

10. Paul, M. Natural convection flow from an isothermal horizontal cylinder in presence of heat generation [Текст] / M. Paul. – International Journal of Engineering Science №44 (13-14), 2006. – pp. 949-958.
11. Жукаускас, А. А. Конвективный перенос в теплообменниках [Текст] / А. А. Жукаускас. – М.: Наука, 1982. – 472 с.
12. Chand, J. Natural convection heat transfer from horizontal cylinders [Текст] / Jagdish Chand, Vir Dharam. – Journal of chemical engineering of Japan, Vol. 12, №3. – 1979. – pp. 242–247.
13. Туз, В. О. Визначення характерної температури при теплообміні в умовах вільної конвекції / В. О. Туз, Р. В. Неїло. Енергетика, економіка, технології, екологія. №3.- 2013.
14. Sesonske, A. Velocity and temperature distributions about a horizontal cylinder in free convection heat transfer / A. Sesonske. AIChE Journal V.7 issue 2. – 1961.
15. Shang, D.-Y. Effect of variable thermophysical properties on laminar free convection of gas / De-Yi Shang; Bu-Xuan Wang. International journal of heat and mass transfer. V.33, issue 7., 1387-1395pp. – 1990.

*З метою вивчення природної блочності були проведені структурні дослідження на діючому щепеневому Лезниківському кар'єрі і вивчена документація 50 розвідувальних свердловин, пробурених на схід від кар'єру. Були проведені структурні дослідження корисної копалини на діючому Лезниківському кар'єрі (Житомирська обл., Україна). Вивчена просторова орієнтація тріщин, тріщинуватих зон, тектонічних порушень. Відмічено закономірні зміни в елементах залягання субгоризонтальних тріщин*

*Ключові слова: тріщини, тектонічна ситуація, векторні діаграми систем тріщин, блочність гранітів*

*С целью изучения естественной блочности были проведены структурные исследования на действующем щепеночном Лезниковском карьере и изучена документация 50 разведочных скважин, пробуренных на восток от карьера. Были проведены структурные исследования полезного ископаемого на действующем Лезниковском карьере (Житомирская обл., Украина). Изучена пространственная ориентация трещин, трещиноватых зон, тектонических нарушений. Отмечены закономерные изменения в элементах залегания субгоризонтальных трещин*

*Ключевые слова: трещины, тектоническая ситуация, векторные диаграммы систем трещин, блочность гранитов*

УДК 622.1:622.2

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИЩИНУВАТОСТІ ЛЕЗНИКІВСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАНІТІВ З ПЕРСПЕКТИВОЮ ВИДОБУТКУ БЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

**В. В. Коробійчук**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра розробки родовищ корисних  
копалин ім. проф. М. Т. Бакка  
Житомирський державний  
технологічний університет  
вул. Черняхівського, 103,  
м. Житомир, Україна, 10005  
E-mail: kgtkvv2@rambler.ru

## 1. Вступ

Тріщинуватість масиву гірських порід має велике як позитивне, так і негативне значення для родовищ корисних копалин, а саме для складання проектів розробки і експлуатації родовищ, вибору технології ведення розкривних і видобувних робіт. Тріщинуватість порід є одним із параметрів, які визначають запаси корисної копалини і впливають на режим експлуатації родовища. Тріщини, зазвичай, простягаються за декількома взаємно пересічним напрямом, визначаючи просторове положення поверхонь і зон послаблення. Тому тріщинуватість впливає на пружність і стійкість гірських порід, характер

прояву деформацій та їх величину, водоносність, водопроникність і газопроникність, глибину проникнення агентів вивітрювання та інтенсивність розвитку процесів вивітрювання, температурний режим порід, швидкість поширення сейсмічних хвиль та сейсмостійкість порід, міцність, важкість розробки та будівельну категорію порід.

Природна тріщинуватість гірської породи в процесі експлуатації родовища корисної копалини доповнюється штучною, що, в свою чергу, залежить від методів ведення БВР. Вона виникає в результаті дії вибуху на масив; при цьому зі збільшенням величини та діаметра заряду тріщинуватість масиву та ступінь розкриття тріщин збільшуються.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Питанням геометризації родовищ корисних копалин і вивченням просторового розміщення гірничо-геометричних показників таких як: глибина залягання, потужність покладу, розподіл корисних компонентів і тріщинуватість родовищ в різні часи займалися різні дослідники: Антипенко Г. О. [1, 2], Букринський В. А. [3], Кузьмін В. М. [4], Рілов А. П. [5], Ушаков І. М. [6], Бакка М. Т. [7, 8] і т. п. Можливість просторового зображення покладів корисних копалин і побудова об'ємної тривимірної моделі родовища за допомогою різноманітних комп'ютерних програм дає можливість розв'язувати різноманітні гірничо-геометричні задачі, виконувати аналіз отриманих результатів та приймати рішення щодо подальшого ведення гірничих робіт.

В попередній публікації [9] авторами було здійснена геометризація супутньої корисної копалини в умовах Лезниківського родовища гранітів та гірничо-геометричний аналіз його показників.

З метою вивчення природної блочності були проведені структурні дослідження на діючому щебеневому Лезниківському кар'єрі і вивчена документація 50 розвідувальних свердловин, пробурених на схід від кар'єру [10]. В процесі проведення цих спостережень розв'язувались задачі пов'язані, перш за все, з: пошуком тріщин, тріщинуватих зон, тектонічних порушень; вивчення їх просторової орієнтації.

Тріщинуватість масиву впливає на умови проведення гірничих робіт тому їх систематично документують і ведуть облік [2, 3]. Тріщинуватість вивчається різними методами: ескізів і фотографій, картування і моделювання, геофізичними методами. Основним методом опрацювання є статистичний, що виконується шляхом побудови різноманітних діаграм тріщинуватості – прямокутних, роз-діаграм, полярних, сферичних тощо. Всі вони розглядають тріщини як лінійні структури, що не відповідають їхній природі. Так, наприклад, вивчення тріщинуватості за кернами детальної розвідки не дає повного уявлення про орієнтування тріщин, оскільки сітка буріння свердловин у середньому становить:  $50 \times 100$ ,  $50 \times 100$  м. В умовах кар'єру виникає необхідність детального вивчення геометричних показників тріщинуватості безпосередньо по оголених робочих вибоїнах з обов'язковою просторовою прив'язкою результатів спостереження. В такому випадку необхідно проводити вивчення окремо-взятого масиву за допомогою сучасних новітніх технологій, наприклад, за допомогою фотограмметрії або лазерного сканування, виконувати побудову погоризонтних карт тріщинуватості на основі маркшейдерських планів гірничих робіт. Такі карти будуть основою для створення та удосконалення паспорта БВР.

## 3. Мета і завдання дослідження

Метою публікації є дослідження тріщинуватості Лезниківського родовища гранітів на основі структурного дослідження просторової орієнтації тріщин, тріщинуватих зон корисної копалини з метою перспективного видобутку супутньої блочної продукції з природного каменю.

## 4. Дослідження просторової орієнтації тріщин, тріщинуватих зон корисної копалини Лезниківського родовища

Тектонічна ситуація Лезниківського родовища тісно пов'язана зі структурно-тектонічною ситуацією всього Володарськ-Волинського масиву. Масив Лезниківського родовища розбитий великими і середніми тріщинами з остаточно витриманими елементами залягання на блоки. Найбільш широко поширені дві крутопадаючі і одна пологозалягаюча системи тріщин [10].

Одна з крутопадаючих систем має північно-західне (азимут простягання  $300-310^\circ$ ), друга північно-східне (азимут простягання  $20-25^\circ$ ) простягання. На фоні загального приблизно рівномірного розміщення одиночних крутопадаючих тріщин відмічаються ділянки їх згущення – тріщинні зони. Відстань між тріщинами у цих зонах не більше 20 см. Тріщинні зони північно-західного простягання простежені по кар'єру на 100–300 м за простяганням і до 40 м за падінням. Відстань між ними від 10 до 200 м. Потужність окремих зон не витримана і коливається від 0,7 до 20 м. Тріщинні зони північно-східного простягання простежені за простяганням на 100–200 м, а за падінням на 8–13 м. Відстань між тріщинами від 5 до 140 м. Ширина від 1 до 10 м.

Головну роль в оцінці гранітів для видобутку блоків відіграють тріщини субгоризонтального простягання. За спостереженнями в кар'єрі і даними буріння свердловин вони мають найбільше розповсюдження на родовищі. Тріщини розбивають товщу гранітів на плаstopодібні шари, надаючи всьому масиву шаруватий вигляд. Вони вкрай не витримані і переривчасті, відстань між ними змінюється на досить коротких відстанях. В основному, вони складають 5–40 см, рідше досягають 1,5 м.

Відмічено закономірні зміни в елементах залягання субгоризонтальних тріщин. В центральній частині східного борту вони розміщені горизонтально, на північ спостерігається поступове збільшення нахилу на північний захід з максимальним кутом падіння до  $12^\circ$ . Таке розміщення субгоризонтальних тріщин формує в гранітному масиві складчасту куполоподібну структуру. Замкова частина шириною 200–220 м розташована в центральній частині східного борту кар'єра. Шарнір структури, за даними буріння, полого закручується в північно-східному напрямку.

На родовищі відмічені одиночні крутопадаючі тріщини з субширотним простяганням змішувачів (азимут простягання  $90-100^\circ$ ). Вони досягають великих розмірів 5–10 м за падінням і до 20 м за простяганням, однак не формують чітких тріщинних зон. В північно-західній частині кар'єра зафіксовано крутий розрив. Він має спільне для всього гранітного масиву північно-західне простягання. Поверхня змішувача нахилена під кутом  $50-55^\circ$ . В південно-східній частині родовища простежується розрив північно-західного простягання, змішувач нахилений під кутом  $55-60^\circ$ . За своїм орієнтуванням дані розриви співпадають з більш крупними розривами, формуваними структурно-тектонічною ситуацією всього району. За результатами досліджень була побудована карта тріщинуватості Лезниківського родовища гранітів рис. 1.

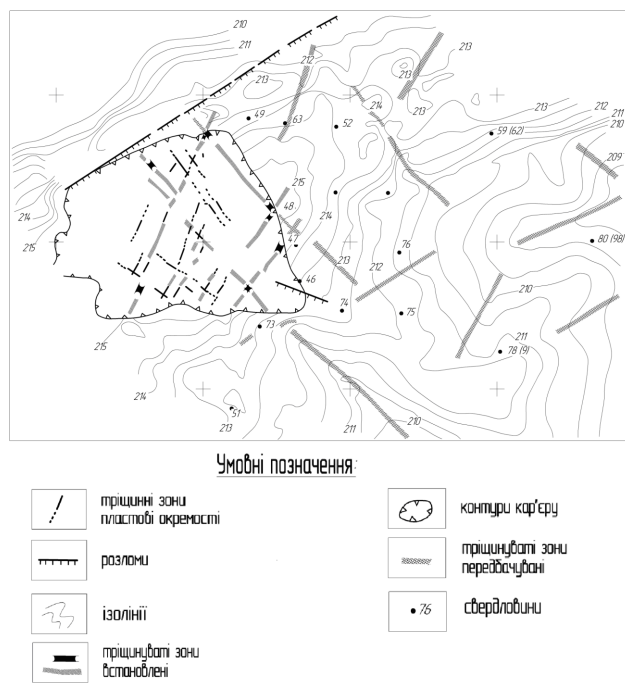


Рис. 1. Карта тріщинуватості масиву

Діаграма тріщинуватості – результати графічної обробки вимірювань орієнтації тріщин в межах ділянки спостереження з метою виділення їх систем за вказаним показником та визначення середнього значення елементів залягання кожної системи. На практиці використовуються такі види діаграм тріщинуватості: діаграми-рози, прямокутні точкові діаграми, кругові діаграми, структурні діаграми з ізолініями густини тріщин, стереографічні проекції площин систем тріщин, векторні діаграми систем тріщин [2].

В умовах горизонтального та пологого залягання порід, зазвичай, зустрічаються прямовисні чи круті тріщини, тому виділення систем тріщин здійснюється за азимутом  $\alpha$ .

Для побудови рози-діаграми всі вимірювання азимутів простягання тріщин за їх значенням ділимо на класи з кутовим інтервалом  $10^\circ$ . В межах кожного інтервалу знаходимо середнє значення азимута, у відповідності до якого проводимо відрізок, за довжиною рівний в прийнятому масштабі числу вимірів, проведених в даному інтервалі. Масштаб обирається із урахуванням загальної кількості вимірів і необхідної крупності діаграми-рози. Після цього кінці напрямків у всіх інтервалах послідовно сполучаємо прямими, в результаті чого отримуємо пелюстки діаграми. Для створення діаграми, була використана комп'ютерна програма STEREO 9. Графічне відображення наведено на рис. 2.

З діаграми видно, що тріщини простежені у всіх напрямках на родовищі, але в інтервалі від  $1$  до  $10^\circ$  за азимутом простягання кількість замірів найбільша – 72. Ця система найбільше вивчена у північно-східній частині родовища, це пояснюється тим, що там планується видобуток блочної сировини. Тому розвідка проводиться більш детально. При похилому і крутому заляганні орієнтування тріщин визначається азимутом простягання  $\alpha$  та кутом падіння  $\sigma$ . В цих умовах кожна тріщина за умовами залягання, як координатам, зо-

бражується у вигляді точки, а діаграма тріщинуватості називається точковою. За способом побудови точкові діаграми поділяються на кругові і прямокутні. Кругова діаграма являє собою полярну стереографічну або іншу сітку. Для даного родовища вона має вигляд наведений на рис. 3.

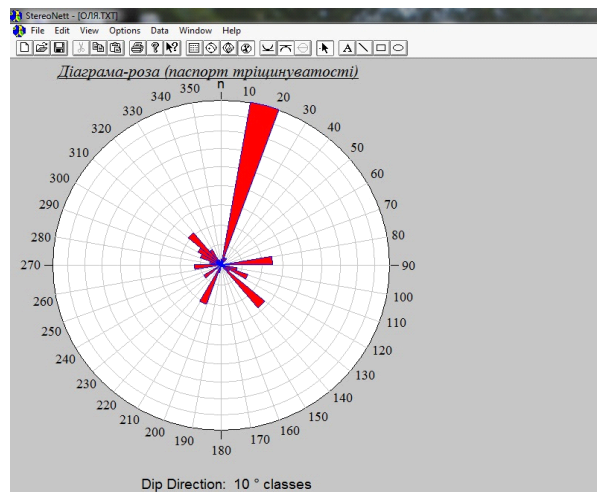


Рис. 2. Діаграма – роза тріщинуватості Лезниківського родовища

Кругова діаграма є також основою для побудови структурної діаграми з ізолініями густини тріщин [1], представлено на рис. 4.

Для цього після нанесення на сітку всіх точок вибираємо розмір статистичного вікна, наприклад,  $20^\circ$  за кутом падіння та  $20^\circ$  за азимутом падіння. В межах кожного вікна визначаємо число точок, які потрапили у відповідне вікно. Після цього визначаємо густину – як відношення числа точок в межах вікна до загальної кількості точок на цій діаграмі у відсотках. Обраховане значення густини підписується у центрі вікна, при цьому вікно переміщують на половину розміру вікна за азимутом і кутом падіння. Після цього на діаграмі будують ізолінії густини тріщин. Центри областей, обмежені ізолініями максимальної густини, відображають найбільш вірогідні елементи залягання систем тріщин, число яких і вираження характеризуються кількістю вершин і густини ізоліній.

За стереографічною проекцією площин можна легко визначити лінію взаємного перетину будь-яких тріщин і елементів її залягання; кут між тріщинами, а також кути між площиною оголення, площиною пласта і кожною системою тріщин, визначити видимі кути падіння площини пласта і тріщин в будь-якому за азимутом вертикальному перерізі.

Кругові діаграми підтверджують той факт, що на родовищі спостерігаються такі системи тріщин, як субгоризонтальна (центр діаграми), субвертикальна (на краях по всьому колу) похилі, повздовжні ( $0-90^\circ$ ) і поперечні ( $90-270^\circ$ ). По густині ізоліній видно, що відстані у кожній системі між тріщинами невеликі, це знижує кількість блоків, або взагалі їх вихід неможливий.

Визначення блочності гранітів проводилось на двох ділянках, а саме Західній в контурі свердловин 57 (1975 р.) і 418 (1986 р.) площею 1,04 га та Східній в контурі свердловин 4, 63, 65, 48 (1975 р.) площею 4,1 га.

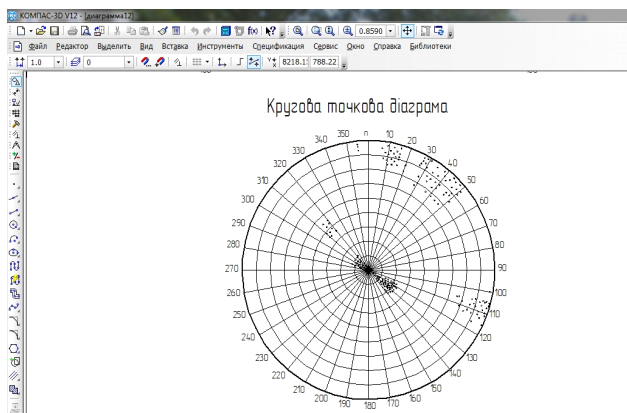


Рис. 3. Кругова точкова діаграма тріщинуватості

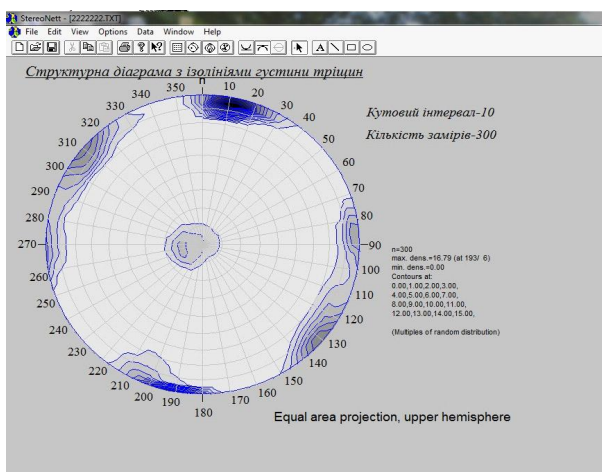


Рис. 4. Структурна діаграма з ізолініями густини тріщин

Суттєвим і визначальним фактором для отримання облицювальної продукції являються розміри видобутих блоків.

Оцінка тріщинуватості граніту і виходу блоків виконувалась за наступними методиками:

- вивчення тріщинуватості граніту в кар'єрі у межах I і III видобувних уступів на Східній і I видобувного уступу на Західній ділянці;
- вивчення тріщинуватості за свердловинами (показник питомої тріщинуватості порід  $U_{mp}$ , який є сумою питомих тріщинуватостей за рахунок субвертикальних, похилих (діагональних), субгоризонтальних тріщин).

При порівнянні даних за виходом блоків, отриманих різними методами видно, що загальний теоретичний вихід блоків приблизно однаковий (75–90 %).

За питомою тріщинуватістю, розрахованою за свердловинами, блоки II–IV класів практично відсутні, в той час, як за відстанню між тріщинами, заміряними в кар'єрі, вихід даних блоків наближається до 50–60 %.

Цей факт пояснюється тим, що керн може бути розбитий при бурінні, а не тріщиною, що значно підвищує питому тріщинуватість. В кар'єрі ж за рахунок техногенних тріщин дуже важко виявити природну тріщинуватість, яка відмічалась лише при 100 % плевненості, у зв'язку з чим частина тріщин могла бути не зафіксована. Мікротріщинуватість в оголеннях практично не фіксується, але при бурінні керн

за ним сколюється. Звичайно, це впливає на розміри блоків.

Якщо усереднити вихід блоків за різними методами, то отримуємо дані, які наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Прогнозований вихід блоків на західній та східній ділянці кар'єру

Клас блоків	Західна ділянка, %	Східна ділянка, %
I	1,0	20
II – III	7,0	20
IV	18,0	9

Блоки V і VI класів не користуються попитом і при вибутку не враховуються.

Фактичний вихід блоків за даними неодноразового їх видобування на Східній ділянці складала:

- в 1983 р. (з загальної гірничої маси 577 м<sup>3</sup>):

II – 2,7 %;

III – 3,1 %;

IV – 0,8 %.

Разом – 6,6 %.

- за період з 1997 до 1999 року (з загальної гірничої маси 5340 м<sup>3</sup>):

I – 0,6 %;

II – 3,07 %;

III – 6,4 %.

Разом – 10 %.

З урахуванням фактичного і прогнозованого виходів за Східною ділянкою на Західній фактичний вихід повинен скласти 5 %.

За даними замірів, а також за результатами робіт попередніх розвідок в кар'єрі виділяють наступні основні системи тріщинуватості:

- субгоризонтальна (пластова) тріщинуватість, кут падіння 0–25°, азимут падіння 35–80°;
- похила (діагональна) тріщинуватість, кут падіння 25–70°, характеризується переважно азимутом падіння 45–84° при кутах падіння 24–30°. Менше виражені тріщини азимут падіння 165–170°, під кутами 66–70°;
- субвертикальна, кут падіння 71–90°, тріщинуватість характеризується
- тріщинами повздовжньої і поперечної систем з азимутами падіння 98–126° і 290–312° (повздовжня) і 228–242° і 36–54° (поперечна).

Поєднання елементів залягання субгоризонтальних і субвертикальних тріщин визначає вихід, дещо косокутних блоків, відхилення від прямокутного 8–12°.

Похилі тріщини діагональної системи призводять до зменшення виходу блоків, але загалом їх роль незначна.

Безпосередні спостереження за відстанями між тріщинами у різних системах ускладнені через порушеність стінок вибухами. Однак було встановлено, що в межах Східної ділянки на I видобувному уступі відстань між поперечними (азимут падіння 35–60° і 210–230°) крутопадаючими тріщинами коливаються від 0,50 і до 2,7 м, в середньому складають 1,0 м; між повздовжніми (азимут падіння 100–130° і 280–310°) – 0,2–2,5 м, в середньому 1,5–2,0 м; між пластовими – 0,6–2,0 м, середня 1,0 м. Діагональні

тріщини відмічені на відстані 0,2–5,0 м одна від одної. На III видобувному уступі (від 170 м) відстань між поперечними (азимут падіння 35–60° і 210–230°) крутопадаючими тріщинами 0,4–2,6 м, середня 1,0–1,5 м, повздовжніми (азимут падіння 100–130° і 280–310°) – 0,5–2,7 м, середня 1,0–1,5; пластовими – 0,5–2,6 м, середня 1,0 м, діагональними 1,0–3,6 м.

В межах Західної ділянки на I видобувному уступі відстань між повздовжніми тріщинами 0,2–2,0 м, середня – 0,7 м; між пластовими 0,3–2,0 м, середня 0,7 м; між поперечними 0,6–2,0 м, середня 1,1–1,2 м. Діагональна тріщинуватість на ділянці замірів тріщин не відмічена.

На обох ділянках, як по кар'єру, так і за даними свердловин спостерігаються ділянки зближення субвертикальних і субгоризонтальних тріщин, де вихід блочної продукції неможливий.

Видобування щебеню за останні 10 років ведеться на третьому видобувному горизонті з перспективою нарізання четвертого горизонту. З 2007 р. роботи ведуться з видобування щебеню в західній частині кар'єру. Блочні ділянки кар'єру виявлені в західній частині та східній частині кар'єру на першому та другому видобувному горизонті. Таким чином вибухові роботи, які направлені на підготовку гірничої маси до виймання мали незначний вплив на нинішній стан тріщинуватості східної блочної ділянки родовища. Вивченість тріщинуватості родовища надає можливість спланувати подальший розвиток гірничих робіт на кар'єрі, а також удосконалити паспорти буровибухових робіт з метою збереження східної блочної ділянки.

## 5. Висновки

Таким чином, основні практичні результати структурних досліджень на Лезниківському родовищі гранітів зводяться до наступного:

- ізометрично-зерниста інтрузія гранітів характеризується чіткою анізотропією, яка пояснюється правильною сіткою прототектонічних (первинних) тріщин;
- просторове розміщення пластових (субгоризонтальних) тріщин визначає макроструктуру розшарованого гранітного масиву в формі куполу з північно-східною протяжністю;
- в межах гранітної інтрузії виділяється природна блочність двох структурних рівнів (мегаблочність і моноблочність). Блочність першого порядку (мегаблоки) визначаються постійною сіткою тріщинних зон двох орієнтацій і крупними пластовими тріщинами. Розміри цих блоків контролюється відстанями між тріщинними зонами (від 20 до 45 м). Блочність другого порядку (всередині мегаблоків) визначається міжтріщинними інтервалами одиночних крупних і середніх за розмірами тріщин і цілого ряду похилих тріщин з північно-східною протяжністю.

З урахуванням декоративних властивостей корисної копалини, масштабності їх прояву, розмірами ділянки найбільш перспективними для подальшої розвідки є сама крайня північно-східна ділянка, де блочні інтервали в раніше пробурених свердловинах представлені красними гранітами, тоді як на інших – рожевими.

Таким чином, за загальними результатами опрацювання тріщинуватості Лезниківських гранітів можна зробити висновок, що вони в значній мірі тріщинуваті, як за рахунок техногенних тріщин, так і природних, а особливо мікротріщин, які впливають на розміри блоків. Необхідно відмітити, що Західна ділянка більш тріщинувата, ніж Східна, тому вихід блоків на ній буде вдвічі меншим.

## Література

1. Антипенко, Г. О. Гірнична геометрія [Текст] / Г. О. Антипенко. – Дніпропетровськ : Видавництво НГА України, 1999. – 265 с.
2. Антипенко, Г. О. Геометризація родовищ корисних копалин [Текст] / Г. О. Антипенко, Т. Г. Ніколаєва. – Дніпропетровськ : Видавництво НГА України, 2002. – 113 с.
3. Букринський, В. А. Геометрия недр [Текст] / В. А. Букринський. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – 549 с.
4. Кузьмин, В. Н. Геометризация и подсчет запасов месторождений твердых полезных ископаемых [Текст] / В. Н. Кузьмин. – М. : Недра, 1967. – 242 с.
5. Рылов, А. П. Горная геометрия [Текст] / А. П. Рылов, Е. П. Тимофеев. – М. : Недра, 1975. – 231 с.
6. Ушаков, И. Н. Горная геометрия : учебник для вузов [Текст] / И. Н. Ушаков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во Недра, 1979. – 440 с.
7. Бакка, Н. Т. Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник [Текст] / Н. Т. Бакка, И. В. Ильченко. – М. : Изд-во Недра, 1992. – 303 с.
8. Бакка, Н. Т. Прогнозирование блочности на месторождениях облицовочных гранитов горногеометрическими методами. Дисс. на соискание степени канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1974. – 166 с.
9. Коробійчук, В. В. Геометризація супутньої корисної копалини в умовах Лезниківського родовища гранітів та гірничо-геометричний аналіз його показників / В. В. Коробійчук, О. О. Кісель, В. А. Стріха. – Вісник Національного університету водного господарства та природокористування / Технічні науки. – 2012. – № 2 (58). – С. 175–184
10. Локальний звіт по перерахунку запасів на ділянках Західна та Східна Лезниківського родовища гранітів, ОАО «Лизниківський граніт» для видобування щебеню і попутно блочного каменю в Володарсько-Волинському районі в Житомирській обл. Книга 1 : Укргеологостром. – 2000. – 180 с.