвиль при даній швидкості й тривалості	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвилювання води E , Дж	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвилювання води E , Дж	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвилювання води E , Дж	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвилювання води E , Дж	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвилювання води E , Дж	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвилювання води E , Дж	Висота хвиль h_6 , м	Тривалість дії вітру, діб	Енергія хвилювання води E , Дж						
					$E_1 =$			$E_2 =$			$E_3 =$			$E_4 =$			$E_1 =$			$E_2 =$			$E_3 =$			$E_4 =$			$E_1 =$					
					$\alpha_1 =$			$\alpha_2 =$			$\alpha_3 =$			$\alpha_4 =$			$\alpha_1 =$			$\alpha_2 =$			$\alpha_3 =$			$\alpha_4 =$			$\alpha_1 =$					
					$E'_1 =$			$E'_2 =$			$E'_3 =$			$E'_4 =$			$E'_1 =$			$E'_2 =$			$E'_3 =$			$E'_4 =$			$E'_1 =$					
					$E_{сум} = \sum E'_i$																													
					Сумарна енергія																													

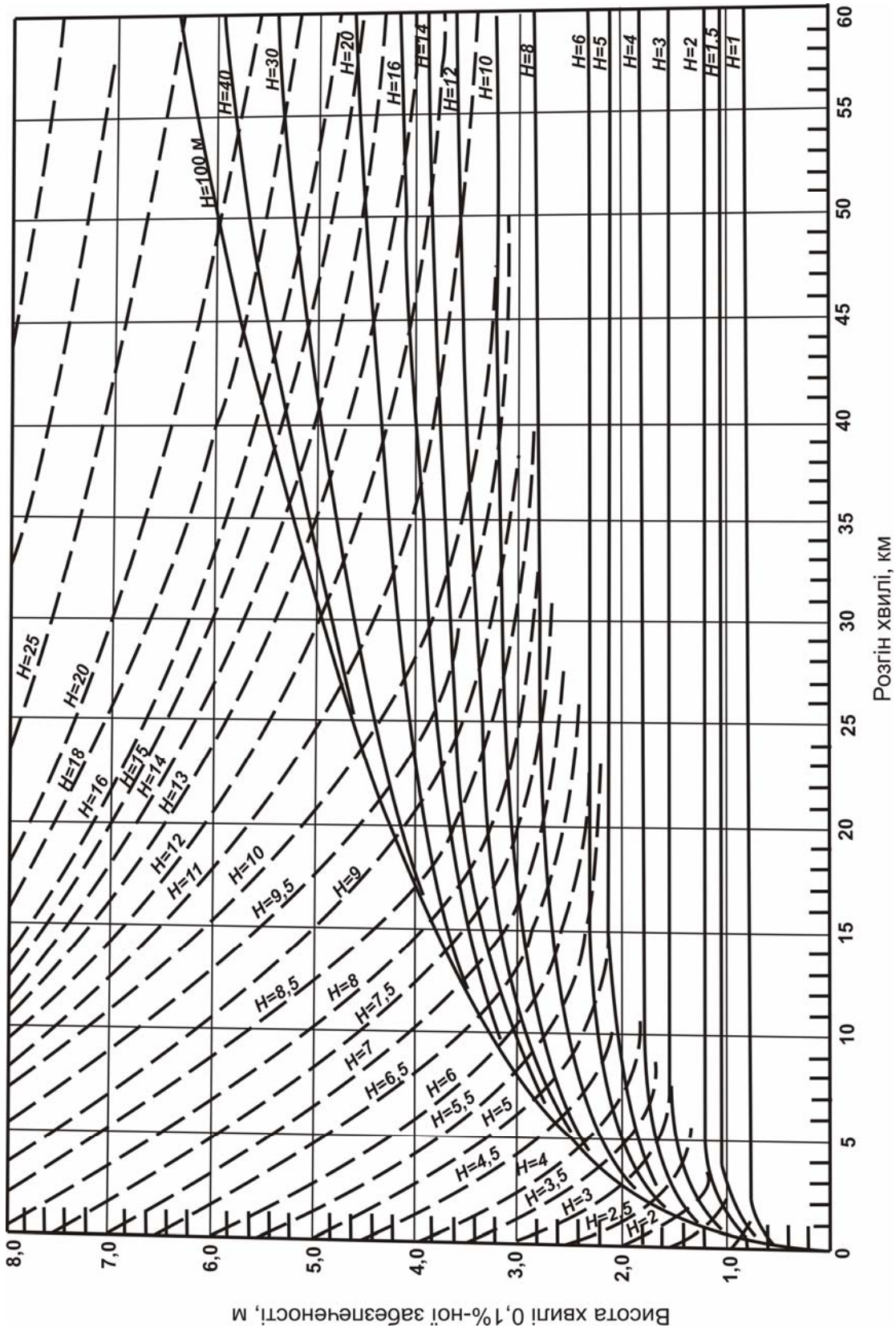


Номограма для розрахунку висоти хвилі (швидкість вітру 5 м/с)





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



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

ЗМІСТ

1. Загальні положення.....	3
2. Фактори, що зумовлюють переробку берегів	3
3. Методи прогнозу переробки берегів водосховища	5
3.1. Метод Г.С. Золотарьова.....	5
3.2. Метод Є.Г. Качугіна.....	8
Список літератури	13
Додатки 1 – 5.....	14 – 18

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 18.12.2012. Формат 30x42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,1.
Обл.-вид. арк. 1,1. Тираж 40 пр. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.