

**Генк Я.В. Историческое развитие и этапы становления фитомелиорации**

Осуществлен анализ исторического развития и охарактеризованы этапы становления фитомелиорации. Рассмотрен опыт и пути сельскохозяйственной и лесохозяйственной фитомелиорации нарушенных экосистем в промышленно развитых странах. Приведен опыт научных исследований фитомелиорации нарушенных экосистем в Украине.

**Ключевые слова:** фитомелиорация, нарушенные экосистемы, древесно-кустарниковая и травяная растительность.

**Генк Я.В. Historical development and states of formation of phytomelioration**

An article displays historical development and characterizes the stages of development of phytomelioration. It raises the experience and approaches of agricultural and forest phytomelioration of impaired ecosystems in the industrialized countries. It also provides an experience of scientific research of impaired ecosystems in Ukraine.

**Keywords:** phytomelioration, impaired ecosystems, trees, bushes and herbaceous vegetation.

УДК 504.61(477.8)

Доц. Л.М. Архипова, канд. техн. наук –  
Івано-Франківський НТУ нафти і газу

**ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ЯКІСНО-КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРОЕКОСИСТЕМИ РІЧКИ ПРУТ У МЕЖАХ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ**

Результатом досліджень є математичне обґрунтування тісного взаємозв'язку кількісних та якісних показників наближеної до природної гідроекосистеми на прикладі річки Прут у межах Українських Карпат; виявлення функціональних закономірностей просторового розподілу комплексного індексу потенціалу якості та середньо-багаторічного модуля річкового стоку залежно від висоти місцевості гідроекосистеми; отримання двомірних, трьохмірної моделей і рівнянь регресії для визначення середньо-багаторічних норм досліджуваних кількісно-якісних показників гідроекосистеми у будь-якому її створі лише за значенням висоти місцевості.

**Ключові слова:** гідроекосистема, просторовий розподіл, функціональні закономірності.

**Актуальність досліджень.** Одним із пріоритетних напрямів національної безпеки України є забезпечення екологічно та техногенно безпечних умов життєдіяльності громадян і суспільства, збереження навколишнього середовища та раціональне використання природних, зокрема водних ресурсів.

**Метою виконаних досліджень** є оцінка просторово-часових закономірностей розподілу основних характеристик гідроекосистем, за результатами яких передбачається в майбутніх дослідженнях обґрунтування стратегічних напрямів природно-техногенної безпеки гідроекологічного середовища.

**Завдання дослідження** – моделювання закономірностей просторово-часового розподілу кількісно-якісних характеристик гідроекосистеми р. Прут у межах Карпатського регіону території України.

**Методи досліджень** – статистичне оброблення бази даних результатів гідрохімічного моніторингу басейну р. Прут за 1997-2011 рр. та бази даних щоденних витрат води по гідрологічних постах вказаної гідроекосистеми за

весь період спостережень; графічне і математичне моделювання, за допомогою програмного забезпечення TableCurve 2D, TableCurve 3D.

**Результати досліджень.** Запропонований в [1] спосіб оцінки якості поверхневих вод, з отриманням комплексного індексу потенціалу якості (КІПЯ) для фонових природних об'єктів, дає змогу виконати порівняння якості вод різних водних об'єктів між собою, незалежно від тих забруднювальних речовин, які в них присутні, а також виявити закономірності зміни показника в часі і в просторі. Спосіб передбачає встановлення закономірностей просторового розподілу КІПЯ, с подальшим визначенням норми потенціалу якості в будь-якій точці фонового водного об'єкта та ступеня відхилення від норми й ступеня відновлення забруднених водних об'єктів-аналогів, оцінюючи складову природно-техногенної безпеки за такою шкалою:

- буферний (зона екологічної рівноваги) КІПЯ >5,
- оптимальний 3 <КІПЯ <5,
- напруження адаптації 1 <КІПЯ <3,
- зона песимуму в межах -1<КІПЯ <1,
- критичний – за значень показника -3 <КІПЯ <-1,
- кризовий – за значень показника -3 <КІПЯ <-5,
- катастрофічний (зона екологічного лиха) КІПЯ <-5.

Вказаний показник розраховано з 1997 р. по 2011 р. за пунктах спостережень в басейні р. Прут згідно з програмою державного моніторингу довкілля в частині здійснення Держводагенством України контролю за якістю поверхневих вод для території Карпатського регіону, а саме в адміністративному відношенні території Івано-Франківської і Чернівецької, області, а також до уваги брали розрахунки, виконані на основі багаторічних спостережень фонового моніторингу якості р. Прут, що виконуються Карпатським національним природним парком. Розрахунки КІПЯ складаються в багаторічні ряди значення комплексного показника якості, що виявляє певні закономірності розподілу в часі і в просторі. Виявлення цих закономірностей і є предметом нашого дослідження. У роботах [2, 3], виконаних для території Карпатського національного природного парку (КНПП), було доведено тісну залежність КІПЯ і висоти місцевості.

Для отримання функціональних лінійних залежностей та рівняння регресії двох рядів спостережень, що нараховують понад 240 пар значень, застосували програму TableCurve 2D. Цей програмний продукт надає найкращі можливості дослідникам для знаходження ідеальних моделей навіть для найскладніших даних, автоматично апробовуючи тисячі рівнянь широкого спектра лінійних і нелінійних моделей. Ці спеціалізовані моделі охоплюють більшість відомих математичних конструкцій. Досліднику залишається підібрати найкращу з експертної точки зору з тисячі запропонованих моделей, розташованих у порядку зменшення коефіцієнта регресії.

Доповнивши дані КНПП отриманими розрахунковими значеннями для всього басейну р. Прут, ми отримали таку регресійну залежність реального якісного стану водойм гідроекосистеми Прута з висотою місцевості (рис. 1). Розрахований показник КІПЯ є відносною величиною, залежить від рівня антропогенного навантаження. Незважаючи на те, що з висоти 300 м

н.р.м. спостерігається стійке забруднення водної екосистеми р. Прут (показник КПЯ набуває від'ємних значень), тіснота зв'язку комплексного індексу потенціалу якості з висотою місцевості очевидна, описується рівнянням

$$y^{0,5} = 17,136 + 2,25 \cdot x - 0,061 \cdot x^2.$$

Крива залежності проходить по центру скупчення точок спостережень, поряд розташовані криві, що описують довірчий інтервал 95 % забезпеченості.

Rank 156 Eqn 6121  $y^{(0.5)}=a+bx+cx^2$   
 $r^2=0.70296772$  DF Adj  $r^2=0.69729194$  FitStdErr=172.78021 Fstat=186.96436  
 $a=17.135736$   $b=2.2495281$   
 $c=-0.061034778$

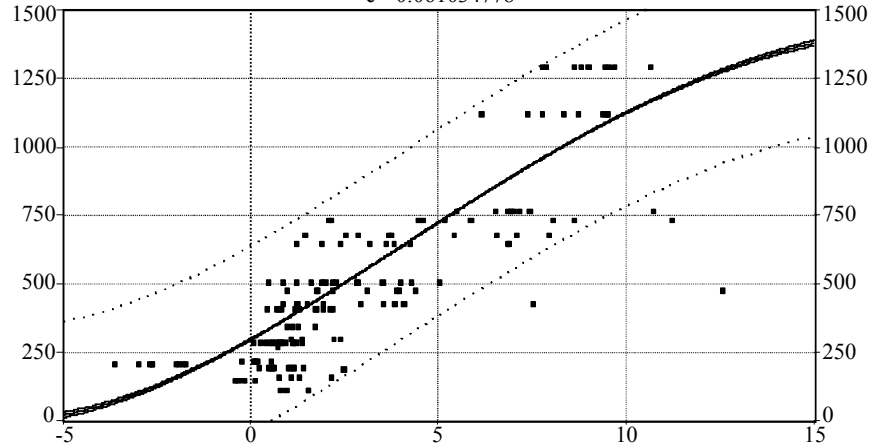


Рис. 1. Оцінка тісноти зв'язку реального якісного стану водойм (показник КПЯ по осі абсцис, відносна величина) гідроекосистеми Прута з висотою місцевості (вісь ординат, м абс.)

Таким чином, між ознаками існує тісний кореляційний зв'язок. Коефіцієнт детермінації ( $D=r^2=0,7$ ) показує, що варіація  $X$  на 70 % зумовлена варіацією  $Y$ . Перевірка істотності зв'язку здійснюється за допомогою F-критерію Фішера. Табличне значення F-критерію за рівня значущості 0,05 та числа ступенів свободи 8 і 1 дорівнює 5,3. Таким чином,  $F > F_{табл}$  ( $187 > 5,3$ ), а зв'язок між ознаками не випадковий (істотний).

Закони існування екологічних систем, зокрема гідроекосистем, показують, що самовідновлення системи пригнічується в зоні напруження адаптації і спадає до нуля в зоні песимуму [4, 5]. Спираючись на це, а також враховуючи те, що згідно зі змістовною суттю за формулою визначення КПЯ, в природному стані для гідроекосистем Карпатського регіону він не може знижуватись нижче -1 навіть в тому випадку, якщо всі показники знаходяться на рівні гранично допустимих концентрацій, для отримання функціональних залежностей норми КПЯ в часі і просторі, всі обраховані від'ємні значення були відкинуті (рис. 2). Отриманий ряд спостережень нараховує 188 пар значень.

Отримана для гідроекосистеми р. Прут у межах Українських Карпат функціональна залежність (рис. 2)  $y = 197,5 + 162,2 \cdot x - 36,1 \cdot x^2 + 9,8 \cdot x^{2,5}$  шля-

хом інтерполяції, тобто способом математичного обґрунтування невідомих значень динамічного ряду явищ на основі встановленого взаємозв'язку норми КПЯ з висотою н.р.м., була апроксимована неперервною лінійною функцією до висоти витоків р. Прут (до 2000 м). Таким чином, за отриманою залежністю пропонується визначити норму потенціалу якості в будь-якій точці гідроекосистеми р. Прут в межах території України.

Rank 298 Eqn 2039  $y=a+bx+cx^2+dx^{(2.5)}$

$r^2=0.78519541$  DF Adj  $r^2=0.77905814$  FitStdErr=148.00602 Fstat=171.80352  
 $a=197.51004$   $b=162.19252$   
 $c=-36.125925$   $d=9.809209$

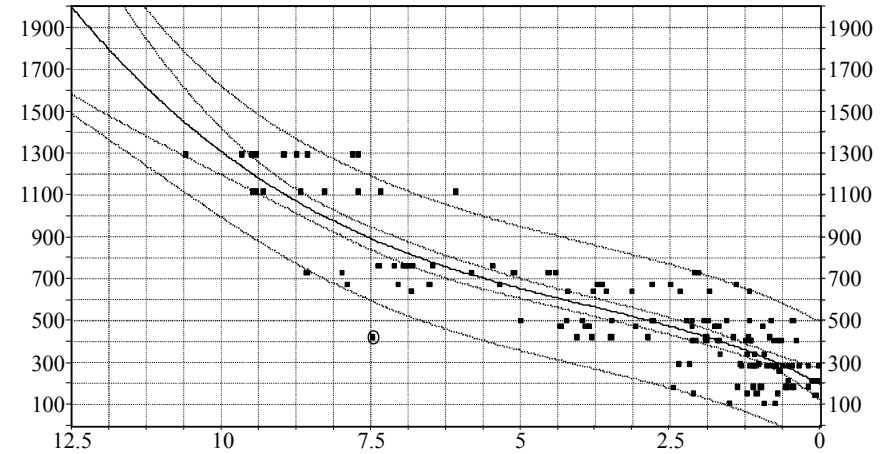


Рис. 2. Функціональна залежність норми якісного стану водойм (показник КПЯ по осі абсцис, відносна величина) гідроекосистеми Прута з висотою місцевості (вісь ординат, м абс.)

Отже, аналогічно до попереднього випадку, між ознаками існує тісний кореляційний зв'язок ( $r^2=0,785$ ). Коефіцієнт детермінації ( $D=r^2=0,78$ ) показує, що варіація  $X$  на 78 % зумовлена варіацією  $Y$ . Перевірку істотності зв'язку здійснювали за допомогою F-критерію Фішера. Табличне значення F-критерію за рівня значущості 0,05 та кількості ступенів свободи 8 і 1 дорівнює 5,3. Таким чином,  $F > F_{табл}$  ( $171,8 > 5,3$ ), а зв'язок між ознаками не випадковий (істотний). Поза сумнівом, на показники норми КПЯ на висотах нижче ніж 400 м вплинуло існуюче техногенне навантаження на гідроекосистему. Саме на цих абсолютних відмітках закінчується природоохоронна зона КНПШ. Тому самоочисна здатність гідроекосистеми спроможна підвищувати показники норми вище встановленого рівня, що доводять поодинокі виміри якості. Але дослідження цього питання – задача окремого дослідження.

У попередніх роботах автор отримав регресійні залежності кількісних показників стоку для всієї території Карпатського регіону (модуль стоку в л/с км<sup>2</sup>) від абсолютної висоти місцевості [6]. На сьогодні тривалість безперервного ряду спостережень за витратами води продовжилась на 15 років, отже, для надійності загальних результатів, використавши поновлену базу даних і

вказане вище програмне забезпечення, є зміст отримати більш точну функціональну залежність просторового розподілу кількісних показників гідроекосистеми. Просторову залежність виявляє питомий показник стоку – модуль стоку ( $M$ , л/с км<sup>2</sup>) (рис. 3).

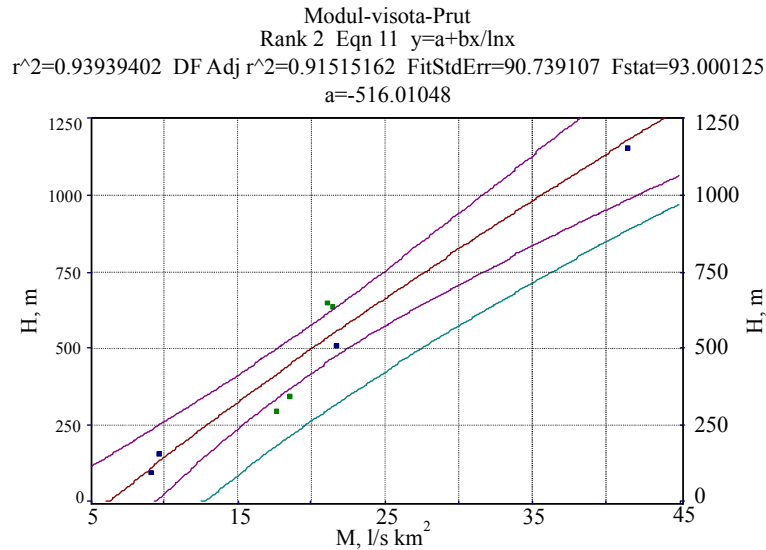


Рис. 3. Функціональна залежність норми кількісного стану водойм (середньобагаторічний модуль стоку) гідроекосистеми Прута з висотою місцевості (вісь ординат, м абс.)

Таким чином, отримали просторові закономірності розподілу комплексного індексу потенціалу якості і кількісного показника стоку з абсолютною висотою місцевості для басейнової екосистеми р. Прут у межах Українських Карпат. Враховуючи показані вище функціональні залежності і істотний невідповідний зв'язок між ознаками, ми зробили спробу отримати трьохмірну залежність норми кількісно-якісних показників гідроекосистеми р. Прут від висоти місцевості (рис. 4). Нормою вважаємо середньобагаторічне значення модуля стоку та КІПЯ наближене до природних умов. Для отримання функціональної залежності застосовували програму TableCurve 3D.

Прогнозні значення норми КІПЯ на висотах, де не проводять спостереження, отримані шляхом апроксимації кривої до витоків р. Прут.

**Висновки.** Результатом проведених досліджень є: математичне обґрунтування тісного взаємозв'язку кількісних і якісних показників наближеної до природної гідроекосистеми на прикладі р. Прут у межах Українських Карпат; виявлення функціональних закономірностей просторового розподілу комплексного індексу потенціалу якості та середньобагаторічного модуля річкового стоку залежно від висоти місцевості гідроекосистеми; отримання двохмірних, трьохмірної моделі та рівнянь регресії для визначення середньобагаторічних норм досліджуваних кількісно-якісних показників гідроекосистеми у будь-якому її створі лише за значенням висоти місцевості.

Basin PRUT  
Rank 364 Eqn 305  $z=a+b\ln x+c\ln y+d(\ln x)^2+e(\ln y)^2+f\ln x\ln y$   
 $r^2=0.99999879$  DF Adj  $r^2=0.99999819$  FitStdErr=0.72818742 Fstat=2149898.6  
 $a=-26.627536$   $b=-149.45259$   $c=121.47599$   
 $d=207.48329$   $e=196.16824$   $f=-238.23283$

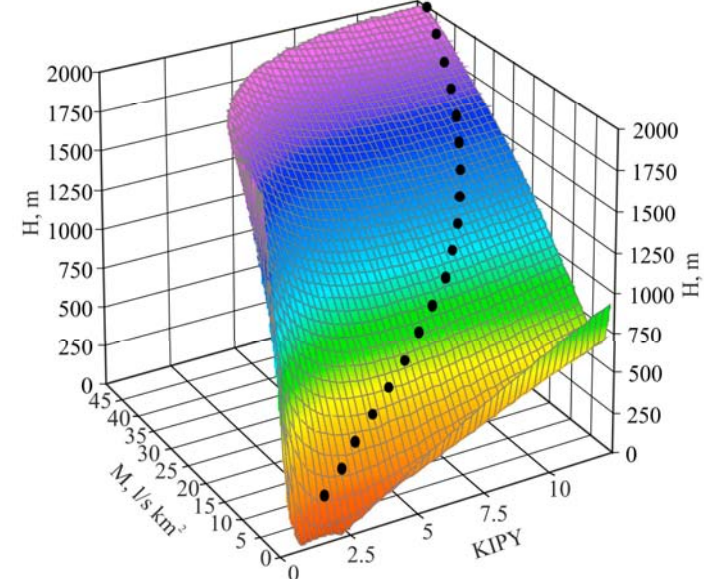


Рис. 4. Функціональна залежність просторового розподілу норми кількісно-якісних показників гідроекосистеми р. Прут в межах України

### Література

1. Патент на корисну модель № 64027. Спосіб оцінки якості поверхневих вод. Опубліковано 25.10.2011 р. // Бюлетень № 20.
2. Архипова Л.М. Гідроекологічний потенціал поверхневих вод Карпатського національного природного парку / Л.М. Архипова, М.В. Корчелюк // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.3. – С. 74-79.
3. Архипова Л.М. Природно-техногенна безпека гідроекосистем : монографія / Л.М. Архипова. – Івано-Франківськ : Вид-во ІФНТУНГ, 2011. – 366 с.
4. Одум Ю. Екологія / Ю. Одум : монографія. – В 2-ох т. – М. : Изд-во "Мир", 1986. – Т. 1. – 328 с.
5. The restoration of rivers streatems. Theories and experience / Edited by James A. Gore. Faculty of Natures Sciences University of Tulsa. – Butterworth Publ., 1985. – 317 p.
6. Консевич (Архипова) Л.М. Обґрунтування кореляційного зв'язку річкового стоку з висотою місцевості в Карпатському регіоні / Л.М. Консевич (Архипова) // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету. – Сер.: Географія. – 2003. – № 2(7).

### Архипова Л.М. Закономерности пространственного распределения качественно-количественных характеристик гидроэкоистемы реки Прут в пределах Украинских Карпат

Результатом исследований является математическое обоснование тесной взаимосвязи количественных и качественных показателей приближенной к естественной гидроэкоистемы на примере реки Прут в пределах Украинских Карпат; выявление функциональных закономерностей пространственного распределения комплекс-

ного індекса потенціала качества и среднемноголетнего модуля речного стока в зависимости от высоты местности гидроэкосистемы; получение двухмерной, трехмерной моделей и уравнений регрессии для определения среднемноголетних норм исследуемых количественно-качественных показателей гидроэкосистемы в любом ее створе только по значению высоты местности.

**Ключевые слова:** гидроэкосистема, пространственное распределение, функциональные закономерности.

**Arkhyrova L.M. Spatial distribution patterns qualitative and quantitative characteristics of hydroecosystem r. Prout within the Ukrainian Carpathians**

The result of research is the mathematical basis of the close relationship of quantitative and qualitative indicators to approximate the natural hydroecosystem by the example of r. Prout within the Ukrainian Carpathians; the identification of functional patterns of spatial distribution of the complex index of quality and potential of mean annual runoff in the module depending on the altitude hydroecosystem; getting a two-dimensional, three-dimensional models and regression equations to determine the average long-term norms studied quantitative and qualitative indicators hydroecosystem in any of its alignment only by the value of the altitude.

**Keywords:** hydroecosystem, spatial distribution, functional laws.

**УДК 681.7 Полковник І.М. Бутко, канд. техн. наук – військова частина К1410; пров. інж.-програміст О.М. Маковейчук – ТЗОВ "БІТ"**

**ВИЗНАЧЕННЯ ДЖЕРЕЛ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ЗНІМКАМИ**

Запропоновано алгоритм визначення джерел лісових пожеж за супутниковими знімками оптичного діапазону з використанням розробленої моделі формування зображення в умовах задимлення. Ефективність цього підходу продемонстровано на прикладі обробки реального супутникового зображення. Наведено рекомендації з проведення географічної прив'язки знайдених точок загоряння.

**Ключові слова:** математична модель, обробка зображень, супутникові знімки.

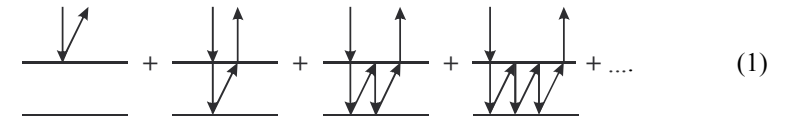
Внаслідок потепління клімату проблема збереження лісів від вогню останніми роками набула особливої актуальності не тільки в південних і східних регіонах України, а й у Поліських областях, де також переважають хвойні лісові масиви. Навесні значна кількість пожеж розповсюджується у лісові масиви внаслідок випалювання сухої рослинності та її залишків на розташованих поблизу сільгоспугіддях, смугах відводу автомобільних і залізничних шляхів, парках тощо. Проблемним, як і в попередні роки, через обмеженість фінансування, було здійснення авіаційного патрулювання лісів [1]. Враховуючи складність ситуації з пожежами, цій тематиці у 2010 р. було присвячено навіть окреме засідання Ради національної безпеки і оборони [2].

Проте авіаційне патрулювання у більшості випадків можна замінити космічним моніторингом, використовуючи дані з космічних апаратів дистанційного зондування Землі (КА ДЗЗ). Космічні знімки необхідного просторового розрізнення розповсюджуються в мережі INTERNET безкоштовно. Тим більше, що 17 серпня 2011 р. Україна запустила власний космічний апарат, характеристики бортової апаратури якого також дають змогу виконувати заз-

начену вище задачу, а сама задача прописана в завданнях та напрямках використання космічної системи [3].

Використання супутникових даних дає змогу не тільки фіксувати наявність пожеж, але і проводити первинну їх класифікацію за площею спалаху, спостерігати димові поля забруднення, оцінювати області перенесення продуктів горіння [4]. Визначити джерело пожежі можна за космічними знімками в тепловому (інфрачервоному) діапазоні, за наявністю зон з високими температурними контрастами. На жаль, ця інформація є не завжди доступною, в той час як є в наявності дані дистанційного зондування землі в оптичному діапазоні. Для розроблення ефективного алгоритму визначення джерел лісових пожеж за кольоровими супутниковими знімками у цій роботі пропонуємо проаналізувати процес формування зображення, для чого вводиться проста але фізично адекватна модель [5].

Суть моделі формування зображення за наявності маскуючих перешкод типу диму полягає в такому. З урахуванням атмосферних факторів, які впливають на формування зображення, пропонуємо спотворюючий фактор моделювати багаторазовими відбиттями від ефективного напівпрозорого екрану, що знаходиться на лінії розділу шарів. Для спрощення розрахунків яскравості зображення в спотвореній області в роботі застосовано відому діаграмну техніку. Так, багаторазові відбиття можна представити у вигляді такого ряду (верхня лінія відповідає екрану):



Результуючу яскравість реєстрованого зображення  $g(x,y)$  у кожній точці  $(x,y)$  в області наявності перешкод визначають як суму доданків, кожен з яких відповідає однократному відбиттю, двократному, трикратному і т. д. При цьому кожне відбиття від екрану надає множник  $\alpha$  (коефіцієнт відбиття), проходження через екран – множник  $(1-\alpha)$ , відбиття від підстиляючої поверхні задається множником  $f(x,y)$ , кожне проходження між екраном і підстиляючою поверхнею дає множник  $\gamma$ .

Таким чином, діаграмі (1) буде відповідати ряд

$$g(x,y) = \alpha + (1-\alpha) \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot (1-\alpha) + (1-\alpha) \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot (1-\alpha) + (1-\alpha) \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot f(x,y) \cdot \gamma \cdot (1-\alpha) + \dots \quad (2)$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт проходження в області між екраном і підстиляючою поверхнею (за відсутності перешкоди  $\gamma = 1$ ).

Ряд (2), починаючи з другого доданку (перший доданок дорівнює  $\alpha$ ), представляє собою геометричну прогресію з першим членом  $(1-\alpha)^2 \gamma^2 f(x,y)$  і знаменником  $\alpha \gamma^2 f(x,y) < 1$ . Сума ряду дорівнює

$$g(x,y) = \alpha + \frac{(1-\alpha)^2 \gamma^2 f(x,y)}{1 - \alpha \gamma^2 f(x,y)} \quad (3)$$