

9. **Волосецький Б.** Аналіз впливу технологічних і економічних параметрів на особливості геодезичного забезпечення кадастрових робіт. Геодезія картографія і аерофотознімання, 58. Міжвідомчий наук.-техн. зб. Львів, 1997, с. 55-57.

10 **Волощук М., Перович Л.** Організаційна концепція ведення агроекологічного моніторингу. Геодезія. картографія і аерофотознімання, 58. Міжвідомчий наук.-техн. зб. Львів, 1997. - С. 43-47.

11 **Волосецький Б.** Оцінка впливу економічних параметрів на точність геодезичних вимірювань при кадастрових роботах, зб. Geodezja inzynieryjna i katastr w gospodarce narodowej. Lvwow -Rzeszow, 1998. - С. 19-22.

12. **Малахова С.** Утворення міського кадастру для цілей містобудування / **С. Малахова** // Екологізація сталого розвитку агросфери і ноосферна перспектива інформаційного суспільства: тези доповідей Міжнар. наук. конф. студентів, аспірантів і молодих учених. - Х., 2009. - С. 183.

13. **Малахова С.О.** Методичні положення наукових досліджень з організації використання земель у межах населених пунктів / **С.Малахова** // Землевпорядний вісник. – 2009. – № 11. – С. 46-48.

14. **Малахова С.О.** Вдосконалення земельно-кадастрової системи для раціонального використання охорони земель у населених пунктах / **С.О. Малахова, М.Г. Ступень** // Зб. наук. праць Харківського національного аграрного університету. – 2010. – № 6. – С. 22-27.

15. **Малахова С.О.** Земельний кадастр як інформаційна база організації використання земель населених пунктів у Львівській області / **С.О. Малахова** // Аграрний вісник Причорномор'я: зб. наук. праць. - Одеса: ОДАУ, 2009. - № 51. - С. 139-142. – (Серія "Сільськогосподарські, технічні, економічні науки").

Рукопис подано до редакції 22.03.16

УДК (622.013:622.341)-047.58

М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц., М.П. СЕРГЄЄВА, ст. викладач  
Криворізький національний університет

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОДОВИЩА, ПОКЛАДУ, РУДНОГО ТІЛА АБО ДІЛЬНИЦІ КОРИСНИХ КОПАЛИН ДЛЯ ГЕОМЕТРИЗАЦІЇ БАЛАНСОВИХ ЗАПАСІВ

Представлена методика базується на основі даних детальної розвідки з використанням сучасних математичних методів, що дозволяють врахувати не тільки особливості розподілу корисного компоненту на даному родовищі, покладі, рудному тілі або дільниці корисних копалин але і методику проведення геометризації для уточнення балансових запасів. Математична модель є базовим елементом методу оцінки кондицій і підрахунку балансових запасів, тому що на її основі виконується геометризація балансових і промислових запасів, знаходиться оптимальне положення контурів кар'єру або «сліпих рудних покладів» на глибоких горизонтах шахт, проводиться (з урахуванням коефіцієнта рудоносності) підрахунок запасів при різних бортових вмістах. Цей розподіл залежить від геолого-геохімічних особливостей процесу рудоутворення, властивості структури вміщуючих порід, а також від геометрії проб, за допомогою яких ведеться вивчення зазначеного об'єму. Алгоритм побудови математичної моделі складається з ланцюга процедур, кожна з яких представляється самостійним завданням, причому рішення окремих з них відрізняється істотною математичною новизною. До основних процедур відносяться: побудова границі зони мінералізації; вибір параметрів моделі; згладжування результатів первинного опробування; крайгінг гістограм; реалізація оператора переходу до нової системи опробування. При побудові математичної моделі передбачається, що поле концентрацій корисного компоненту займає локальний об'єм балансових запасів надр, обмежена тією областю простору, у якій відбувався процес мінералоутворення. Побудована таким чином модель родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин використовується для підрахунку його запасів, оптимального проектування гірничодобувного підприємства, а також поточного і перспективного планування гірничих робіт на уже діючому підприємстві.

**Ключові слова:** крайгінг, математична модель, орієнтація ліній, балансові запаси родовища.

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями.** Метод крайгінга використовується для об'ємів, які відповідають розмірам проб, Д. Кріге [2] розробив метод оцінки вмісту в даній точці шляхом усереднення вмістів в найбільших апробованих точках з вагами, які зменшуються по мірі збільшення відстані від точки, яку розглядають. Для застосування крайгінга необхідно в першу чергу по даним опробування оцінити кореляційну функцію (або варіограму). Від правильності її оцінки залежить точність підрахунку балансових запасів родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин. У зв'язку з цим було розглянуто питання зміни цих функцій в залежності від геометрії проб, орієнтації ліній опробування по відношенню до родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин і інші. Де Вайсом [3] було запропоновано емпіричні формули для обліку впливу геометрії проб на вид цих функцій, але ефективність їх використання залишилась спірною. Разом з тим, це питання суттєво впливає на рішення задач крайгінга. У більш загальному вигляді воно може бути поставлене,

як вивчення виду цих функцій і гістограм вмістів  $Fv(c)$  в залежності від зміни об'єму, в межах якого оцінюється вміст. Однозначного рішення ці питання не мають, а названі проблеми залишаються невирішеними по сьогодні. Але, перелічені уявлення послужили передумовою для розвитку комп'ютерних технологій побудови математичних моделей родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Основи математичного моделювання родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин було закладено В.М. Крейтером, Д. Кріге, Ж. Матероном, М. Давідом [1-4] та ін. У більшості цих робіт вміст металу в будь-якому об'ємі балансових запасів надр  $V(X, Y, Z)$ , що знаходиться в межах родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин, розглядається як величина випадкова, яка до проведення вичерпного опробування може бути оцінена лише з деякою вірогідністю. При цьому задається розподіл вірогідностей  $Fv(c)$ , які відповідають різним по величині значенням цього вмісту, а величину об'єму  $V(X, Y, Z)$  - прийняти від'ємною - від об'єму проби (або її частини) до об'єму блока і т. ін.

**Постановка завдання.** Математична модель родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин є базовим елементом методу оцінки кондицій і підрахунку балансових запасів, тому що на її основі виконується геометризація балансових і промислових запасів (побудова підрахункових блоків), знаходиться оптимальне положення контурів кар'єру або «сліпих рудних покладів» на глибоких горизонтах шахт, проводиться (з урахуванням коефіцієнта рудоносності) підрахунок запасів при різних бортових вмістах і т.ін. Трохи спрощуючи, можна сказати, що математична модель родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин при рішенні багатьох завдань техніко-економічного обґрунтування кондицій і підрахунку запасів заміняє базу первинних даних розвідницького опробування, на основі якої вирішуються аналогічні завдання при традиційному «ручному» методі підрахунку балансових і промислових запасів.

**Викладення матеріалу та результати.** В основі побудови математичної моделі родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин лежить подання про закономірності розподілу концентрацій корисного компонента в об'ємі балансових запасів надр. Цей розподіл залежить від геолого-геохімічних особливостей процесу рудоутворення, властивості структури вміщуючих порід, а також від геометрії проб, за допомогою яких ведеться вивчення зазначеного об'єму. Упорядкована безліч концентрацій хімічних елементів у надрах ( $C$ ), розглянуте як функція просторових координат ( $x$ ) прийнято називати геохімічним полем

$$C = F(x), \quad (1)$$

де  $x$  - вектор координат.

У переважній більшості робіт [5-7] таке поле розглядається як випадкова функція просторових координат, для якої в кожному локальному об'ємі (або точці відбору проби) є зазначений розподіл ймовірностей її значень  $F(c, v_{ijk})$  (вмістів корисного компонента), а у більшості практичних додатків, пов'язаних з розвідкою і оцінкою запасів родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин, завдання відновлення такого розподілу ймовірностей не ставиться, і все зводиться до більш вузького завдання відшукування оцінки математичного очікування цієї функції, тобто до середнього вмісту ( $C$ ) корисного компонента в об'ємі  $V_{ijk}$

$$C = M[F(c, v_{ijk})] \quad (2)$$

Така оцінка виходить шляхом підсумовування значень вмістів в навколишніх точках опробування і глобального середнього з вагами  $\lambda$  і

$$c(x)\lambda_{oM} + \sum \lambda_{ic}(x_i), \quad (3)$$

де  $c(x)$  - оцінка вмісту в точці  $x$  ( $x$  у загальному випадку тривимірний вектор),  $M$  - глобальне середнє,  $c(x_i)$  - значення вимірних вмістів у точках опробування, а ваги  $\lambda$  і ( $i=1, n$ ) знаходяться шляхом рішення системи нормальних рівнянь

$$\lambda K = k \quad (4)$$

де  $\lambda$  - невідомий фактор ваг,  $K$  - матриця, складена зі значень кореляційної функції між точками  $x_i, x_j$ ,  $k$  - вектор, складений зі значень кореляційної функції між поточною точкою  $x$  і точками опробування  $x_i$

$$\lambda_0 = 1 - \sum \lambda_{i(i=1, n)} \quad (5)$$

Процедура крайінга (з різними її модифікаціями) лежить в основі алгоритмів, що використовуються у більшості комп'ютерних технологій побудови математичних моделей.

Відмітною ознакою даної технології побудови математичної моделі родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин є відновлення для кожного об'єму балансових запасів надр  $V_{ijk}$  самого розподілу ймовірностей  $F(c, v_{ijk})$ , а не його математичне очікування. Рішення цього завдання базується на запропонованому Канцелем і Червоненкісом [1] поданні геохімічного поля концентрацій (1) у вигляді добутку двох (або декількох) функцій різного масштабу мінливості

$$F(x) = f(x) \cdot \zeta(x); M[f(x)] = M[F(x)]; M[\zeta(x)] = 1; f(x) \geq 0, \zeta(x) \geq 0 \quad (6)$$

де  $f(x)$  - функція, що плавно змінюється, яка відбиває тенденції в збільшенні або зменшенні концентрацій;  $\zeta(x)$  - шумоподібна складова, що характеризує локальні варіації корисного компонента;  $M$  - символ математичного очікування.

При такому поданні розміщення корисного компонента в балансових запасах надр можна розглядати як випадкову функцію (1), значеннями якої в кожному локальному об'ємі ( $x$ ) є функції розподілу, параметри яких -  $M(x)$ ,  $D(x)$  і інші - залежать від  $f(x)$ , а ймовірності конкретних значень задаються високочастотним процесом  $\zeta(x)$ , керованим (або моделюємим) низькочастотною функцією  $f(x)$ . Стосовно до інтерпретації результатів опробування родовища по будь-якій мережі, у поле концентрацій  $F(x)$  можна виділити складову  $f(x)$ , радіус кореляції якої перевищує крок мережі опробування і складову, радіус кореляції якої досить малий у порівнянні із кроком  $\zeta(x)$ . Значення першої складової можна інтерполювати між точками мережі, а значення другої не можна. Тому в окремих локальних об'ємах  $V_{ijk}$  ми маємо можливість оцінити лише параметри розподілу ймовірностей тих або інших концентрацій корисних компонентів, але не самі значення цих концентрацій. При цьому, залежно від характеру поля  $F(x)$  і його структури, буде існувати величина  $V_0$ , нижче якої оцінка параметрів розподілу буде нестійкою. У цьому випадку для локальних об'ємів балансових запасів надр  $V_{ijk} \geq V_0$  буде існувати оцінка розподілу ймовірностей  $P(C, V_{ijk})$ , параметри якого ( $M, D$ ) корелюємі з результатами опробування свердловин, що оточують об'єм  $V_{ijk}$  і можуть бути оцінені з використанням останніх, а ймовірності окремих значень концентрацій (у вигляді гістограм) потребує спеціального алгоритму. Опис цього алгоритму, становить ядро даної технології побудови математичної моделі. Розглядаючи поле концентрацій корисного компонента як випадкову функцію просторових координат, ми приходимо до наступного формулювання завдання побудови математичної моделі родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин. Дано випадкову функцію просторових координат  $F(x)$ , що має мультиплікативну структуру в тому вигляді, як це зазначено в (6). Передбачається, що високочастотні складові  $\zeta(x)$  модулюються низькочастотними складовими по амплітуді.

Функція  $F(x)$  представляє собою поле концентрації одного або декількох корисних компонентів і конкретна реалізація цієї функції  $F^*(x)$  визначає, у деякому об'ємі балансових запасах надр,  $V$  досліджуемого родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин. В окремих точках простору з індексами  $(i, j, k)$  визначені значення  $F^*_{ijk}$  у вигляді вмістів корисного компонента в пробі  $(i, j, k)$ . Задано певний по технічних або іншим обставинам об'єм  $V(i, j, k)$  - так званий осередок моделі балансових запасів надр; родовище, поклад, рудне тіло або дільниця корисних копалин представлено як тривимірна матриця, що складається з таких об'ємів у межах  $V$ . За даними опробування в деяких осередках можна оцінити розподіл ймовірностей вмістів корисного компонента  $F^*(c, V_{ijk})$  у пробах, що належать зазначеної в (6) функції  $F(x)$ . Потрібно, користуючись значеннями  $F^*$  і властивостями  $F(x)$ , зазначеними в (1), побудувати оцінки розподілів  $F^*(c, V_{ijk})$  в інших об'ємах (осередках), що входять до складу матриці  $V = \{V_{ijk}\}$ . Тривимірна матриця зазначених осередків, у межах кожної з яких дані оцінки  $F^*(c, V_{ijk})$  розподілів ймовірностей вмістів корисного компонента, розглядається як математична модель функції  $F(x)$ .

Загальноприйнятого визначення поняття математичної моделі родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин поки що не існує. У більшості випадків під такою моделлю розуміють його подання у вигляді системи елементарних блоків, у кожному з яких визначена оцінка середнього вмісту корисного компонента. Розміри блоку можуть варіювати від розмірів осередку мережі буро-вибухових свердловин (якщо останні опробуються) до розмірів мережі детальної розвідки. Визначати елементарний блок моделі у вигляді осередку мережі буро-вибухових робіт логічно, тому що більш детальної селекції виконати неможливо. У той же час вірогідно оцінити вміст металу в об'ємі осередку буро-вибухових робіт (за даними розвідува-

льного опробування в більшості випадків не можна, тому що в подібних об'ємах визначальним компонентом є мінливість високого рівня, яка має слабку кореляцію з даними опробування розвідувальних свердловин. Вище було викладене подання поля концентрацій у вигляді системи функцій розподілу величин вмістів корисного компонента в локальних об'ємах. Виходячи із цієї концепції, можна таким способом визначити основні поняття, які пов'язані з побудовою математичної моделі родовища, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин.

*Математична модель родовища*, покладу, рудного тіла або дільниці корисних копалин являє собою систему (тривимірну матрицю) елементарних блоків (елементів), у кожному з яких заданий розподіл ймовірностей (гістограма) вмістів металу в елементарних об'ємах.

*Осередками моделі* називаються прив'язані в просторі прямокутні паралелепіпеди фіксованого розміру, з яких складена тривимірна матриця моделі, і кожному з яких приписаний розподіл ймовірностей вмістів корисного компонента (компонентів) по типах руд, обумовлене в елементарних об'ємах.

*Елементарним об'ємом* називається той об'єм балансових запасів надр для якого оцінюється вміст. Це може бути об'єм проби фіксованого діаметра і довжини, об'єм групи проб об'єднаних на висоту уступу або по заданих кондиціях, виймальний об'єм, що відповідає певному рівню селективності відпрацювання. При зміні елементарного об'єму (так звана зміна геометрії проб) змінюється і гістограма розподілу вмістів.

*Зона мінералізації* - область тривимірного простору, що оточує родовище, поклад, рудне тіло або дільницю корисних копалин, у межах якої будується модель. Дані опробування, які залишилися за межами зони мінералізації при побудові моделі не використовуються.

Алгоритм побудови математичної моделі складається з ланцюга процедур, кожна з яких представляється самостійним завданням, причому рішення окремих з них відрізняється істотною математичною новизною. До основних процедур відносяться: побудова границі зони мінералізації; вибір параметрів моделі; згладжування результатів первинного опробування; крайгінг гістограм; реалізація оператора переходу до нової системи опробування. При побудові математичної моделі передбачається, що поле концентрацій корисного компонента займає локальний об'єм балансових запасів надр, обмежена тією областю простору, у якій відбувався процес мінералоутворення. Найбільш об'єктивними є границі мінералізованої зони, побудовані за даними геологічних спостережень і результатам опробування геологорозвідувальних свердловин. Вибір параметрів моделі являє собою операцію, у підсумку якої визначаються: розміри елементів моделі; поріг урагання проб; крок гістограм; параметри крайгінга; параметри оператора перетворення даних при зміні геометрії опробування. Більшість із цих параметрів визначаються емпірично, виходячи з висоти уступу кар'єру, глибини шахти, геометрії мережі свердловин і буро-вибухових робіт. Згладжування результатів первинного опробування здійснюється шляхом середньозваженого усереднення даних опробування на відрізках свердловин між поверхнями окремих уступів. Побудова гістограм розподілу металу для кожного елемента - крайгінг гістограм (рис. 1).

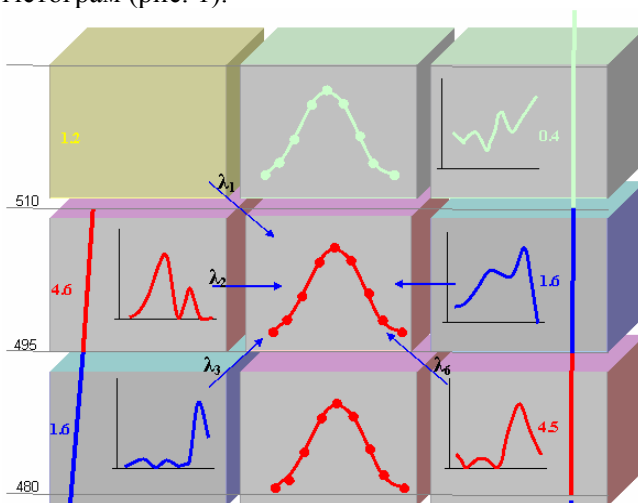


Рис. 1. Схема крайгінга гістограм

Для елементів моделі, у межах яких є дані опробування свердловин або інших розвідувальних виробок, побудова гістограм виконується звичайним способом. Для тих елементів, де даних опробування не існує, здійснюється інтерполяція гістограм. У відмінності від традиційного підходу, нами пропонується новий метод - крайгінг гістограм, метою якого є не оцінка умовного середнього в поточній точці, а оцінка умовного розподілу вмістів у поточному об'ємі. Оцінка виходить шляхом підсумовування з вагами  $\lambda$  і гістограм вмістів, накопичених, у найближчих елементах моделі за даними опробування розвідувальних виробок

$$P[c(x)] = \sum \lambda_i P_i, \quad (7)$$

де  $P[c(x)]$  - оцінка щільності розподілу вмістів у точці  $x$ ,  $P_i(x)$  - гістограми вмістів, оцінені в точках опробування,  $\lambda_i$  - ваги крайгінга.

Вектор ваг  $\lambda$  знаходиться шляхом рішення системи нормальних рівнянь типу (4) і (5), де кореляційна функція характеризує вже не мінливість самих вмістів, а мінливість гістограм їхнього розподілу. Фактичний середній вміст у кожній градації гістограм обчислюється шляхом усереднення середніх значень вмістів у відповідній градації гістограм із вагами пропорційними коефіцієнтам інтерполяції по формулі

$$C(x) = (\sum \lambda_i P_i C_i) / (\sum \lambda_i P_i) \quad (8)$$

У якості просторової кореляційної функції для крайгінга гістограм взята сума (з вагами) трьох кореляційних функцій з радіусами кореляції рівними відповідно до подвоєної висоти уступу, глибина шахти, середній відстані між свердловинами в профілі і середній відстані між розвідувальними профілями. Перетворення моделі при переході від результатів опробування геологорозвідувальної мережі до мережі експлуатаційних свердловин. По отриманим гістограмам вмістів у пробах (або інтервалах), ми оцінюємо запаси (у цілому або по окремих ділянках) відповідному тому рівню селективності, що досягається при обраній мережі опробування і методиці відбору проб. У цьому випадку - це мережа геологорозвідувальних свердловин, а у дійсності селективність відпрацювання визначається кроком мережі експлуатаційного опробування. Для обліку цієї обставини пропонується наступна схема. Поле вмістів у об'ємах, що нас цікавлять, розглядається, як «сигнал» із середнім  $M$  і дисперсією  $D$ . Результат опробування  $C_{np}$  розглядається, як вимір «сигналу» із середнім рівним значенню сигналу дисперсією помилки  $d$ . Тоді оптимальною оцінкою значення сигналу буде

$$C = \beta C_{np} + (1 - \beta) M, \quad (9)$$

де

$$\beta = D / (D + d). \quad (10)$$

Вибором величини  $\beta$  можна забезпечити оцінку запасів для різних рівнів селективності відпрацювання. Дана процедура може бути використана як до, так і після крайгінга гістограм. Оцінка запасів у будь-якому об'ємі, складеному з елементів моделі, або по всьому родовищу в цілому виконується на основі використання гістограм, які побудовані для кожного з елементів моделі описаним вище способом. Для заданого бортового вмісту  $c_b$  сума ймовірностей вмістів, що перевищують бортове, трактується, як коефіцієнт рудоносності елемента  $k_p$

$$k_p = \sum p_i, \text{ для } i, \text{ при яких } c_i > c_b \quad (11)$$

де  $c_i$  - середини інтервалів гістограми,  $p_i$  - значення гістограми в цих інтервалах.

Середній вміст металу в руді елемента обчислюється по формулі

$$c = (\sum c_i p_i) / k \quad (12)$$

$$C_j > C_b$$

Запаси руди  $R$  в елементі обчислюються так

$$R = k_p q V, \quad (13)$$

де  $q$  - об'ємна щільність руди,  $V$  - об'єм елемента.

Запаси металу  $Z$  в елементі вважаються як

$$Z = R c \quad (14)$$

Запаси руди і металу в заданому об'ємі підраховуються як сума запасів у вміщуючих в ньому елементів моделі. Середній вміст в об'ємі - як відношення запасів металу до запасів руди. Модель процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині різницевого ряду називається змішаною моделлю авто регресії про інтегрованого ковзного середнього і позначається АРПКС ( $p, d, q$ ), де  $d$  - порядок взяття різниць. Як показують чисельні розрахунки по сотнях динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині для родовища, покладу, рудного тіла або ділянки корисної копалини, порядки моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині  $p$  і  $q$  часто не перевищують 2, а порядок взяття різниць  $d$  дорівнює 0 або 1. Перевірка адекватності знайденої моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині здійснюється за допомогою діагностичних перевірок, що використовують статистику  $\chi^2$ . Якщо діагностична перевірка приводить до неадекватності моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині, необхідно повторити процес оцінювання, змінивши порядок моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині. При використанні комп'ютерних технологій для знаходження параметрів моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній

сировині процедура оцінювання може бути спрощена. Враховуючи, що  $p \leq 2$  і  $q \leq 2$ , можна послідовно оцінити параметри конкуруючих моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині з різними  $p$  й  $q$  і вибрати ту з них, для якої  $S$  мінімальна. Потім варто здійснювати діагностичну перевірку тільки для цієї моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині.

Конкретні приклади, що ілюструють методіку послідовних операцій ідентифікації моделей якості руди і корисної копалини у рудній сировині, визначення центрованої постійної моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині і розрахунку прогнозних оцінок якості. Гірничовидобувне виробництво як динамічної системи і дозволяє узагальнити методи прогнозування відособлених (ізольованих) рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині на взаємозалежні. Незважаючи на успішне вирішення теоретичних питань у цій області, залишаються ще труднощі практичної реалізації методу.

**Висновки та напрямок подальших досліджень.** Відмінністю даної моделі є використання функції розподілу ймовірності як об'єкт інтерполяції, і як характеристика кожного елемента згаданої моделі. Інші технології побудови таких моделей оперують із оцінкою середнього вмісту металу, у той час як дана методика базується на операціях з функцією, що характеризує ймовірність появи в даному об'ємі вмістів різної величини. Побудована таким чином модель родовища, покладу, рудного тіла або ділянки корисних копалин використовується для підрахунку його запасів, оптимального проектування гірничовидобувного підприємства, а також поточного і перспективного планування гірничих робіт на уже діючому підприємстві.

#### Список літератури

1. **Бекжанов Г.Р., Бугаец А.Н., Лось В.П.** Методология и методы оценки месторождений твердых полезных ископаемых с помощью ЭВМ. - В кн.: Математическая геология и геологическая информация. Докл. XXVII Межд. геол. конгр. М.: Недра, 1984, с. 102-108.
2. **Бокс Дж., Дженкинс Г.** Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып. 1. М., Мир, 1974.
3. **Давид М.** Статистические методы при оценке запасов руд. Л., Недра, 1980.
4. **Дэвис Дж.** Статистика и анализ геологических данных. М., Мир, 1977.
5. **Карлин С.** Основы теории случайных процессов. М., Мир, 1971.
6. **Марголин А.М.** Оценка запасов минерального сырья. Математические методы. М., Недра, 1974.
7. **Матерон Ж.** Основы прикладной геостатистики. М., Мир, 1968.
8. **Шолох Н.В., Переметчик А.В.** Геометризация размещения качественных характеристик железистых кварцитов Кривбасса // Разработка рудных месторождений: Респ. межвед. науч.-техн. сб. - Кривой Рог: КТУ. - 2004. - Вып. 86 - С. 44-47.
9. **Шолох Н.В., Топчий А.Л.** Направления развития системы обработки маркшейдерско-геологической информации. - В сб. «Разработка рудных месторождений». Вып. 93. Кривой Рог, 2010. - С. 94-97.
10. **Agterberg F.P.** Autocorrelation function in geology. In: Geostatistics. New-York, Plenum Press, 1970, p. 113-141.
11. **Hartly D., Ranson M.A.** Development of interactive graphics within the National Coal Board -In: 18 th Int. Symp. APCOM. London, 1984, p. 201-210.
12. **Huijbregts Ch.** Estimation of a mass proved by random diamond drillholes-In: 13 th Int. Symp. APCOM. Clausthal, 1975, Al. p. 1-17.
13. **Huijbregts Ch., Materon G.** Universal kriging - an optimal approach to trend surface analysis. - In: Decision-Making in the Min. Industry Can. Inst. Min. Met., 1977, v. 12," p. 159-169.
14. **Krige D.G.** Geostatistics and the definition of uncertainty-In: 18th Int. Symp. APCOM, London, 1984, p. 1-7.
15. **Kwa B.L., Mousset-Jones P.F.** Indicator approach to the mineral reserve estimation of a gold deposit in Nevada - In: 18 th Int. Symp. APCOM, London, 1984, p. 343-366.

Рукопис подано до редакції 14.03.16

УДК 624.012.45

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф., П.І. ГЕРБ, канд. техн. наук, доц.  
Криворізький національний університет

#### ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КОНТАКТНОГО ШВА ПРИ ПІДСИЛЕННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ МЕТОДОМ ПРИКЛЕЮВАННЯ

Наведено і проаналізовано результати випробувань підсиленних балок на якість роботи клееного контактного шва при різних рівнях повторного навантаження. Нарощування згинальних залізобетонних елементів знизу виконують зазвичай при неможливості підсилення нарощуванням зверху, і при необхідності, не дуже великого збільшення