

УДК 622.268.6:622.834

doi: <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2019-2-39-50>

Р.В. Соболевський
А.В. Панасюк
С.С. Іськов
О.В. Камські.
А.О. Криворучко

ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ АСПЕКТІВ КЛАСТЕРНО-ФРАКТАЛЬНОЇ МЕТОДИКИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ БУТОЩЕБЕНЕВОЇ СИРОВИНИ

Мета. Метою є дослідження основних аспектів кластерно-фрактальної методики управління якістю булощебеневої сировини.

Методика дослідження. Було використано посткластерно-фрактальний аналіз масивів вихідної інформації.

Наукова новизна. Встановлений зв'язок між довжиною та шириною, шириною та глибиною родовищ. Проведені та описані дослідження визначення основних систем тріщин, які характерні для родовищ граніту. Встановлена точність кластерно-фрактальної методики визначення об'ємів покладів гранітів.

Практична значимість. Розглянуті та проаналізовані основні показники якості булощебеневої сировини. Визначені основні характеристики кластерного аналізу та доведена ефективність кластеризації для оцінки напрямків використання покладів граніту. Проаналізовано розміри великої кількості розвіданих родовищ гранітів Житомирської області. Доведено ефективність застосування кластеризації для попередньої оцінки напрямків використання покладів гранітів та доведено наявність взаємозв'язку між розмірами родовища. Визначено, що для підрахунку об'ємів виконаних робіт та складів готової продукції доцільно використовувати на даний момент спосіб розбиття на найпростіші геометричні фігури, кластерно-фрактальну методику з кількістю кластерів, яка перевищує кількість конусів, та спосіб вертикальних паралельних перерізів.

Ключові слова: поклади гранітів, кластерний аналіз, підрахунок об'ємів, фрактал, управління якістю, кластерно-фрактальна методика.

Вступ.

Розробка гранітних кар'єрів вимагає врахування значної кількості природних і технологічних чинників. При видобуванні булощебеневої сировини, відповідно до ДСТУ Б В.2.7-75-98, основними показниками якості слід вважати: зерновий склад і форму зерен; міцність; активність природних радіонуклідів; морозостійкість; вміст пилоподібних і глинистих часток, у тому числі глини в грудках; дійсну, середню й насипну щільність. При проектуванні розробки родовищ необхідно враховувати також властивості, які визначають ефективність технологічних процесів з видобування та переробки нерудних будівельних матеріалів, до яких належать мінеральний склад (вміст кварцу, калієвого польового шпату, плагіоклазу та біотиту), хімічний склад (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O), фізико-механічні властивості (об'ємна вага, водопоглинення, межа міцності при стисканні у сухому, водонасиченому стані та після заморожування, щільність, пористість), та геоструктурні (розміри покладу, потужність корисної копалини та розкритих порід, форма гіпсометрії корисної копалини).

Мета.

Велика кількість критеріїв, які використовуються для планування гірничих робіт зумовлює неоднозначність підходів до проектування гранітних кар'єрів [1–5]. Найбільш суттєвими показниками якості, які визначають ефективність розробки, обсяги розкритих, видобувних робіт та рекультивації, є розміри покладу. Слід відзначити високу актуальність дослідження впливу розмірів на напрямок використання покладу та ефективність технологічних рішень [1].

Методи дослідження.

На першому етапі досліджень було проаналізовано розміри 42 розвіданих родовищ гранітів Житомирської області. За результатами кластерного аналізу з використанням методу К-середніх була розглянута доцільність виділення 2, 3, 4, 5 і 6 кластерів. У результаті аналізу якості кластеризації на основі аналізу графіків нормалізованих середніх значень для кожного кластеру та дисперсійного аналізу за p -рівнем було обґрунтовано доцільність поділу вибірки на 2 основних кластери. Аналіз отриманих графіків нормалізованих

середніх значень для кожного кластера показує наявність максимальних значень довжини, ширини і глибини для першого кластера при мінімальних значеннях зазначених величин для другого кластера. Результати поділу родовищ граніту Житомирської області на дві групи наведено у табл. 1. У результаті статистичного аналізу було встановлено наявність тісного кореляційного зв'язку між довжиною і шириною (коефіцієнт кореляції 0,67), між

шириною та глибиною (коефіцієнт кореляції 0,62) та відносно меншого між довжиною і глибиною (коефіцієнт кореляції 0,53) та одержані аналітичні лінійні залежності для опису їх взаємозв'язку такого вигляду:

1) для довжини L і ширини W (рис. 1):

$$W = 97,336 + 0,41340L;$$

2) для довжини L і потужності D (рис. 2):

$$D = 26,489 + 0,03505L;$$

3) для ширини W і потужності D (рис. 3):

$$D = 24,548 + 0,06701W.$$

Таблиця 1 – Характеристика основних показників кластерного аналізу з використанням методу K -середніх

| Показники | Перший кластер | | | Другий кластер | | |
|-------------|----------------|-----------|---------------|----------------|-----------|---------------|
| | довжина, м | ширина, м | потужність, м | довжина, м | ширина, м | потужність, м |
| Мінімальні | 332,500 | 250,000 | 37,300 | 80,0000 | 61,000 | 14,600 |
| Максимальні | 1500,000 | 1050,000 | 105,000 | 940,000 | 430,000 | 81,200 |
| Середні | 910,694 | 528,889 | 66,136 | 408,083 | 224,729 | 34,994 |
| Девіація | 279,437 | 207,503 | 20,383 | 224,963 | 101,161 | 15,280 |

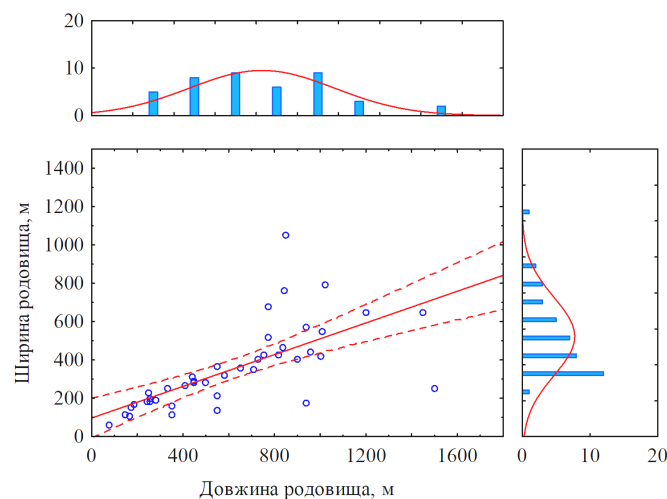


Рис. 1 Графічна залежність ширини від довжини родовища

Другим етапом дослідження було визначення основних систем тріщин, які характерні для Човнівського родовища граніту. Виконана кластеризація дозволила виділити з усього масиву (30 замірів тріщин) 6 кластерів, серед яких два кластери (перший та четвертий) слід вважати позасистемними (табл. 2). Відповідно, можна стверджувати, що для Човнівського родовища граніту характерні дві системи субвертикальних тріщин: перша з азимутом простягання $70,00000 \pm 8,16497^\circ$ та кутом падіння $85,50000 \pm 6,60808^\circ$; друга з азимутом простягання $329,0 \pm 1,15^\circ$ та кутом падіння $77,75 \pm 9,11^\circ$; та 2 системи

субгоризонтальних тріщин: перша з азимутом простягання $331,25 \pm 1,5^\circ$ та кутом падіння $7 \pm 2^\circ$; друга з азимутом простягання $329,0 \pm 1,5^\circ$ та кутом падіння $12,00 \pm 2,16^\circ$. Враховуючи, що для більшості родовищ гранітів характерна анізотропія та результати попередніх досліджень впливу орієнтації фронту видобувних робіт відносно систем тріщин, можна визначити оптимальний напрямок, який збігатиметься з орієнтацією повздовжньої системи тріщин і становитиме $70,00000 \pm 8,16497^\circ$.

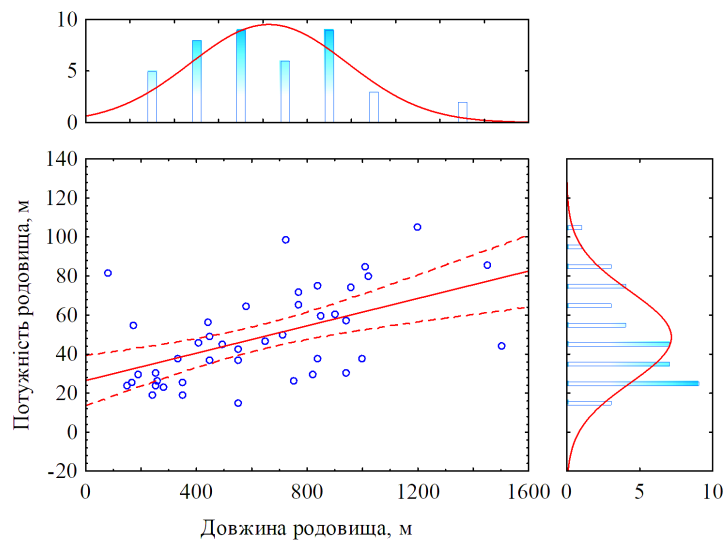


Рис. 2 Графічна залежність потужності від довжини родовищ

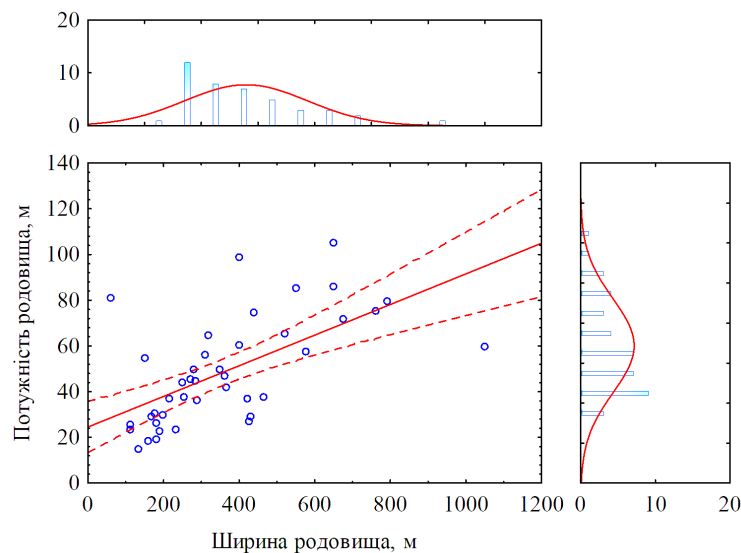


Рис. 3 Графічна залежність потужності від ширини родовищ

Викладення основного матеріалу. Досить поширеною проблемою для родовищ нерудних будівельних матеріалів є значні перепади висотних позначок покрівлі та потужності корисної копалини, що значно ускладнює планування видобувних робіт. Яскравим прикладом може слугувати план ізопотужностей корисної копалини Березівського родовища гранітів (рис. 4). Аналіз просторової мінливості потужності корисної копалини робить актуальним врахування даного критерію якості при плануванні видобувних робіт.

Однією з основних проблем при управлінні якістю нерудних будівельних матеріалів є забезпечення точності

визначення об'ємів сировини, яка визначається якістю польових і камеральних робіт. Точність камеральних робіт визначається способом підрахунку об'ємів. Для оцінки точності способів підрахунку об'ємів було розглянуто окремий насип складу готової гранпродукції фракції 40–70 мм з попередньо зробленою його тахеометричною зйомкою. Визначення об'єму даного насипу проводилося чотирма способами: трьохгранних призм; способом вертикальних паралельних перерізів; способом розбиття насипу на правильні геометричні фігури; способом об'ємної палетки П. К. Соболевського.

Спосіб тригранних призм реалізований в програмі AutoCAD Civil 3D 2012. Він ґрунтується на визначенні об'єму тригранних призм розміщених між двома

поверхнями, які побудовані за результатами використання тріангуляції Делоне (рис. 5).

Таблиця 2 – Результати кластеризації значень азимутів простягання α° та кутів падіння δ° для Човнівського родовища граніту

| Показники | Номер кластера | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
| | α° | δ° | α° | δ° | α° | δ° | α° | δ° | α° | δ° | α° | δ° |
| Мінімальне значення | 10,00 | 4,00 | 70,00 | 0,00 | 60,00 | 76,00 | 72,00 | 12,00 | 328,00 | 68,00 | 330,00 | 10,00 |
| Максимальне значення | 10,00 | 4,00 | 75,00 | 8,00 | 80,00 | 90,00 | 75,00 | 12,00 | 330,00 | 86,00 | 333,00 | 15,00 |
| Середнє значення | 10,00 | 4,00 | 71,73 | 7,00 | 70,00 | 85,50 | 73,50 | 12,00 | 329,00 | 77,75 | 331,25 | 12,00 |
| Стандартна девіація | 0,00 | 0,00 | 2,19 | 2,00 | 8,16 | 6,61 | 2,12 | 0,00 | 1,15 | 9,11 | 1,50 | 2,16 |
| Частка від загальної кількості, % | 3,33 | | 50,00 | | 13,33 | | 6,67 | | 13,33 | | 13,33 | |
| | | | | | | | | | | | | |

Обсяг кожної призми обчислюється за формулою (5.1):

$$V = \sum_i^m \frac{(A_i + B_i + C_i) \cdot S_i}{3}, \quad (1)$$

де A, B, C – висота ребер призми, м;
 m – кількість призм, шт.;
 S – площа основи призми, м².

Для способу вертикальних паралельних перерізів (рис. 6) характерна висока ефективність оцінки об'ємів фігур з значною просторовою мінливістю у вертикальній площині та складність автоматизації алгоритмізації, що обмежило його використання в сучасних геоінформаційних системах.

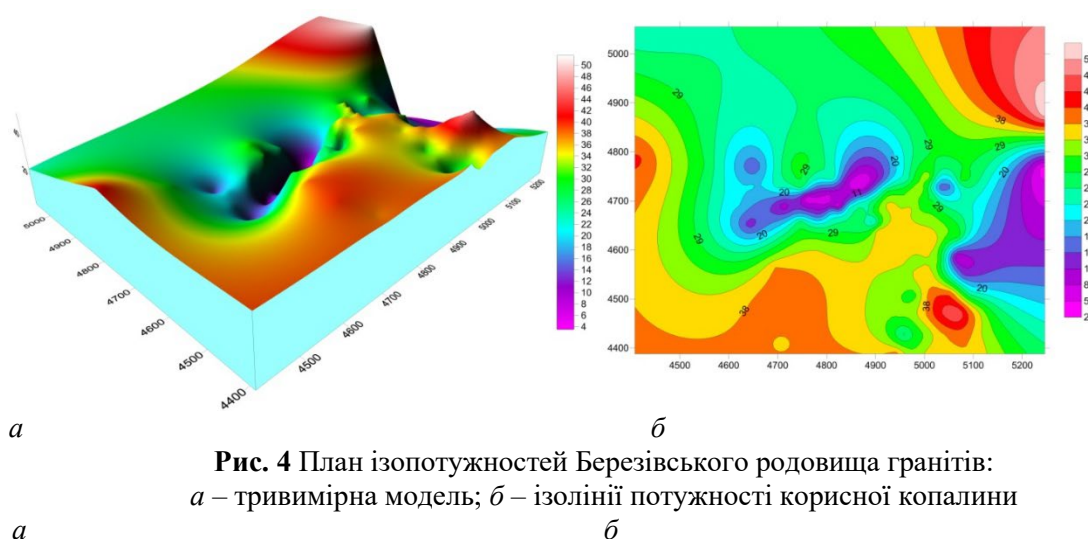


Рис. 4 План ізопотужностей Березівського родовища гранітів:
a – тривимірна модель; *б* – ізолінії потужності корисної копалини

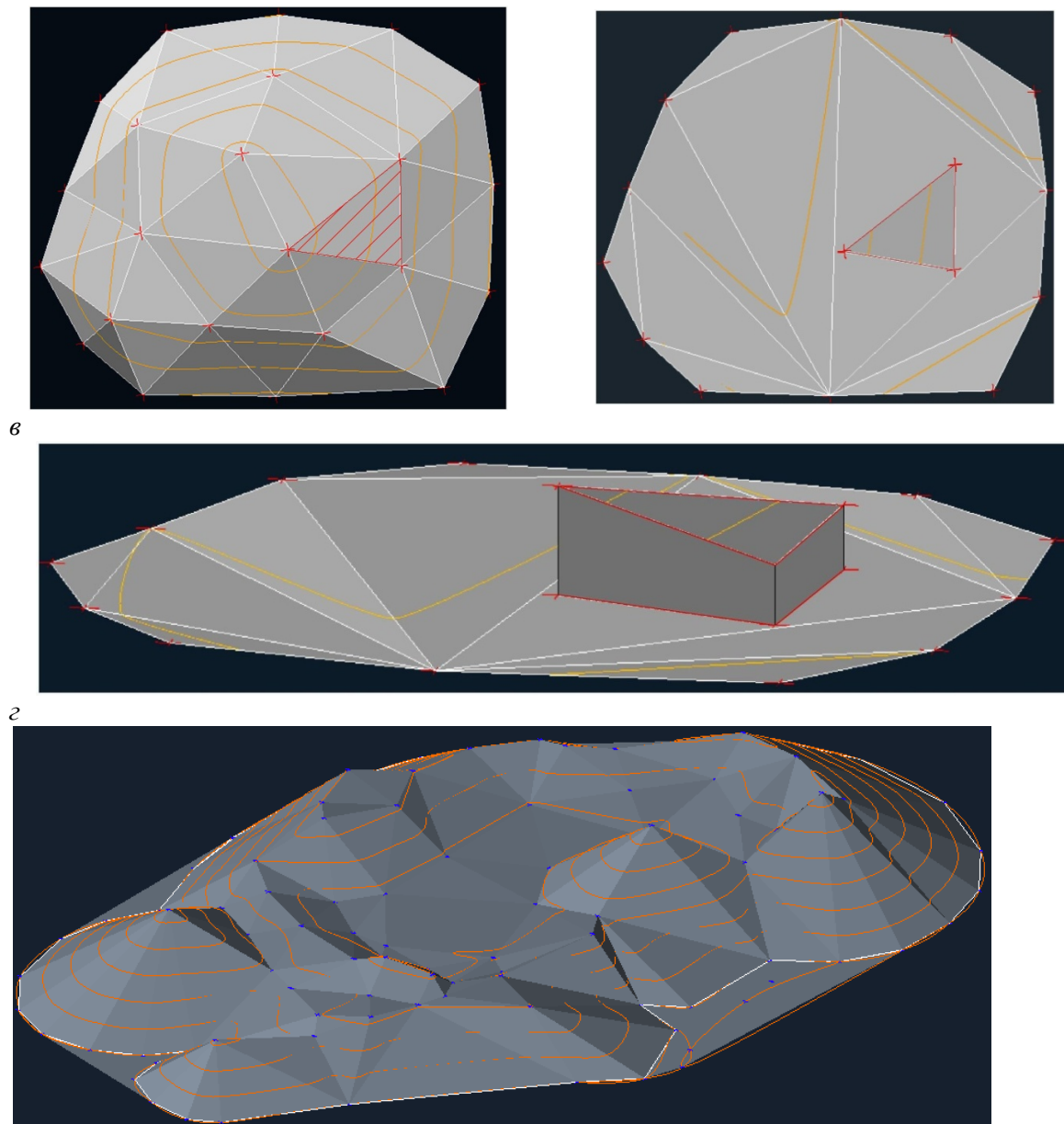


Рис. 5 Визначення об'єму способом тригранних призм
(реалізований в програмі AutoCAD Civil 3D 2012):

- а* – зображення насипу з окремо виділеною основою тригранної призми;
б – зображення верхньої основи тригранної призми на фоні нижньої поверхні;
в – зображення об'ємної моделі тригранної призми; *з* – тривимірна модель насипу

Для обчислення сумарного об'єму блоків застосовують формулу (2), якщо площі перерізів приблизно рівновеликі [6]:

$$V = a \cdot \left(\frac{S_1 + S_n}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} S_i \right), \quad (2)$$

де S_1, S_2 – площі перерізів, м^2 ;
 a – відстань між перерізами, м ;
 n – кількість перерізів.

У тому разі, якщо площі суміжних перерізів мають подібні і близькі до ізометричних форми, але відрізняються за величиною більш ніж на 40 %, то використовують формулу (3) [7]:

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}}{3} \cdot a. \quad (3)$$

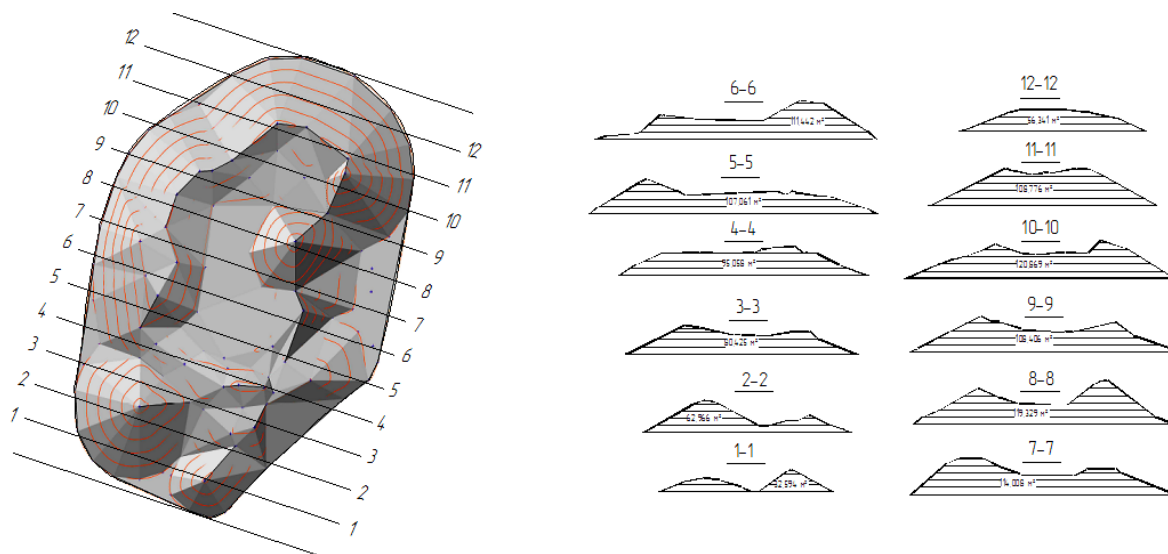


Рис. 6 Спосіб паралельних вертикальних перерізів

Об'єм тіла між суміжними непаралельними перерізами підраховується за формулою (4) [8]:

$$V = \frac{\beta}{6\rho} \cdot [L_1(2S_1 + S_2) + L_2(2S_2 + S_1)] \quad (4)$$

де S_1, S_2 – площі перерізів, м^2 ;

L_1, L_2 – відстані від центру тяжіння відповідного перерізу до лінії перетину перерізів, м;

β – кут між перерізами;

$\rho = 57,3$ – число градусів у радіані.

У результаті виконаних досліджень при визначенні об'єму насипу готової продукції щебеню фракції 40–70 мм за допомогою вертикальних паралельних

перерізів були складені порівняльні табл. 3 і табл. 4 та графік зміни величини відхилення у відсотках від відстані між вертикальними паралельними перерізами (рис. 7).

Підраховавши об'єм насипу готової продукції фракції 40–70 мм способом вертикальних паралельних перерізів можна зробити висновок, що найбільш близьким значенням до еталонного було досягнуто за допомогою перерізів через 5 м з відхиленням 0,622 %. Згідно графіку можна побачити, що залежність величини відхилення від величини відстані між перерізами до 15 м є майже лінійною, потім прослідковується стрімке збільшення відхилення.



Рис. 7 Зміна величини відхилення від відстані між вертикальними перерізами

Таблиця 3 – Порівняльна таблиця об'ємів з відстанню між перерізами через 5 і 10 м

| № з/п | Площа перерізу, м ² | Об'єм між перерізами, м ³ | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------|-------------|-------------|-------------|--------|
| | | через 5 м | | | через 10 м | | |
| | 0 | — | 39,246 | 34,332 | — | 39,25 | 34,332 |
| 1 | 32,594 | 234,771 | 39,246 | 34,332 | 547,3944678 | <div></div> | |
| 2 | 62,966 | | | | | | |
| 3 | 80,425 | 438,708 | 358,478 | 547,3944678 | <div></div> | | |
| 4 | 95,058 | | | | | | |
| 5 | 107,061 | 546,258 | 505,298 | 1105,345 | <div></div> | | |
| 6 | 111,442 | | | | | | |
| 7 | 114,008 | 583,343 | 563,625 | 1105,345 | <div></div> | | |
| 8 | 119,329 | | | | | | |
| 9 | 108,406 | 573,188 | 569,338 | 1085,91 | <div></div> | | |
| 10 | 120,869 | | | | | | |
| 11 | 108,776 | 405,670 | 574,113 | 1085,91 | <div></div> | | |
| 12 | 56,341 | | | | | | |
| | 0 | — | 165,515 | | 592,75 | | |
| ΣΣV (м ³) | | 5591,883 | | | 5454,481 | | |

Таблиця 4 – Порівняльна таблиця об'ємів з відстанню між перерізами через 15 і 20 м

| № з/п | Площа перерізу, м ² | Об'єм між перерізами, м ³ | | | | | |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------|--------|-------------|-------------|--------|
| | | через 15 м | | | через 20 м | | |
| | 0 | — | 39,25 | 34,332 | — | 39,25 | 34,332 |
| 1 | 32,594 | 916,572794 | <div></div> | | 1324,849 | <div></div> | |
| 2 | 62,966 | | | | | | |
| 3 | 80,425 | | | | | | |
| 4 | 95,058 | | | | | | |
| 5 | 107,061 | <div></div> | 1567,995 | | <div></div> | 2154,67 | |
| 6 | 111,442 | | | | | | |
| 7 | 114,008 | | | | | | |
| 8 | 119,329 | | | | | | |
| 9 | 108,406 | 1761,5775 | <div></div> | | 1235,603 | <div></div> | |
| 10 | 120,869 | | | | | | |
| 11 | 108,776 | | | | | | |
| 12 | 56,341 | | | | | | |
| | 0 | 165,515 | | | | 165,515 | |
| ΣV (м ³) | | 5371,292 | | | 4954,22 | | |

Підрахунок об'ємів способом об'ємної палетки П. К. Соболевського використовується у багатьох геоінформаційних системах. Простота алгоритмізації і висока точність є основними і вагомими перевагами даного способу для його використання у програмному забезпеченні.

Суть способу об'ємної палетки П. К. Соболевського полягає в тому, що тіло корисної копалини, зображене ізопотужностями, за допомогою квадратної палетки розчленовують на ряд вертикальних

косозрізаних призм з однаковими квадратними основами (рис. 8). Об'єм кожної призми дорівнює добутку площі її основи на середню висоту:

$$V = S \cdot \sum_{i=1}^n h_i, \quad (5)$$

де S – площа прямокутника палетки;
 n – число прямокутників в межах контуру підрахунку насипу;
 h_i – відмітка насипу у вершині прямокутника.

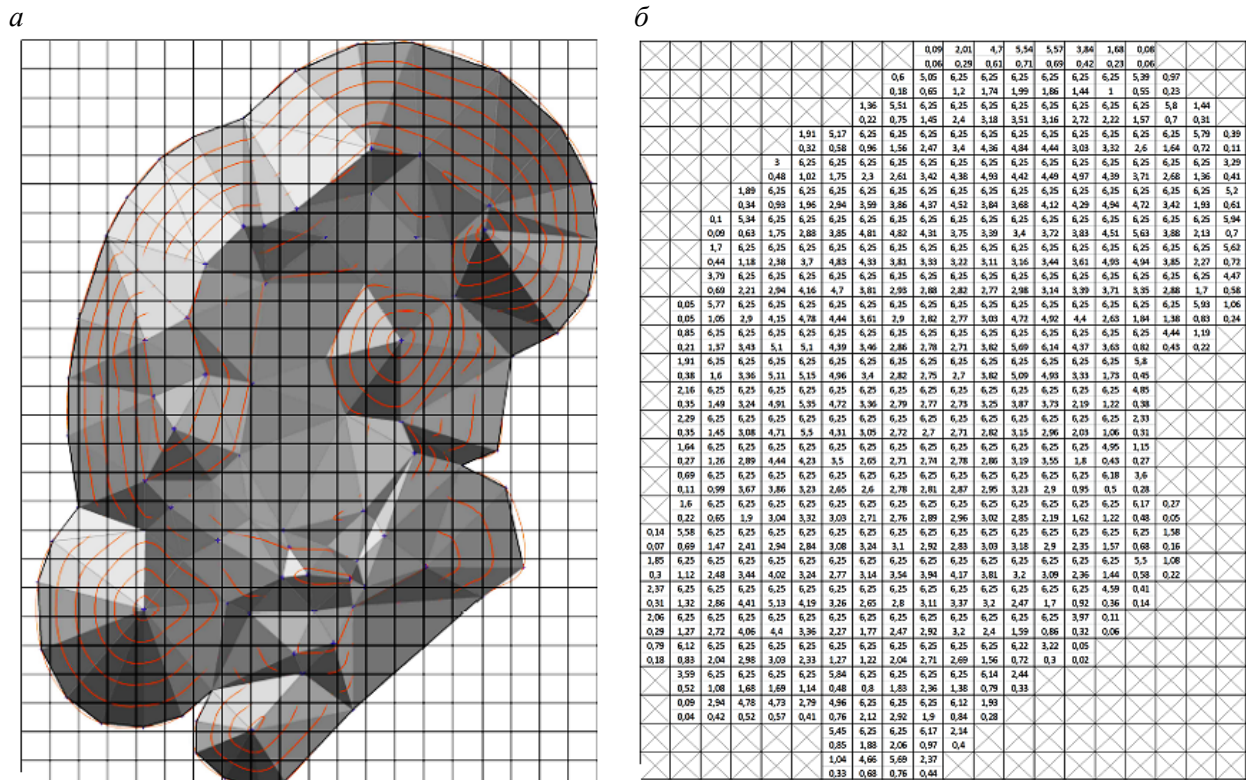


Рис. 8 Спосіб об'ємної палетки П. К. Соболевського

При використанні способу об'ємної палетки П. К. Соболевського було використано палетку зі стороною квадрата 5м та 2,5 м. Об'єми при використанні обох палеток мають такі значення:

- 5 м – 5803,010 м³ з відхиленням 3,13%;
–2,5 м – 5676,910 м³ з відхиленням 0,89%.

З наведених вище результатів можна зробити висновок, що зменшення площі квадрата в 4 рази, дозволяє зменшити відхилення на 2,24 % і в кінцевому результаті одержати похибку 0,89 %.

Більш працемістким є підрахунок об'ємів способом розбиття об'ємної моделі на найпростіші фігури [10]. При підрахунку об'єму даним способом насип було розбито на окремі фігури. Об'єм кожної фігури було обчислено окремо (рис. 9). Сума об'ємів всіх фігур дала значення об'єму насипу.

Підрахувавши об'єм кожної фігури окремо було визначено сумарний об'єм насипу – 5599,87 м³. Відхилення отриманого значення об'єму від еталонного становить 0,481 %.

Для визначення об'ємів пропонується використати кластерно-фрактальну

методику визначення об'ємів (рис. 10), в основі якої лежить вираз:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot \sum_{i=1}^n P_i^{\frac{2}{D_{Fi}}}}{n}, \quad (6)$$

де D_{Fi} – фрактальна розмірність i -го кластеру;

n – кількість кластерів.

P_i – периметр i -го кластера, м;

$$P = \sum_{j=1}^{k_n} \sqrt{(x_{j+1} - x_j)^2 + (y_{j+1} - y_j)^2},$$

x_j, y_j – координати в i -му кластері, м;

k_n – кількість пар координат в i -му
гері, шт.

Результати зіставлення відхилень значень об'ємів фігури одержаних за результатами використання кластерно-фрактальної методики та класичних способів (табл. 5.5) показали високу ефективність та точність запропонованої методики для випадків адекватного підбору кількості кластерів.

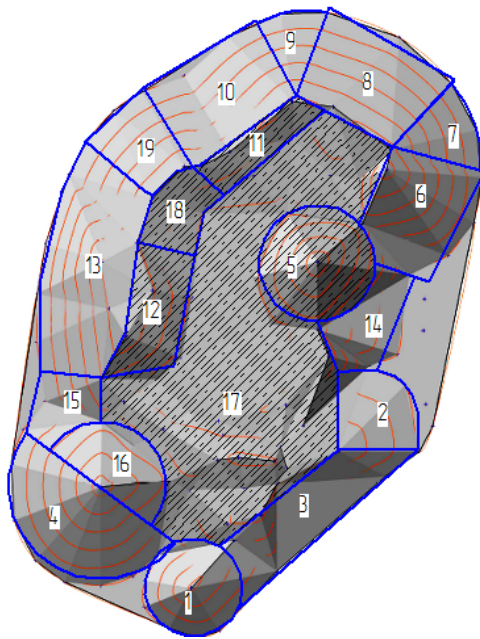


Рис. 9 Розбиття масиву на правильні геометричні фігури

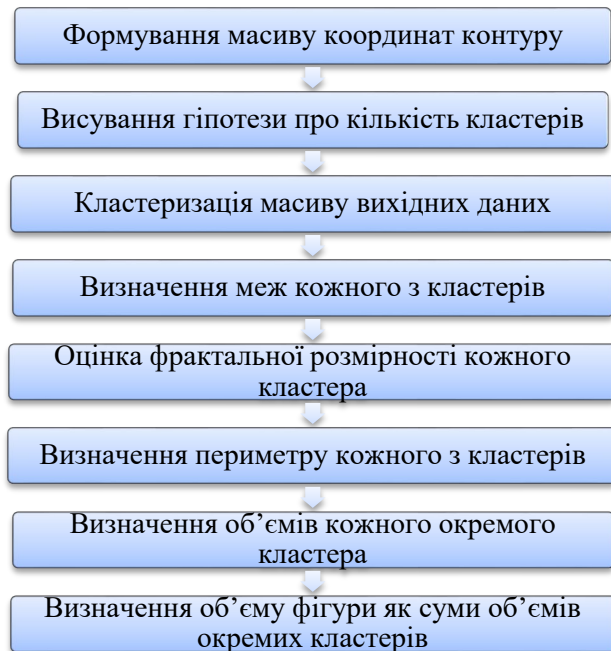


Рис. 10 Кластерно-фрактальна методика визначення об'ємів

Таблиця 5 – Результати співставлення відхилень значень об'ємів фігури одержаних за результатами використання кластерно-фрактальної методики та класичних способів

| Спосіб | | Об'єм, м ³ | Відхилення, % | |
|---|----------------------------|-----------------------|---------------|---------|
| AutoCAD Civil 3D 2012 | Кількість пікетів | 97 | 5626,91 | – |
| | | 87 | 5579,18 | –0,848 |
| | | 77 | 5455,14 | –3,053 |
| Спосіб паралельних вертикальних перерізів | Відстань між перерізами | 5 м | 5591,883 | –0,622 |
| | | 10 м | 5454,481 | –3,064 |
| | | 15 м | 5371,292 | –4,543 |
| | | 20 м | 4954,22 | –11,955 |
| Розбиття на найпростіші фігури | | 5599,87 | –0,481 | |
| Спосіб об'ємної палетки П. К. Соболевського | Розмір палетки, м | 5,0×5,0 | 5803,01 | +3,130 |
| | | 2,5×2,5 | 5676,91 | +0,889 |
| Кластерно- фрактальна методика | Кількість кластерів | 2 кластери | 5064,219 | –10,0 |
| | | 10 кластерів | 5429,97 | –3,5 |
| | | 20 кластерів | 5570,64 | –1 |

Обговорення результатів.

У результаті виконаних досліджень доведено ефективність застосування кластеризації для попередньої оцінки напрямків використання покладів гранітів та доведено наявність взаємозв'язку між розмірами родовища. Результати досліджень дозволяють за відомими окремими розмірами покладів граніту спрогнозувати значення невідомого показника, а також оцінити перспективи видобутку блочної сировини на

цьому родовищі. Крім того, застосування методу кластерного аналізу К-середніх для виділення систем тріщин підтвердило свою ефективність для родовищ гранітів. Це у поєднанні з інформацією про варіативну складову енергоємності видобування декоративного каменю для різних напрямків дає можливість обґрунтувати оптимальний напрямок розвитку гірничих робіт. Отже, очевидним є ефективність використання кластерного аналізу для визначення

оптимальних параметрів системи розробки родовищ.

Висновок.

Аналіз наведених даних показав, що найбільш близькі до еталону значення об'ємів досягнуті способами розбиття на найпростіші геометричні фігури, способом вертикальних паралельних перерізів з відстанню між перерізами 5 м та при використанні кластерно-фрактальної методики з відхиленням значень об'ємів відповідно 0,481 %, 0,622 % та 1 %. Найбільшими похибками (11,955 %) характеризується спосіб вертикальних паралельних перерізів у випадку, коли відстань між перерізами становить 20 м. Отже, для підрахунку об'ємів виконаних робіт та складів готової продукції доцільно використовувати на даний момент спосіб розбиття на найпростіші геометричні фігури, кластерно-фрактальну методику з кількістю кластерів, яка перевищує кількість конусів, та спосіб вертикальних паралельних перерізів з відстанню між перерізами 5 м або частіше.

Отже, для підрахунку об'ємів виконаних робіт та складів готової продукції доцільно використовувати кластерно-фрактальну методику з кількістю кластерів, яка перевищує кількість конусів, та спосіб вертикальних паралельних перерізів з відстанню між перерізами 5 м або частіше.

Список літератури

1. Іськов С. С. Діагностичні ознаки способів утворення гранітоїдів / С. С. Іськов, Р. В. Соболевський, О. В. Камських // Матеріали міжнародної конференції "Форум гірників 2011" Серія "Геологія". Дніпропетровськ: НГУ, 2011. С. 147–153.
2. Korobiichuk V. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing // V. Korobiichuk, V. Shamrai, O. Iziumova, O. Tolkach, R. Sobolevskiy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Issue 4/5 (82). P. 52–57.
3. Заміховський Л. М. Контроль тріщинуватості буримої гірської породи / Л. М. Заміховський, О. А. Шаповал // Методи та прилади контролю якості. 2012. С. 146–152.
4. Sousa L. M. Influence of fracture system on the exploitation of building stones: the case of the Mondim de Basto granite (north Portugal). / L. M. Sousa, A.S. Oliveira, I. M. Alves. // Environmental Earth Sciences. 2016. №75. С. 1–16.
5. Порядок виконання маркшейдерських робіт на підприємствах із підземним та відкритим способом видобутку залізної руди: Інструкція/ Редкоміс.: В.О. Назаренко (голова) та ін. Кривий Ріг, 2016. 209 с.
6. Adibi N. Integration of sustainable development concepts in open pit mine design / N. Adibi, M. Ataee-pour, M. Rahmanpour. // Journal of Cleaner Production. 2015. №108. P. 1037–1049.

7. Sobolevskiy R. Development of methodology for assessing geospatial variability of primary kaolin / R. Sobolevskiy, O. Vashchuk, O. Tolkach // New Developments in Mining Engineering 2015. Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining. – Hardback – Published October 14th 2015. P. 505–509.

8. Соболевський Р. В. Оцінка достовірності геометризacji якісних показників Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів на основі підбору оптимальної моделі варіограми за площинним критерієм / Р. В. Соболевський, О. М. Ващук, О. М. Толкач // Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. 2015. № 1. С. 57–64.

9. Sobolevskiy R. Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material // R. Sobolevskiy, N. Zuievskaya, V. Korobiichuk, O. Tolkach, V. Kotenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Issue 5/3 (83). P. 21–29.

10. Соболевський Р. В. Обґрунтування методики підрахунку об'ємів складів готової продукції будівельної сировини / Р. В. Соболевський, О. М. Ващук // Вісник Житомирського державного технологічного університету. 2012. № 4. С. 174–182.

Reference

1. I's'kov S. S. Di'agnostichni' oznaki sposobi'v utvorenniya grani'toyidi'v / S. S. I's'kov, R. V. Sobolevs'kij, O. V. Kams'kikh // Materi'ali mi'zhnarodnoyi konferenci'i "Forum gi'rnikiv 2011" Seri'ya "Geologi'ya". Dni'propetrovs'k: NGU, 2011. P. 147–153.
2. Korobiichuk V. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing // V. Korobiichuk, V. Shamrai, O. Iziumova, O. Tolkach, R. Sobolevskiy // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Issue 4/5 (82). P. 52–57.
3. Zami'khovs'kij L. M. Kontrol' tri'shchinuvatosti' burimoyi gi'rs'koyi porodi / L. M. Zami'khovs'kij, O. A. Shapoval // Metodi ta priladi kontrolyu yakosti'. 2012. P. 146–152.
4. Sousa L. M. Influence of fracture system on the exploitation of building stones: the case of the Mondim de Basto granite (north Portugal). / L. M. Sousa, A.S. Oliveira, I. M. Alves. // Environmental Earth Sciences. 2016. №75. – P. 1–16.
5. Poryadok vikonannya markshejders'kikh robi't na pi'dpriyemstvakh i'z pi'dzemnim ta vi'dkritim sposobom vidobutku zali'znoyi rudi: I'nstrukci'ya/ Redkomi's.: V.O. Nazarenko (golova) ta i'n. Krivij Ri'g, 2016. 209 p.
6. Adibi N. Integration of sustainable development concepts in open pit mine design / N. Adibi, M. Ataee-pour, M. Rahmanpour. // Journal of Cleaner Production. 2015. №108. P. 1037–1049.
7. Sobolevskiy R. Development of methodology for assessing geospatial variability of primary kaolin / R. Sobolevskiy, O. Vashchuk, O. Tolkach // New Developments in Mining Engineering 2015. Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining. Hardback – Published October 14th 2015. P. 505–509.
8. Sobolevs'kij R. V. Ocz'i' nka dostovi'rnosti' geometrizaczi'yi yaki'snikh pokazniki'v Veliko-Gadominecz'kogo rodovishha pervinnikh kaoli'ni'v na osnovi' pi'dboru optimal'noyi modeli' vari'ogrami za ploshhinnim kriteri'yem / R. V. Sobolevs'kij, O. M. Vashhuk, O. M. Tolkach // Vi'snik KrNu i'm. Mikhajla Ostrograds'kogo. 2015.– # 1. P. 57–64.

9. Sobolevskiy R. Cluster analysis of fracturing in the deposits of decorative stone for the optimization of the process of quality control of block raw material // R. Sobolevskiy, N. Zuievskaya, V. Korobiichuk, O. Tolkach, V. Kotenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Issue 5/3 (83). P. 21–29.

10. Sobolevskiy R. V. Obg`runtuvannya metodiki pi`drakhunku ob'yemi`v skladi`v gotovoyi produkcii`yi butoshhebenevoyi sirovini / R. V. Sobolevskiy, O. M. Vashchuk // Vi`snik Zhitomir'skogo derzhavnogo tekhnologichnogo uni`versitetu. 2012. # 4. P. 174–182.

Надійшла до редакції 25.11.2019
Рецензент канд. техн. наук Р.В. Дегтяр

Соболевський Руслан Вадимович – д-р техн. наук, проф., професор кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка», м. Житомир, вул. Чуднівська, 103

Панасюк Андрій Вікторович – канд. техн. наук, доц., доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка», м. Житомир, вул. Чуднівська, 103

Іськов Сергій Станіславович – канд. техн. наук, доц., доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка», м. Житомир, вул. Чуднівська, 103

Камських Олександр Валерійович – канд. техн. наук, доц., доцент кафедри геотехнологій ім. проф. Бакка М.Т. Державного університету «Житомирська політехніка», м. Житомир, вул. Чуднівська, 103

Криворучко Андрій Олексійович – канд. техн. наук, доц., доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка», м. Житомир, вул. Чуднівська, 103

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ АСПЕКТОВ КЛАСТЕРНО-ФРАКТАЛЬНОЙ МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ БУТОЩЕБЕНОВОЙ СЫРЬЯ

Цель. Исследование основных аспектов кластерно-фрактальной методики управления качеством бутощебеновой сырья.

Методика исследования. Использован кластерно-фрактальный анализ массивов исходной информации.

Научная новизна. Установлена связь между длиной и шириной и глубиной месторождений. Проведенные и описанные исследования определения основных систем трещин, характерных для месторождений гранита. Установленная точность кластерно-фрактальной методики определения объемов залежей гранитов.

Практическая значимость. Рассмотренные и проанализированы основные показатели качества бутощебеновой сырья. Определены основные характеристики кластерного анализа и доказана эффективность кластеризации для оценки направлений использования залежей гранита. Проанализированы размеры большого количества разведанных месторождений гранитов Житомирской области. Доказана эффективность применения кластеризации для предварительной оценки направлений использования залежей гранитов и доказано наличие взаимосвязи между размерами месторождения. Установлено, что для подсчета объемов выполненных работ и складов готовой продукции целесообразно использовать на данный момент способ разбиения на простые геометрические фигуры, кластерно-фрактальную методику с количеством кластеров, которая превышает количество конусов, и способ вертикальных параллельных сечений

Ключевые слова: залежи гранита, кластерный анализ, подсчет объемов, фрактал, управление качеством, кластерно-фрактальная методика.

Соболевский Руслан Вадимович – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры маркшейдерии Государственного университета «Житомирская политехника», г. Житомир, ул. Чудновская, 103

Панасюк Андрей Викторович – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры маркшейдерии Государственного университета «Житомирская политехника», г. Житомир, ул. Чудновская, 103

Иськов Сергей Станиславович – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры маркшейдерии Государственного университета «Житомирская политехника», г. Житомир, ул. Чудновская, 103

Камских Александр Валерьевич – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры геотехнологий им. проф. Бакка М.Т. Государственного университета «Житомирская политехника», г. Житомир, ул. Чудновская, 103

Криворучко Андрей Алексеевич – канд. техн. наук, доцент кафедры маркшейдерии Государственного университета «Житомирская политехника», г. Житомир, ул. Чудновская, 103

SUBSTANTIATION OF THE MAIN ASPECTS OF THE CLUSTER-FRACTAL METHODOLOGY FOR THE QUALITY MANAGEMENT OF RUBBLE-CRUSHED RAW MATERIALS

Purpose. The aim is to study the main aspects of cluster-fractal quality management method of rubble raw materials.

Research methodology - cluster-fractal analysis of arrays of initial information.

The scientific novelty. The relationship between the length and width, width and depth of the fields is established. Studies of the determination of the basic systems of cracks characteristic of granite deposits have been conducted and described. The accuracy of the cluster-fractal technique for determining the volume of granite deposits has been established.

***The practical significance.** The basic indicators of quality of rubble-crushed stone raw materials are considered and analyzed. The main characteristics of cluster analysis are determined and the efficiency of clustering for the estimation of the directions of use of granite deposits is proved. The size of a large number of explored deposits of granite in Zhytomyr region is analyzed. The effectiveness of clustering for the preliminary estimation of the directions of use of granite deposits has been proved and the relationship between the size of the deposit has been proved. It is determined that it is expedient to use the method of splitting into the simplest geometric figures, the cluster-fractal technique with the number of clusters exceeding the number of cones, and the method of vertical parallel sections in order to calculate the volumes of finished works and finished product warehouses.*

Key words: granite deposits, cluster analysis, volume calculation, fractal, quality management, cluster fractal methodology.

Sobolevsky R. - doctor of technical sciences, professor, professor of the department of mine surveying, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Chudnivska str, 103

Panasiuk A. - candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, department of mine surveying, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Chudnivska str, 103

Iskov S. - candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, department of mine surveying, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Chudnivska str, 103

Kamskyh O. - candidate of science (engineering), associate professor, associate professor of the department of geotechnology prof. Bakka M.T. Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Chudnivska str, 103

Kryvoruchko A. - candidate of technical sciences, associate professor, associate professor, department of mine surveying, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, Chudnivska str, 103