

С.С. Іськов, к.т.н., доц.  
В.Г. Левицький, к.т.н., доц.  
А.О. Криворучко, к.т.н., доц.  
Г.В. Кірейцева, к.е.н., доц.  
А.Г. Темченко, д.т.н., проф.

Державний університет «Житомирська політехніка»

## Комплексна оцінка тріщинуватості та блочності габро Пшеничного родовища

*Для забезпечення правильної розробки родовища й використання ефективних технологій з видобування каменю потрібно робити комплексну оцінку структурних показників масиву, зокрема, виконувати дослідження поширення тріщин у масиві, орієнтації головних систем тріщин, анізотропних властивостей каменю та надавати прогноз по виходу товарних блоків каменю. За рахунок цього можуть бути досягнуті підвищення ефективності видобування блоків, мінімізація втрат сировини декоративного каменю під час його видобування та підвищення економічності розробки родовища.*

*Для комплексної оцінки тріщинуватості та блочності габро Пшеничного родовища було вивчено документацію по керну 11 розвідувальних свердловин, проведених при розвідці родовища, опрацьовано документацію по кар'єру дослідно-промислового видобування. За результатами обробки початкових даних виконано оцінку тріщинуватості та блочності, побудовано розидіаграми, кругові діаграми та плани тріщинуватості в ізолініях. Виокремлено поширені на родовищі системи тріщин. Оцінка блочності виконувалася за керном розвідувальних свердловин та результатами дослідного видобування блоків.*

**Ключові слова:** тріщини; тріщинуватість; вихід блоків; керн; кругові діаграми тріщинуватості.

**Вступ.** Одними із основних характеристик родовища природного каменю, що визначають його економічну ефективність, є тріщинуватість та блочність масиву корисних копалин. Тріщинуватість родовища (а більш точно – системи тріщин, їх напрямки, кути падіння та частота) визначає максимальний вихід блоків природного каміння з масиву, їх розміри та відповідно комерційну вартість 1 м<sup>3</sup> блоку. Геометричний аналіз і дослідження тріщинуватості масиву дозволяють одержати результати, що забезпечують розробку раціональних способів підготовки облицювальних гірських порід до виймання, обґрунтування параметрів технології і створення комплексів устаткування для добування і обробки блоків, а також дають можливість встановити оптимальне розташування фронту гірничих робіт і напрям їх переміщення щодо розвиненої в масиві тріщинуватості. Якісне вивчення тріщинуватості дозволяє запропонувати заходи щодо збільшення виходу блоків з масиву і зменшення відходів каменю при переробці його на продукцію. Відсоток виходу блоків – блочність – це теоретично можливий вихід з масиву блоків каменю, що відповідають вимогам промисловості, обумовлюється умовами залягання, системою тріщинуватості масиву, текстурою породи і системою розробки. Дані про можливий теоретичний вихід блоків як з масиву родовища, так і з окремих його ділянок потрібно мати для оцінки технологічної придатності порід родовища, вирішення питань проектування і планування гірничих робіт (для складання перспективного і поточного планів розробки).

Показники тріщинуватості масивів – первісні відносно блочності та визначають її. Природні структурні блоки є об'ємними елементами структури масиву, тріщини – площинними, причому системні тріщини є впорядкованими, а несистемні – невпорядкованими елементами структури. Блочність обумовлена умовами залягання, системою тріщинуватості масиву, текстурою породи та системою розробки.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій, на які спираються автори.** Класичне дослідження тріщинуватості виконали Г.Клоос та Р.Болк. Генетична класифікація Р.Болка, що ґрунтується на класифікаційних ознаках Г.Клооса, вважається найбільш придатною класифікацією тріщин для масивів облицювального каменю. Згідно з цією класифікацією тріщини поділяються на повздовжні (тріщини по простяганню) – S (різниця кутів простягання тріщини і площини відслонення або відкосу не більш 20°, розвинені вздовж витягнутості кристалів плагіоклазу – паралельно структурам виливання магми в період її гранітизації), поперечні – Q (різниця кутів простягань більше 70°, направлені приблизно під прямим кутом до повздовжніх), діагональні – D (крутопадаючі тріщини, що азимутально розвинені між системами повздовжніх і поперечних тріщин, різниця кутів простягань в межах 21–70°, це площини сколювання, утворені при стиску, перпендикулярному напрямку лінії течії), і первинно-пластові – L. За величиною кута падіння виокремлюють вертикальні тріщини (75–90°), круті (45–75°), пологі (15–45°), слабонахилені і горизонтальні (0–15°) [9].

Подальшим вивченням тріщинуватості і блочності масивів родовищ облицовального каменю займалися: М.М. Анощенко, Л.І. Барон, М.Т. Бакка, Б.П. Беліков, В.О. Букринський, Ю.Г. Карасьов і багато інших вчених. Їх роботи використовувалися для подальших досліджень удосконалення технології видобування каменю. Закономірний розподіл систем тріщин у масивах родовищ облицовального каменю досліджували М.Т. Бакка [5], Р.В. Соболевський [6, 7] та В.В. Коробійчук [5, 10]. Взаємозв'язок тріщинуватості зі структурними особливостями габроїдних масивів вивчався в роботах А.О. Криворучка [5, 6, 14], С.С. Іськова [6, 9] та В.В. Котенка [13], у їх дослідженнях доведено закономірну зміну інтенсивності тріщин як по площі, так і по глибині покладу. Проектування технології видобувних робіт на родовищах природного каменю здійснюють за середнім показником тріщинуватості та блочності. Розробкою методик визначення виходу блоків облицовального каменю та обґрунтування технологій їх видобування залежно від блочності каменю в різний час займалися М.Т. Бакка [4, 5], Б.П. Беліков, С.О. Жуков, Ю.Г. Карасьов, О.І. Косолапов, В.В. Калюжна, Р.В. Соболевський [1, 6, 8, 14], В.В. Коробійчук [2, 11, 12, 15], В.Г. Левицький [1] та інші.

**Мета дослідження** – оцінка тріщинуватості та блочності масиву гірських порід в умовах родовища габро Пшеничне на основі вивчення тріщинуватості та блочності за керном та за результатами дослідно-промислового видобування габро для подальшого промислового освоєння запасів родовища та поточного і оперативного планування гірничих робіт.

**Викладення основного матеріалу.** Під час розвідки родовища, його геолого-економічної оцінки та проведення кар'єру дослідно-промислового видобування дослідження тріщинуватості та блочності найкраще виконувати гірничо-геометричними методами. При цьому виконується вивчення:

- вертикальних та похилих систем тріщин – за рахунок картування тріщин у вибоях гірничих виробок і природних відслоненнях з подальшим складанням планів, карт і діаграм тріщинуватості;
- первинно-пластової тріщинуватості – переважно за рахунок дослідження керну та стінок свердловин, а також у вибоях гірничих виробок;
- блочності – за результатами спостереження за виходом блочної продукції з кар'єру.

**Метод масових замірів тріщин у вибоях** і оголеннях полягає у вимірюванні основних параметрів тріщин, їх інструментальній прив'язці та подальшій камеральній обробці. При картуванні тріщин вимірюється їх азимут простягання (strike), азимут падіння (dip direction) та кут падіння (dip) (рис. 1). Недоліками методу є висока трудомісткість польових і камеральних робіт, неповне вивчення первинно-пластових тріщин, що не дає можливості в повному обсязі робити висновки про блочність. Тріщини, виявлені у кар'єрі дослідно-промислового видобування, та їх характеристики наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**ЖУРНАЛ**  
**замірів тріщин у кар'єрі дослідно-промислового видобування [8]**

№ з/п	Азимут простягання, °	Азимут падіння, °	Кут падіння, °	Примітка
Заміри тріщин на ділянках дослідних спостережень				
1	95	185	20	Хвиляста
2	95	185	23	Хвиляста
3	95	185	45	Нерівна
4	184	94	88	Хлоритизована
5	186	96	88	Мережа через 10–20 см
6	184	94	86	Хвиляста
7	92	182	88	Хвиляста
8	184	94	10–30	Мережа через 10–40 см
9	184	94	5	Пряма
10	92	182	88	Мережа через 10–20 см
11	184	94	5	Нерівна
12	183	93	5	Закрита, хлоритизована
13	92	182	88	Нерівна
14	184	94	2	Нерівна
15	95	185	90	Хлоритизована
16	92	182	5	Хлоритизована
17	185	95	5	Нерівна
18	185	95	30	Мережа через 10-20 см
19	185	95	90	Пряма
20	92	182	0	Пряма
21	184	94	30–40	Мережа через 20–30 см
22	184	94	90	Нерівна
23	92	182	0	Пряма
24	185	95	90	Закрита, хлоритизована

При вивченні тріщинуватості накопичується велика кількість даних, тому обов'язково виконується їх камеральна (статистична і графічна) обробка. Найпоширенішими прийомами графічного відображення тріщин є їх відображення у вигляді кругових діаграм (зокрема роз тріщинуватості), планів і карт тріщинуватості. Обробка результатів виконувалася за допомогою InnStereo beta6, OpenStereo 0.1.2f.

**Рози-діаграми тріщинуватості** використовуються переважно при горизонтальному та пологому заляганні порід (коли основні системи тріщин – круглі), вони дозволяють виокремити основні системи тріщин і оцінити їх просторове положення та кількість тріщин в  $10^\circ$  інтервалах, визначити середніх азимутів простягання систем. За масштабом векторів можна судити про число вимірів для кожної системи. Недоліком таких діаграм є те, що в них не враховуються кути нахилу тріщин, оскільки всі тріщини розподіляються лише за азимутом простягання чи азимутом падіння. На розі-діаграмі, побудованій для родовища габро Пшеничне (рис. 2, а), чітко виділяються дві практично взаємно перпендикулярні системи тріщин: з азимутами падіння в інтервалах  $90\text{--}100^\circ$  і  $180\text{--}190^\circ$ . За кутами падіння також чітко виділяються субгоризонтальні (з кутом нахилу  $0\text{--}10^\circ$ ) та вертикальні та субвертикальні (з кутом нахилу  $80\text{--}90^\circ$ ) системи тріщин (рис. 2, б, рис. 3), а кількість похилих тріщин, які можуть зменшити вихід блоків, незначна.

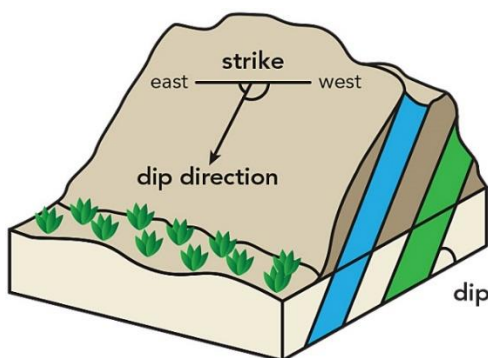


Рис. 1. Основні параметри тріщини [3]

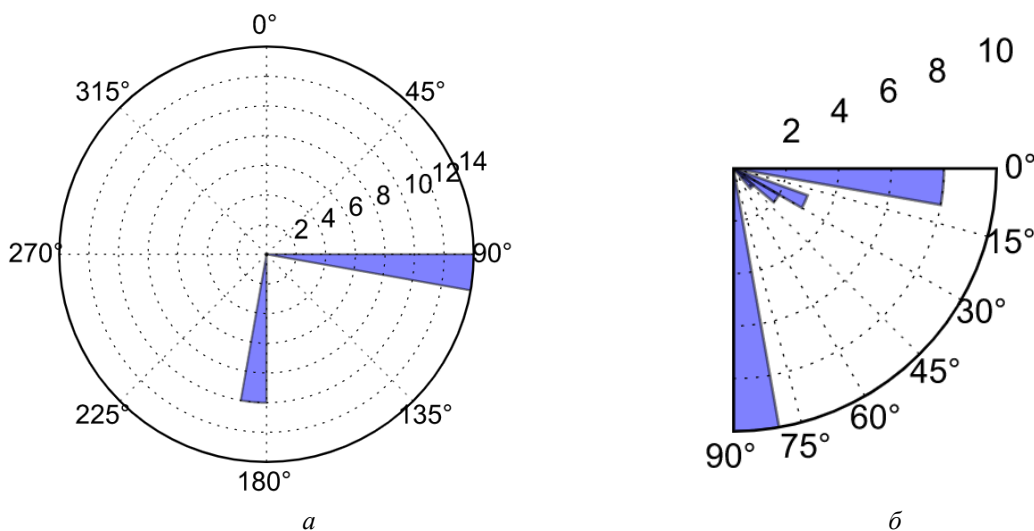


Рис. 2. Розі-діаграми тріщинуватості, побудовані за азимутами падіння (а) і кутами падіння (б) тріщин

На **кругових точкових діаграмах тріщинуватості**, побудованих, наприклад, за допомогою рівноплощинної **сітки Вальтера – Шмідта** (рис. 4, а) чи рівнокутової **сітки Вульфа** (рис. 4, б), кожна тріщина відкладається за елементами залягання (азимутом і кутом падіння) як за координатами. Перевагами цих діаграм є наочність зображення, можливість кількісної оцінки тріщин різного напрямку і порівняння діаграм, побудованих для різних родовищ і ділянок одного родовища. Ці діаграми легко трансформувати у кругові діаграми з ізолініями щільності тріщин (рис. 4, в, г), на яких добре розрізняються максимуми, що і показують поширені на родовищі системи тріщин. Кутові відстані між максимумами дозволяють оцінити форму природних блоків.

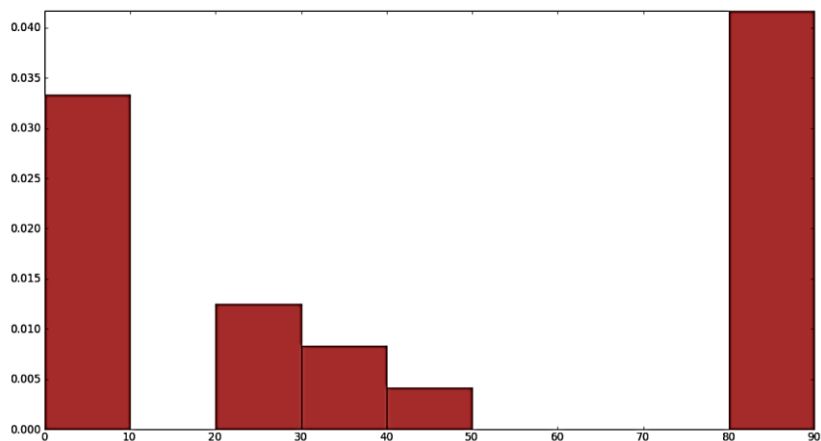


Рис. 3. Діаграма (гістограма) розподілу тріщин за кутами падіння

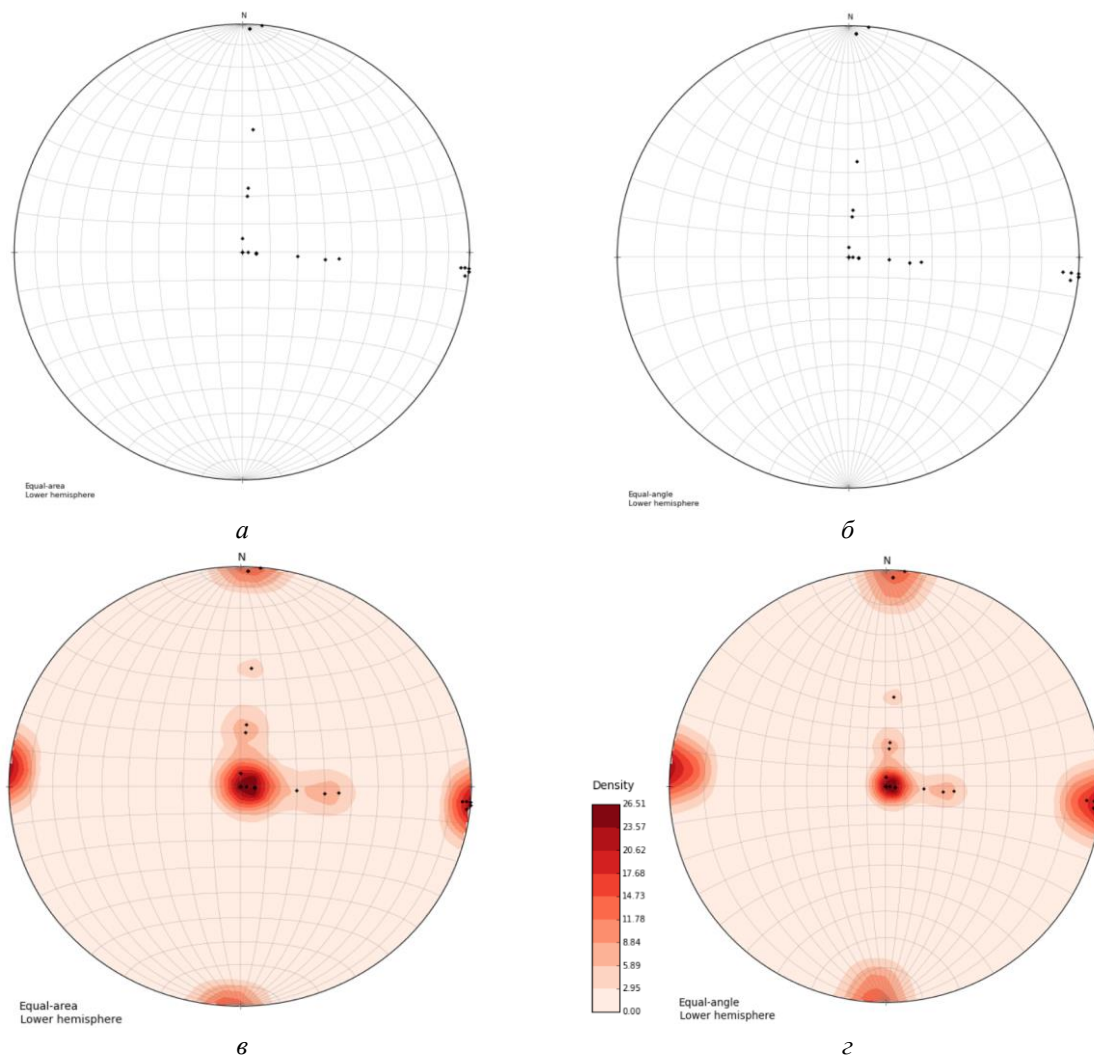


Рис. 4. Кругові діаграми тріщинуватості: точкові (а, б) та в ізолінях (в, г), побудовані на сітці Вальтера – Шмідта (а, в) та сітці Вульфа (б, г) за азимутами падіння і кутами падіння тріщин

Кругові діаграми тріщинуватості дозволяють виокремити на родовищі габро Пшеничне такі системи тріщин:

- I система – вертикальні крутопадаючі тріщини з кутами падіння 88–90°, з азимутом падіння 92–95° та азимутами простягання 182–185°;
- II система – ветрикальні крутопадаючі тріщини з кутами падіння 86–88°, азимутами падіння 182–185° та субвертикальні з азимутами простягання 184–186° через 0,1–0,3 м;
- L – первинно-пластова (горизонтальна) система тріщин.

Діагональні тріщини з азимутом падіння 30–40° зустрічаються рідко, мають протяжність до 3 м.

Кути між головними системами тріщин, як можна побачити з діаграм, майже прямі. Найкращим з точки зору виходу блоків є випадок, за якого тріщини утворюють не більше трьох максимумів, кути між якими наближаються до 90°. Це дозволяє отримати на кар’єрі блоки, близькі за формою до паралелепіпеда.

**Вивчення тріщинуватості за керном**, отриманим при проходці розвідувальних свердловин колонкового буріння, полягає в дослідженні отриманого в результаті буріння керну: замальовуванні природних тріщин, виявлених у керні по усіх інтервалах підйому, визначенні елементів їх залягання та вимірюванні відстаней між тріщинами (тобто довжин непорушених стовпчиків керну) (рис. 5). У процесі буріння керн підлягає додатковому подрібненню, тому утворюються штучні тріщини, які важко відрізнити від природних. Головними є субгоризонтальні тріщини, які характеризуються нерівними стінками та озалізненням по площинах, також виділялись окремі притерті тріщини, що мали ознаки озалізнення та хлоритизації.

**Ж У Р Н А Л**  
**замірів тріщин по свердловинах,**  
**що пробурені на родовищі габро Пшеничне**

№ з/п	Глибина залягання тріщин	Інтервал зон дроблення	Кут нахилу тріщин по відношенню до осі буріння			Відстань між тріщинами, см		Характер тріщин
			верт. 0-14°	похил. 15-74°	гор. 75-90°	до 20	понад 20	
Свердловина № 1 (габро з 10,7 м)								
	10,70							
1	11,10				90		40	відкр./озалізн.
2	11,34				85		24	відкр./озалізн.
3	11,49				80	15		відкр./хлорит.
4	11,65				85	16		відкр./хлорит.
5	11,98				90		33	відкр./хлорит.
6	12,42				80		44	відкр./озалізн.
7	12,93				85		51	відкр./хлорит.
8	13,93				85		100	відкр./хлорит.
9	14,28				80		35	відкр./хлорит.
10	14,56				90		28	відкр./хлорит.
11	15,33				80		77	відкр./хлорит.
12	15,74				85		41	відкр./хлорит.
13	16,03				90		29	відкр./хлорит.
14	16,41				85		38	відкр./хлорит.
15	16,91				80		50	відкр./хлорит.
16	17,33				85		42	відкр./озалізн.
17	17,64				90		31	відкр./озалізн.
18	17,81				85	17		відкр./хлорит.
19	18,06				80		25	відкр./хлорит.
20	19,05				80		99	відкр./хлорит.
21	19,35				90		30	відкр./хлорит.
22	19,79				80		44	відкр./хлорит.
23	20,42				85		63	відкр./хлорит.
24	21,09				90		67	відкр./хлорит.
		21,96-22,16						Зона дроблення керн розміром, менше 1 см

Рис. 5. Фрагмент журналу замірів тріщин по свердловинах на родовищі габро Пшеничне [8]

По керну визначалися такі показники тріщинуватості:

- **модуль тріщинуватості** – кількість субгоризонтальних і похилих тріщин по корисній копалині на 1 м свердловини:

$$n_{тр} = \frac{n}{l}, \quad \text{м}^{-1}, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість субгоризонтальних і похилих тріщин, виявлених у керні свердловини;

$l$  – довжина керну свердловини по корисних копалинах, м;

- **питома лінійна тріщинуватість** – середня відстань між тріщинами однієї і тієї ж системи, рівна відношенню загальної довжини  $S_k$  всіх ділянок за вимірюваним напрямом (потужність корисних копалин по осі керну), до числа  $N_k$  цих ділянок (стовпчиків керну) між субгоризонтальними тріщинами:

$$d = \frac{S_k}{N_k} = \frac{l}{(n - 1)}, \quad \text{м}. \quad (2)$$

Ці показники приймаються як основні при оцінці блочності, класифікації природної окремоті за формами і розмірами структурних блоків, класифікації скельного розкриву за складністю його відробки, районуванні ділянок кар’єрного поля по структурній окремоті і природній тріщинуватості, обґрунтовуванні параметрів технології добування блоків.

Результати розрахунку цих показників для родовища габро Пшеничне наведено в таблиці 2. З даних таблиці видно, що середня відстань між тріщинами по родовищу становить 0,52 м. Побудовані за модулем тріщинуватості (рис. 6) та питомою лінійною тріщинуватістю (рис. 7) плани в ізолініях показують незначне підвищення тріщинуватості у східній частині родовища. Побудова планів в ізолініях

виконувалася за допомогою Surfer 15. Відповідно до класифікації гірських порід М.Т. Бакка за тріщинуватістю (табл. 3) родовище знаходиться на межі між II (сильнотріщинуваті (середньоблочні)) та III (середньотріщинуваті) категоріями.

Таблиця 2

Результати визначення модуля тріщинуватості [8]

Номер свердл.	Розкрита потужність корисної копалини, м	Розподіл природних тріщин за їх кількістю та кутом нахилу			Модуль тріщинуватості, м <sup>-1</sup>	Питома лінійна тріщинуватість, м
		0-15°	16-75°	76-90°		
1	23,4	47	-	-	2,01	0,509
2	22,9	38	-	-	1,66	0,619
4	23,4	44	-	-	1,88	0,544
5	20,0	41	-	1	2,05	0,500
6	13,20	26	-	1	1,97	0,528
7	18,50	35	-	-	1,89	0,544
9	12,40	27	-	-	2,18	0,477
10	15,50	34	-	1	2,19	0,470
11	16,50	37	-	-	2,24	0,458
<b>Сума</b>	<b>164,9</b>	<b>329</b>	<b>0</b>	<b>3</b>		
<b>Середнє</b>		<b>36,56</b>	<b>0,0</b>	<b>0,34</b>	<b>2,00</b>	<b>0,519</b>
<b>Відсоток</b>		<b>99,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,9</b>		

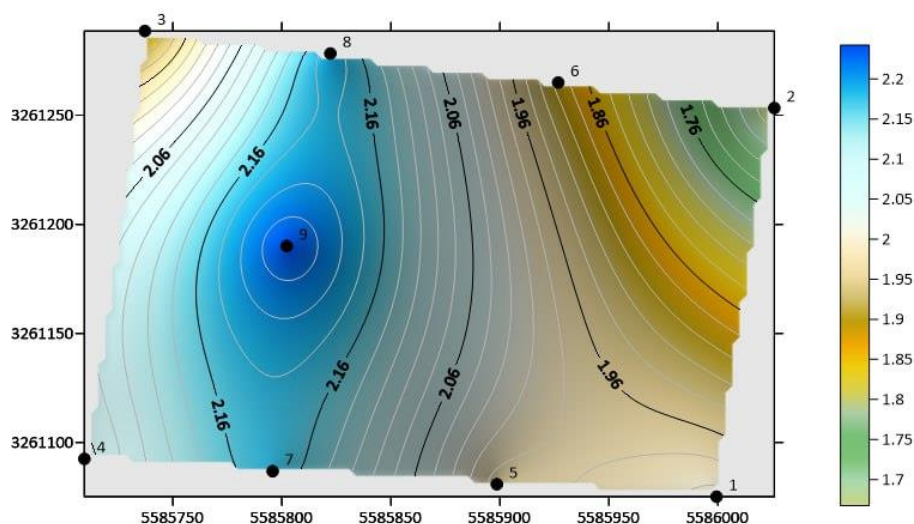


Рис. 6. План модуля тріщинуватості габро в ізолінях (за керном 11 свердловин)

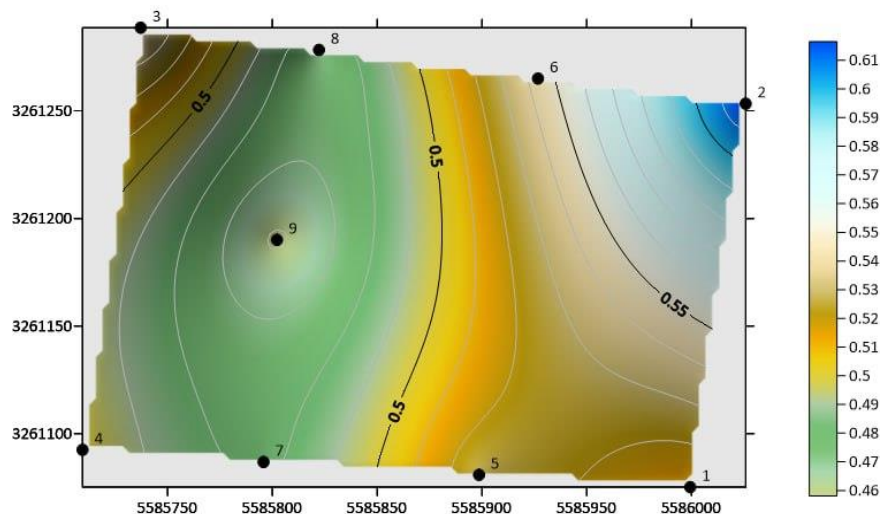


Рис. 7. План питомої лінійної тріщинуватості габро в ізолінях (за керном 11 свердловин)

## Класифікація гірських порід Бакка М.Т. за тріщинуватістю

Категорія за тріщинуватістю	Ступінь тріщинуватості (блочності) масиву	Середня відстань між тріщинами, м	Модуль тріщинуватості, м <sup>-1</sup>
I	Надзвичайно тріщинуваті (малоблочні)	до 0,1	більше 10
II	Сильнотріщинуваті (середньоблочні)	0,1–0,5	10–2
III	Середньотріщинуваті (великоблочні)	0,5–1	2–1
IV	Малотріщинуваті (дуже великоблочні)	1–1,5	1–0,65
V	Практично монолітні (виключно великоблочні)	більше 1,5	до 0,65

Вивчення тріщинуватості за керном дозволяє ще на стадії розвідки оцінити теоретичний вихід блоків з масиву за відсотковим виходом стовпчиків керну. Оскільки свердловини колонкового буріння розкривають лише горизонтальні та слабонахилені тріщини (вертикальні і похилі тріщини майже не потрапляють у керн, наприклад, по 11 свердловинах родовища габро Пшеничне лише 3 тріщини з 332 (тобто 0,9 %) є вертикальними (табл. 2)), і за керном можна визначити лише один розмір блоку (по осі керну – висоту), то звичайно приймають, що у всіх трьох напрямках відстань між тріщинами є однаковою, а блок має кубічну форму з трьома рівнозначними ребрами. Тому теоретичний вихід блоків з масиву буде прямопропорційний загальній сумі довжин стовпців керну розміром не менше за 20 см, отриманих з 1 м керну, та обернено пропорційний кількості таких стовпчиків на 1 м буріння.

Тобто теоретичний вихід блоків з масиву **B** можна знайти за формулою (3):

$$B = K \frac{L_1}{n_k} a, \quad \% \quad (3)$$

де **K** – коефіцієнт виходу блоку з блочного каменю з урахуванням втрат при його обробці, для родовища габро Пшеничне приймається **K** = 0,33;

**L<sub>1</sub>** – сумарна довжина стовпчиків керну розміром не менше за 20 см на 1 м буріння, м;

**n<sub>k</sub>** – кількість стовпчиків керну розміром більше за 20 см на 1 м буріння;

**a** – вихід керну у вигляді стовпчиків довжиною не менше 20 см (%).

Результати розрахунку теоретичного виходу блоків родовища габро Пшеничне наведені у таблиці 4, в середньому для родовища блочність становить 28,8 %. Розрахований за керном вихід блоків практично не змінюється в межах покладу (рис. 8), що виключає необхідність його районування за блочністю.

Таблиця 4

## Теоретичний вихід блоків габро на родовищі Пшеничне по окремих свердловинах [8]

Номер свердл.	Пройдено по корисній копалині, м		Розкрита потужність корисної копалини, м	Характеристика стовпчиків керну висотою не менше за 20 см			Теоретичний вихід блоків, %
	від	до		кількість загальна довжина, м	середня висота, см	% від проходки	
1	10,70	33,20	23,40	47/19,49	41	83,29	27,8
2	9,40	32,30	22,90	53/20,43	39	89,21	29,7
4	8,40	31,80	23,40	59/19,91	34	85,09	28,4
5	9,60	29,60	20,00	50/15,99	32	79,95	26,7
6	12,50	25,70	13,20	32/11,04	36	83,64	27,9
7	8,20	26,70	18,50	47/16,42	35	88,76	29,6
9	12,50	24,90	12,40	37/10,93	30	88,15	29,4
10	10,90	26,40	15,50	44/13,81	34	89,10	29,7
11	13,90	30,40	16,50	39/14,70	38	89,09	29,70
<b>Всього</b>	-	-	<b>164,90</b>	<b>408/142,72</b>	-	-	-
<b>Середнє</b>	-	-	-	-	<b>35</b>	<b>86,25</b>	<b>28,8</b>

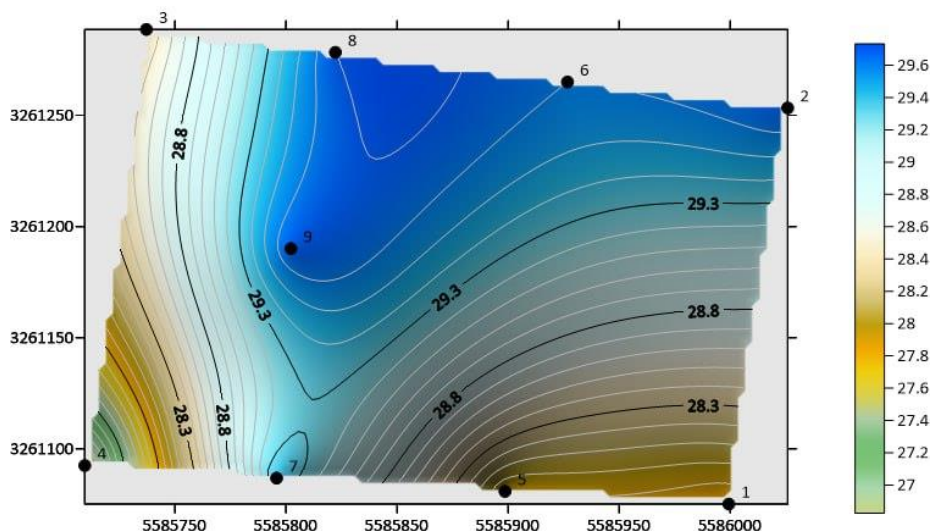


Рис. 8. План ізоблочності габро родовища Пшеничне (за керном свердловин)

Для визначення виходу блоків та їх розподілу за групами на родовищі у 2019 році був проведений кар'єр дослідно-промислового видобування. Всього на ньому було видобуто 2620 м<sup>3</sup> незміненого габро, з якого було отримано 741 природний блок загальним об'ємом 660,14 м<sup>3</sup> (25,2 %) (табл. 5), які повністю відповідають вимогам ДСТУ Б EN 1467:2007 «Будівельні матеріали. Камінь природний. Блоки необроблені. Вимоги» (EN 1467:2003, IDT).

Таблиця 5

Вихід блоків габро по кар'єру дослідно-промислового видобування [8]

Група блоків	Кількість, шт.	Загальний об'єм, м <sup>3</sup>	Відсоток (%)	Вихід блоків з гірничої маси, %
III (> 2,0 до 3,5 м <sup>3</sup> )	23	55,02	8,33	2,10
IV (> 1,0 до 2,0 м <sup>3</sup> )	229	305,61	46,29	11,66
V (> 0,7 до 1,0 м <sup>3</sup> )	191	157,10	23,80	6,00
VI (> 0,01 до 0,7 м <sup>3</sup> )	298	142,41	21,57	5,44
<b>Разом:</b>	<b>741</b>	<b>660,14</b>	<b>100</b>	<b>25,20</b>

Порівняння значень теоретичного виходу блоків, визначених різними методами, показує їх близькі значення між собою (табл. 6). Метод визначення блочності за стовпчиками керну не враховує діагональні тріщини. Найбільш достовірним вважається метод дослідного видобування, однак його результати є точними лише для ділянки, яка досліджувалася, та аналогічних за умовами залягання і тріщинуватістю. Фактичний вихід блоків на родовищі при його промисловій розробці дещо менший і становить 20 %.

Таблиця 6

Порівняльна таблиця показників блочності

№ з/п	Метод визначення показника блочності	Показник блочності, %		
		мінімальний	максимальний	середній
1	Дослідного видобування (при проходці кар'єру дослідно-промислового видобування)	–	–	25,20
2	Вивчення непорушених стовпчиків керну довжиною не менше за 20 см	26,7	29,7	28,8
3	Фактичний вихід блоків з кар'єру	–	–	20

**Висновки.** На родовищі габро Пшеничне поширені такі основні системи тріщин: I – система вертикальних крутопадаючих тріщин (кути падіння 88–90°, азимути падіння 92–95°, азимути простягання 182–185°), II – система ветрикальних крутопадаючих (кути падіння 86–88°, азимути падіння 182–185°) та субвертикальних (азимути простягання 184–186°), первинно-пластова (горизонтальна) система тріщин.



Діагональні тріщини з азимутом падіння 30–40° зустрічаються рідко. Кути між головними системами тріщин майже прямі, що дозволяє отримати на кар'єрі блоки, близькі за формою до паралелепіпеда.

Отримані значення параметрів різних систем тріщин можна використовувати як для загальної оцінки основних параметрів тріщинуватості масиву декоративного каменю, так і для проектування гірничих робіт. Наприклад, переміщення фронту гірничих робіт кар'єра має збігатися чи знаходитися під кутом 90° до азимуту простягання самої розвиненої системи вертикальних тріщин масиву, а відокремлення блоків має здійснюватися так, щоб їх довга сторона збігалася за напрямом з азимутами та кутами падіння цієї системи тріщин [2, 4, 6]. Тому для окремих ділянок родовища є доцільним коригування напрямів ведення гірничих робіт, зокрема площини відокремлення блоків від масиву, з урахування поширення тріщин.

Розрахунок блочності за дослідним видобуванням (25,2 %) та стовпчиками керну (сер. 28,8) дав близькі результати, значення блочності відповідає категорії масиву за тріщинуватістю відповідно до класифікації М.Т. Бакка, воно знаходиться на межі між II (сильнотріщинуваті (середньоблочні)) та III (середньотріщинуваті) категоріями. Розрахований за керном вихід блоків практично не змінюється в межах покладу, що виключає необхідність його районування за блочністю. Інформація про вміст у масиві блоків різних груп дозволяє прогнозувати результати подальшої розробки ділянки на блочний камінь; дані про просторове розміщення і вихід блоків з масиву потрібно враховувати при виборі елементів системи розробки, при плануванні об'ємів добування блоків і виробництва блочної продукції.

#### Список використаної літератури:

1. *Levytskyi V.* The optimization of technological mining parameters in a quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement / *V.Levytskyi, R.Sobolevskyi, V.V. Korobiiichuk* // Rudarsko-geološko-naftni zbornik. – 2018. – Vol. 33, № 2. – P. 83–90.
2. *Peculiarities of natural stone extraction technology with the help of diamond wire machines / I.Korobiichuk, V.Korobiichuk, S.Iskov and other* // 16 th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining (Albena, Bulgaria, 30.06-6.07.2016), Book 2. Exploration and mining mineral processing. – 2016. – Vol. 2. – P. 649–656.
3. *Price M.* Strike It Rich with Maplex. Labeling oriented structure point labels in ArcGIS 10.1 / *M.Price* // esri.com. – Winter 2013. – P. 42–47.
4. *Бакка М.Т.* Гірничо-геометричне планування гірничих робіт на родовищах облицювального каменю для збільшення коефіцієнту виходу блочної сировини / *М.Т. Бакка, В.В. Котенко* // Вісник КТУ. – Кривий Ріг. – 2005. – Вип. 9. – С. 20–23.
5. *Бакка М.Т.* Розробка та обґрунтування методики геометризації структурних та якісних показників для родовищ та масивів природного каменю / *М.Т. Бакка, А.О. Криворучко, А.О. Коробійчук* // Форум гірників : матеріали конференції. – Дніпропетровськ : НГУ, 2006. – С. 206–209.
6. *Визначення оптимального напрямку ведення гірничих робіт при видобуванні блоків з природного каменю / А.О. Криворучко, В.В. Коробійчук, Р.В. Соболевський та ін.* // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Сер. : Технічні науки. – 2016. – № 3 (78). – С. 150–163.
7. *Врахування анізотропії структурних показників покладів декоративного каменю при виборі раціонального напрямку розвитку гірничих робіт / Р.В. Соболевський, С.С. Іськов, О.В. Камських та ін.* // Технічна інженерія. – 2020. – № 1 (85). – С. 226–234.
8. *Геолого-економічна оцінка родовища габро Пшеничне у Коростишівському районі Житомирської області : звіт про розвідку родовища твердих корисних копалин / геопроф. відп. вик. Т.С. Геращенко, вик. С.І. Шаріков, А.Ю. Ольшевська.* – К., 2019. – 208 с.
9. *Іськов С.С.* Геометризація якісних показників покладів гранітоїдних і габроїдних декоративних каменів : дис. ... к.т.н. : 05.15.01 / *С.С. Іськов.* – Житомир : Житомир. держ. технол. ун-т., 2008. – 202 с.
10. *Коробійчук В.В.* Дослідження тріщинуватості лезниківського родовища гранітів з перспективою видобутку блочної продукції / *В.В. Коробійчук* // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 6 (5). – С. 23–27.
11. *Коробійчук В.В.* Розробка наукових основ технології супутнього видобування блоків в умовах щебеневих гранітних кар'єрів : дис. ... д.т.н. : 05.15.03 / *В.В. Коробійчук.* – Київ, 2018. – 340 с.
12. *Коробійчук В.В.* Удосконалення системи поточного планування видобування блоків природного каменю / *В.В. Коробійчук* // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Сер. : Технічні науки. – 2012. – Т. 1, № 3 (62). – С. 122–125.
13. *Котенко В.В.* Розробка методики оцінки кількісних і якісних параметрів лабрадоритових покладів з метою їх геометризації : дис. ... к.т.н. : 05.15.01 / *В.В. Котенко.* – Житомир : Житомирський держ. технологічний ун-т., 2007. – 219 с.
14. *Криворучко А.О.* Обґрунтування методики геометризації габроїдних порід на основі визначення та оцінки показників структури та декоративності : дис. ... к.т.н. : 05.15.01 / *А.О. Криворучко.* – Житомир : Житомирський держ. технологічний ун-т., 2006. – 233 с.
15. *Обґрунтування методики вибору напрямку ведення гірничих робіт для дискових машин / Р.В. Соболевський, В.В. Мамрай, В.В. Коробійчук та ін.* // Вісник ЖДТУ. Сер. : Технічні науки. – 2019. – Вип. 2 (84). – С. 166–175.

## References:

1. Levytskyi, V., Sobolevskiy, R. and Korobiichuk, V.V. (2018), «The optimization of technological mining parameters in a quarry for dimension stone blocks quality improvement based on photogrammetric techniques of measurement», *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, Vol. 33, No. 2, pp. 83–90.
2. Korobiichuk, I., Korobiichuk, V., Iskov, S. et al. (2016), «Peculiarities of natural stone extraction technology with the help of diamond wire machines», *16 th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining (Albena, Bulgaria, 30.06-6.07.2016)*, Book 2. *Exploration and mining mineral processing*, Vol. 2, pp. 649–656.
3. Price, M. (2013), «Strike It Rich with Maplex. Labeling oriented structure point labels in ArcGIS 10.1», *esri.com*, Winter, pp. 42–47.
4. Bakka, M.T. and Kotenko, V.V. (2005), «Hirnycho-heometrychne planuvannya hirnychkykh robot na rodovyshchakh oblytsiuvalnoho kameniu dlia zbilshennia koefitsiientu vykhodu blochnoi syrovyny», *Visnyk KTU*, Kryvyi Rih, Issue 9, pp. 20–23.
5. Bakka, M.T., Kryvoruchko, A.O. and Korobiichuk, A.O. (2006), «Rozrobka ta obgruntuvannya metodyky heometryzatsii strukturykh ta yakisnykh pokaznykiv dlia rodovyshch ta masyviv pryrodnoho kameniu», *Forum hirnykiv: materialy konferentsii*, NHU, Dnipropetrovsk, pp. 206–209.
6. Kryvoruchko, A.O., Korobiichuk, V.V., Sobolevskiy, R.V. et al. (2016), «Vyznachennia optymalnoho napriamku vedennia hirnychkykh robot pry vydobuvanni blokiv z pryrodnoho kameniu», *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Ser. Tekhnichni nauky*, No. 3 (78), pp. 150–163.
7. Sobolevskiy, R.V., Iskov, S.S., Kamskykh, O.V. et al. (2020), «Vrakhuvannya anizotropii strukturykh pokaznykiv pokladiv dekoratyvnoho kameniu pry vybori ratsionalnoho napriamku rozvytku hirnychkykh robot», *Tekhnichna inzheneriia*, No. 1 (85), pp. 226–234.
8. *Heoloho-ekonomichna otsinka rodovyshcha habro Pshenychnie u Korostyshivskomu raioni Zhytomyrskoi oblasti* (2019), zvit pro rozvidku rodovyshcha tverdykh korysnykh kopalyn, heoprof. vidp. vyk. Herashchenko, T.S., vyk. Sharikov, S.I. and Olshevska, A.Iu. (ed), K., 208 p.
9. Iskov, S.S. (2008), *Heometryzatsiia yakisnykh pokaznykiv pokladiv hranitoidnykh i habroidnykh dekoratyvnykh kameniv*, PhD Thesis of dissertation, 05.15.01, Zhytomyr. derzh. tekhnol. un-t., Zhytomyr, 202 p.
10. Korobiichuk, V.V. (2013), «Doslidzhennia trishchynuvatosti leznykivskoho rodovyshcha hranitiv z perspektyvoiu vydobutku blochnoi produktsii», *Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii*, No. 6 (5), pp. 23–27.
11. Korobiichuk, V.V. (2018), *Rozrobka naukovykh osnov tekhnolohii suputnoho vydobuvannya blokiv v umovakh shchebenevykh hranitnykh karieriv*, DSc Thesis of dissertation, 05.15.03, Kyiv, 340 p.
12. Korobiichuk, V.V. (2012), «Udoskonalennia systemy potochnoho planuvannya vydobuvannya blokiv pryrodnoho kameniu», *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu, Ser. Tekhnichni nauky*, Vol. 1, No. 3 (62), pp. 122–125.
13. Kotenko, V.V. (2007), *Rozrobka metodyky otsinky kilkisnykh i yakisnykh parametriv labradorytovykh pokladiv z metoiu yikh heometryzatsii*, PhD Thesis of dissertation, 05.15.01, Zhytomyrskiy derzh. tekhnolohichnyi un-t., Zhytomyr, 219 p.
14. Kryvoruchko, A.O. (2006), *Obgruntuvannya metodyky heometryzatsii habroidnykh porid na osnovi vyznachennia ta otsinky pokaznykiv struktury ta dekoratyvnosti*, PhD Thesis of dissertation, 05.15.01, Zhytomyrskiy derzh. tekhnolohichnyi un-t., Zhytomyr, 233 p.
15. Sobolevskiy, R.V., Mamrai, V.V., Korobiichuk, V.V. et al. (2019), «Obgruntuvannya metodyky vyboru napriamu vedennia hirnychkykh robot dlia dyskovykh mashyn», *Visnyk ZhDTU. Ser. Tekhnichni nauky*, Issue 2 (84), pp. 166–175.

**Іськов** Сергій Станіславович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<http://orcid.org/0000-0002-9618-489X>.

Наукові інтереси:

- проектування гірничих підприємств;
- геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин;
- маркшейдерська справа.

E-mail: [serga.iskov@ztu.edu.ua](mailto:serga.iskov@ztu.edu.ua).

**Левіцький** Володимир Григорович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-3892-5848>.

Наукові інтереси:

- проектування гірничих підприємств;
- геолого-економічна оцінка родовищ корисних копалин;
- маркшейдерська справа.

E-mail: [v.levytskyi@ztu.edu.ua](mailto:v.levytskyi@ztu.edu.ua).

**Криворучко** Андрій Олексійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри маркшейдерії Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0003-3332-2631>.

Наукові інтереси:

- геометрія надр;
- видобування блочного каменю;
- геолого-економічна оцінка рудних та нерудних родовищ корисних копалин.

E-mail: km\_kao@ztu.edu.ua.

**Кірейцева** Ганна Вікторівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка».

<https://orcid.org/0000-0002-1055-1784>.

Наукові інтереси:

- екологічний менеджмент та аудит;
- економіка природокористування.

E-mail: gef\_kgv@ztu.edu.ua.

**Темченко** Анатолій Георгійович – доктор технічних наук, професор кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. М.Т. Бакка Державного університету «Житомирська політехніка».

Наукові інтереси:

- енергозберігаючі технології відкритої розробки залізорудних родовищ.

E-mail: temchenko\_oa50@ukr.net.

**Iskov S.S., Levytskyi V.G., Kryvoruchko A.O., Kireitseva G.V., Temchenko A.G.**

**A comprehensive assessment of the fracturing and blockiness of the gabbro of the Pshenychne deposit**

In order to ensure the correct development of the deposit and to use the effective technologies for stone extraction, it is necessary to carry out a comprehensive assessment of the structural properties of the massif, in particular, to perform a study of the distribution of cracks in the massif, the orientation of the main systems of crack, the anisotropic properties of the stone, and to provide a forecast for the output of marketable blocks of stone. Systems of cracks widespread in the deposit have been determined. At the same time, it allows increasing the efficiency of blocks extraction, minimizing the loss of decorative stone and increasing the economy of deposit development.

In order to comprehensively evaluate the fracturing and blockiness of the gabbro of the Pshenychne deposit, the documentation of the core of 11 exploratory wells conducted during the exploration of the deposit was studied, and the documentation of the exploratory and industrial mining was developed. Based on the results of processing the initial data, an assessment of fracturing and blockiness was performed, rose diagrams, circular diagrams and plans of fracturing in isolines were constructed. The evaluation of blockiness was carried out based on the core of exploratory wells and the results of experimental extraction of blocks.

**Keywords:** cracks; fracturing; output of block; core; circular diagrams of fracturing.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2023.