

А.О. Криворучко, к.т.н., доц.
О.О. Кісель, асист.
С.С. Іськов, асист.

Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ АНІЗОТРОПІЇ КАМЕНЮ НА ОПТИМІЗАЦІЮ ПРОЦЕСУ ПІДГОТОВКИ МАСИВУ ДО ВИЙМАННЯ

Розглянуто вплив анізотропних властивостей масиву на процеси видобування блочного декоративного каменю, наведено методику визначення анізотропності високоміцних інтрузивних порід з використанням сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій.

Постановка проблеми. Підвищення якості блоків, зменшення втрат і відходів каменю при його видобуванні й переробці, зменшення працемісткості процесу видобування блочного декоративного каменю з масиву залишаються досить актуальними питаннями в наш час.

Всім магматичним породам притаманні анізотропні властивості, які змінюються в межах родовища (як по площі, так і по глибині залягання покладу), що призводить до зміни технологічних схем та технологічних параметрів видобувних комплексів. Відсутність же достовірної інформації про анізотропні властивості породи не дозволяє здійснювати проектування ефективних схем та визначення раціональних параметрів відділення монолітів від масиву та розколювання їх на блоки. Це, в свою чергу, зумовлює значні нерівності сколу граней блоків, а отже знижується якість блочної сировини та підвищується трудомісткість процесу видобування (бо виникає необхідність додаткового пасерування блоків). А як наслідок – знижується коефіцієнт виходу блоків і підвищується працемісткість процесу видобування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цим питанням у свій час займався О.Болат [3], А.А. Музирів [4], які пропонували визначати та прогнозувати анізотропію з використанням оптичних методів, однак використання мікроскопа та складність виготовлення шліфа для аналізу не дозволяє широко застосовувати дану методику. У роботах М.Т. Бакка [1, 2] визначені характерні напрями анізотропії для гранітів та габроїдних порід за допомогою вимірювання нерівностей сколу.

Мета даної статті. Основними причинами розубожіння каменю є відсутність на кар'єрах оптимізації розколювання моноліту на блоки, недостатнє вивчення структурних анізотропних властивостей каменю і виконання робіт по його розколюванню без врахування оптимальних напрямків розколювання. Існуюча практика видобування блочних гранітів та інших схожих з ним порід не має відповідних рекомендацій з вибору оптимальних напрямків розколу каменю при підготовці його до виймання і базується на досвіді кольщиків. Розв'язанню задачі може сприяти вивчення взаємозв'язку анізотропних властивостей магматичних порід й інших порід з їх структурно-текстурними особливостями, яке забезпечує також зниження працезатрат при видобуванні блоків.

Викладення основного матеріалу. В даній роботі виконувались дослідження з вивчення структурно-текстурних особливостей кар'єрів високоміцних кристалічних порід, приурочених до Українського кристалічного щита. При дослідженні під структурою маються на увазі особливості будови породи (розміри, форма, взаємне відношення складових частин), під текстурою – їх просторовий розподіл. Під анізотропією розуміють зміну фізичних властивостей породи залежно від напрямку їх вимірювання.

Об'єктами вивчення були породи двох петрографічних груп:

– група габроїдних порід (габро та габро-норити Сліпчицького, Торчинського, Букинського, Горбулівського та Слобідського родовищ; лабрадорити Головинського, Кам'янопічського і Кам'янобрідського родовищ);

– група перенасичених кременекислою гірських порід (граніти Жежелівського, Покостівського, Омелянівського, Богуславського і Корнинського родовищ).

Результати досліджень показують, що в певних напрямках найкращого поділу каменю вирішальну роль відіграє аналіз орієнтованої текстури, яка для кожного родовища обумовлена закономірним розташуванням мінералів. При різних видах руйнуючих породи навантажень відбувається своє, притаманне цьому навантаженню, руйнування породи. У процесі розколювання моноліту на блоки буроклиновим і бурогідроклиновим способами порода руйнується по потрібному напрямку навантаженнями відколювання (розтягуючі напруження). Руйнування породи відбувається по площинах спайності мінералів, а руйнування самих мінералів настільки незначне, що його можна не враховувати. Анізотропія розколювання високоміцних магматичних порід визначається напрямом найслабшої спайності мінералів, по яких відбувається найлегше (найменш праце- і енергоємке) розколювання каменю. Незважаючи на те, що дослідження проводились по породах з різними структурно-текстурними

характеристиками, лінії полегшеного відколювання каменю для всіх досліджуваних родовищ мають близьке азимутальне значення, обумовлене направленим виливом магми по всьому кристалічному щиту.

У гранітоїдах кварц міститься у вигляді подовжених агрегатів зерен неправильної форми, що мають просторово-лінійне орієнтування. Дослідженнями встановлено, що саме лінійна текстура (субпаралельне розміщення призматичних чи стовпчастих мінералів), на відміну від однорідної (мінеральний склад і структура однакові у всіх напрямках) і гнейсоподібної (субпаралельне розміщення елементів будови породи, найчастіше розглядається орієнтування темноколірних мінералів) є найбільш характерною для порід групи гранітів, це обумовлено субпаралельним розміщенням кварцових надіндивідів. Виникнення лінійності пояснюється тим, що в період формування інтрузиву магма протягом певного проміжку часу знаходиться в такому стані, коли одночасно існує рідка складаюча (розплав-магма) і зважені в ній виокремлені тверді кристали. При русі такої зависі її тверді частинки згідно з законами гідромеханіки набувають орієнтоване розміщення у просторі. Через тертя при русі об стінки вміщуючих порід і внутрішнє тертя саме і виникає анізотропія як у будові гірських порід, так і інтрузива в цілому. Лінії течії завжди співпадають з напрямком максимального розтягу магматичних мас в період течії, лінійність розміщується паралельно напрямку течії. Ступінь орієнтування мінералів та плоский паралелізм проявляються різною мірою на різних ділянках масиву. Це пов'язано з тим, що швидкість течії магми на різних ділянках була різною, спостерігається краще орієнтування мінералів на ділянках, де швидкість течії магми була більшою, завдяки чому відбувалося більш лінійне орієнтування мінералів. Крім того, площина течії магми не завжди була витримана, наприклад шлірові утворення, що зустрічалися на шляху магми, призводили до обтікання, завихрення та інші види дезорганізації у формуванні площин найкращого розколювання.

Кварцевміщуючим породам, в першу чергу гранітам, характерні дві площини розколювання. В цих породах кварц міститься не у вигляді розрізаних зерен, а в формі агрегатних сполучень кристалів кварцу (кварцових надіндивідів), яким, як вже зазначалося вище, притаманне просторово-лінійне орієнтування. Одна з площин найкращого розколювання паралельна сланцюватості та напрямку лінійності агрегатів зерен, тому розколювання гранітів у площині, паралельній пластовій тріщині, в декілька разів легше, ніж в інших напрямках. Друга площина розташована вертикально і просторово орієнтована за напрямком пухиркової мікротріщинуватості зерен кварцу, узгоджується з площинами найбільш слабкої спайності мінералів і орієнтується з напрямком директивних структур виливання магми і розвитком повздовжніх вертикальних тріщин окремоті.

У випадку співпадання площини розколювання каменю з напрямком його найкращого поділу нерівності відколу лицьових поверхонь блока мають мінімальне числове значення, чим виключається колюче пасерування блоків і відповідно знижуються якісні втрати, не говорячи вже про зменшення в декілька разів фізичних працевтрат при операції розколювання.

Виконані дослідження доводять, що у визначенні напрямку найкращого розколювання каменю вирішальну роль відіграє аналіз просторової текстури, яка для кожного родовища має специфічні особливості. Даний аналіз виконують шляхом дослідження поверхні орієнтованих зразків природного каменю, відібраних на певних ділянках родовища. Напрямок цих структур легко визначається методом хімічного травлення граніту безпосередньо на масиві плавикової кислоти, або по орієнтовно відпрацьованих шліфах, лабораторним способом (за допомогою лабораторного мікроскопу). Ще одним з методів є використання інформаційно-комп'ютерних технологій. В основі цього методу лежить отримання відеозображень поверхні каменю за допомогою апаратних засобів інформаційно-комп'ютерної техніки, з метою подальшої їх алгоритмічної обробки. Основними пристроями формування цифрових відео-зображень є сканери і цифрові фотоапарати.

Геометричні характеристики кристалів, а особливо орієнтування їх осей (при апроксимації еліпсом), одержані за допомогою вищезазначених методів, дозволяють визначити площини найкращого розколювання природного каменю. А співвідношення між поперечними розмірами кристалів визначає анізотропні властивості породи (рис. 1).

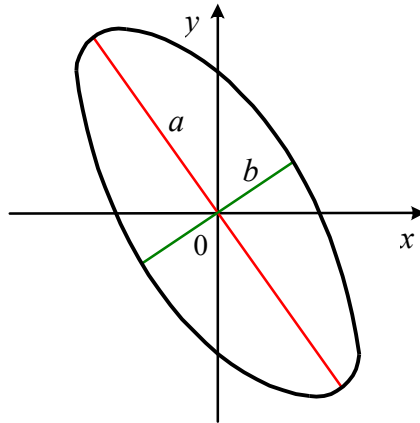
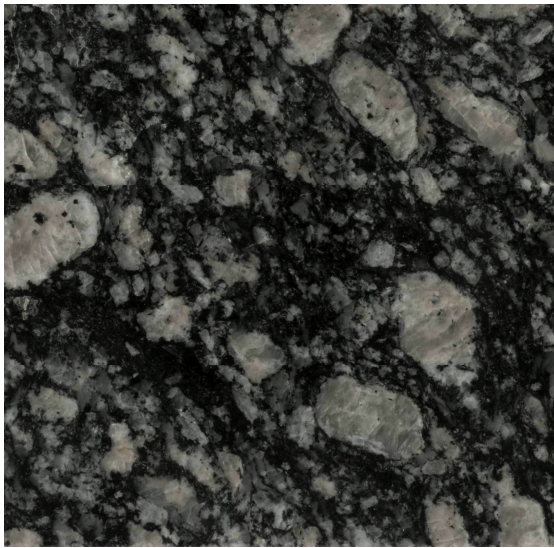
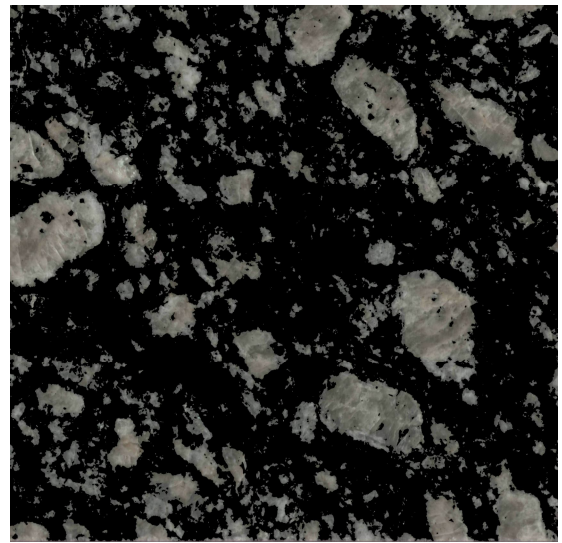


Рис. 1. Апроксимація відеозображення кристалів еліпсом, співвідношення осей якого визначає анізотропію природного каменю

Методика визначення анізотропності природного каменю полягає у виборі орієнтованих зразків природного каменю з певних ділянок родовища; формуванні цифрових відеозображень цих зразків (рис. 2, а); виділенні на відеозображенні кристалів мінералів, що утворюють масив природного каменю (рис. 2, б); вимірюванні геометричних характеристик кристалів (рис. 3), в тому числі їх орієнтування на площині (рис. 4); визначення на основі результатів вимірювань анізотропних властивостей зразків природного каменю (табл. 1) та масиву родовища в цілому.



а)



б)

Рис. 2. Відеозображення зразка Корнинського граніту:
а) початкове відеозображення;
б) відеозображення після виділення кристалів плагіоклазу

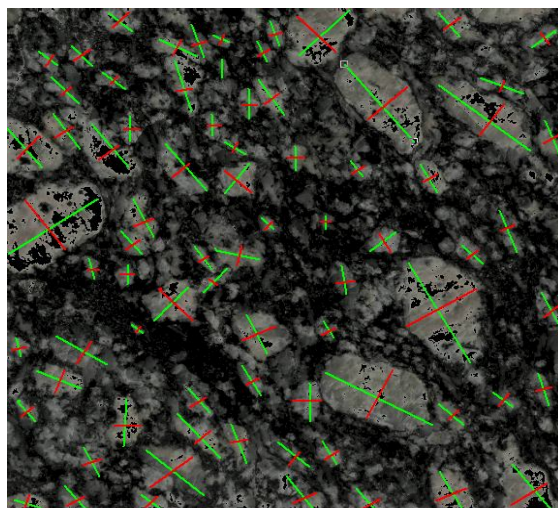


Рис. 3. Визначення орієнтування кристалів мінералів на площині та напрямки осі анізотропності

Характеристика розмірів осей еліпса анізотропії

Таблиця 1

Мала вісь еліпса	Велика вісь еліпса
Сума: 13593,278	Сума: 7388,467
Кількість: 77	Кількість: 77
Середнє значення: 176,536	Середнє значення: 95,954
Максимум: 516,638	Максимум: 281,297
Мінімум: 58,760	Мінімум: 21,575
Діапазон: 457,878	Діапазон: 259,722
Дисперсія: 9525,813	Дисперсія: 2907,956
Стандартне відхилення: 97,600	Стандартне відхилення: 53,925
Коефіцієнт анізотропії – 1,8	

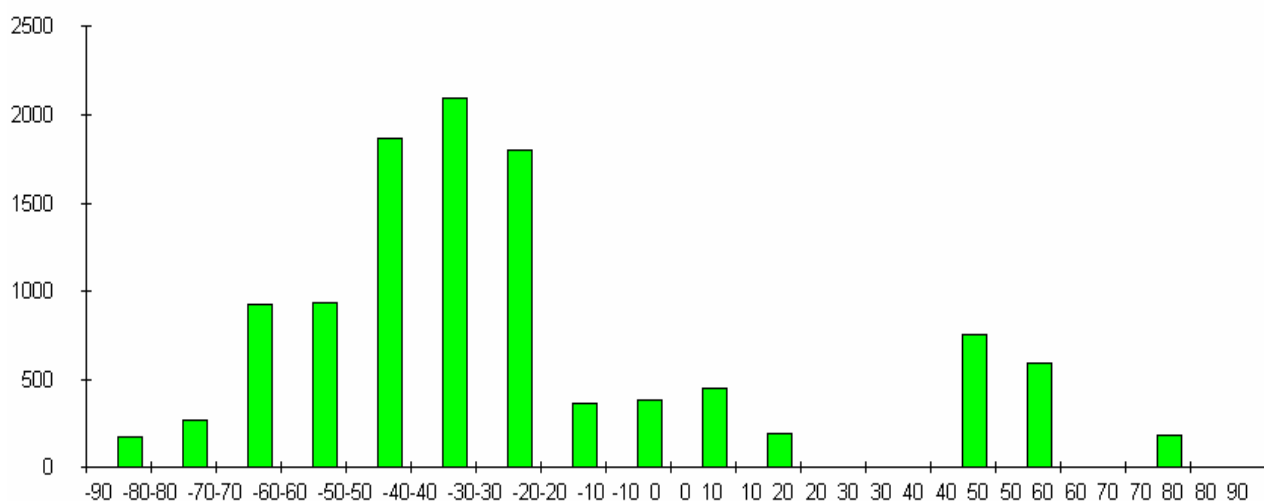


Рис. 4. Характеристика направленості осі анізотропії

Інший метод визначення анізотропії – за допомогою аналізу відстані між центрами сусідніх зерен за різними напрямками. При оцінці анізотропії на відеозображенні (мікрофотографії шліфа) поверхні природного каменю позначається центр, потім послідовно точками позначаються центри кожного із зерен. Фактично, з’ясовуються середні відстані між центрами сусідніх зерен за різними напрямками. У результаті цієї послідовної операції на діаграмі виникає “хмара” крапок із зниженою концентрацією

крапок у центрі діаграми. “Проталина” в центрі діаграми (рис. 5, а) матиме форму круга (у разі ізотропного розподілу зерен) або еліпса (у разі анізотропного розподілу зерен). Співвідношення довгої і короткої осей еліпса характеризуватиме величину коефіцієнта анізотропії, а орієнтування осей еліпсоїда визначить її напрям.

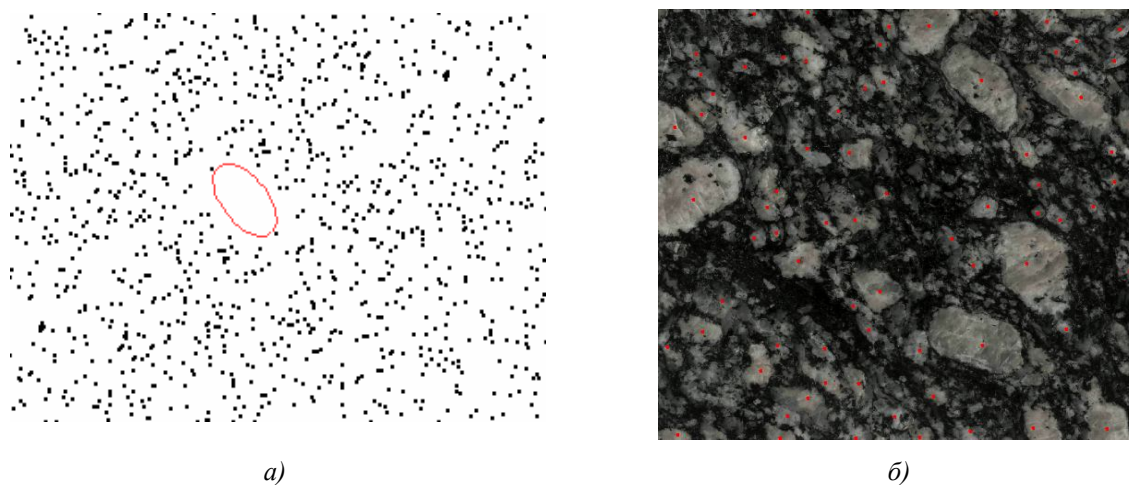


Рис. 5. Визначення напрямку і величини анізотропії за допомогою аналізу відстані між центрами сусідніх зерен за різними напрямками:

а) точкова діаграма розподілу анізотропії породи; б) відеозображення породи з характерними точками, що визначають середину кристалів

В результаті проведених досліджень було встановлено, що найбільш слабка спайність мінералів проявляється:

- в головинських, кам'янобрудських і кам'янопічських лабрадоритах між кристалами плагіоклазу і піроксену, форми яких витягнуті в напрямку північ-захід – південь-схід;
- в лезниківських гранітах між зернами плагіоклазу і витягнутими довгими масами альбіту, орієнтованими по одних площинах двійникування мікрокліну під кутом у напрямку північ-південь 105–110 °;
- в жежелівських гранітах між кристалами плагіоклазу і витягнутими з північ-захід на південь-схід кристалами кордієриту;
- у сліпчицьких, букинських, торчинських, горбулівських і слобідських габро-норитах між кристалами плагіоклазу і орієнтованими з північ-захід на південь-схід зернами піроксену;
- у покостівських, корнинських і богуславських гранітах між кристалами плагіоклазу і мікрокліну, зерна яких витягнуті в напрямку північ-південь під кутами 120–135 °;
- в омелянівських гранітах між зернами плагіоклазу і кварцу, особливо у місцях, де є вrostання біотиту.

Для більшості родовищ облицювальних гранітів, приурочених до Українського кристалічного щита, ці напрямки приблизно співпадають з директивними витіканнями магми і досить близькі до основного напрямку розвитку вертикальної повздожньої тріщинуватості масиву.

Оскільки розвиток поздовжніх і первинно-пластових тріщин узгоджується з напрямком структур течії магми, то вони узгоджуються і з анізотропією каменю, що дозволяє обґрунтовано вибирати розташування фронту робіт, видобувних вибоїв і одержувати оптимальний напрямок площин розколу при видобуванні блоків. Дані закономірності також показують, що переміщення фронту гірничих робіт кар'єра повинно співпадати чи знаходитися під кутом 90 ° до азимуту простягання самої розвиненої системи вертикальних тріщин масиву (тобто до площини найменшої спайності мінералів). А відокремлення блоків повинно здійснюватися таким чином, щоб їх довга сторона співпадала за напрямом з азимутами і кутами падіння даної системи тріщин.

Висновки. Вивчення анізотропності механічних властивостей масивів природного каменю та розробка експрес-методики її визначення дає змогу вибрати оптимальний напрямок проведення видобувних робіт і напрямок розділення моноліту на блоки при двостадійній схемі видобування. Оптимальним вважається такий напрямок, що забезпечує мінімізацію витрат праці й енергії на відокремлення блоків від масиву природного каменю, а також збільшення відсотку виходу блоків з масиву природного каменю, що має природну тріщинуватість. Крім того, використання анізотропних властивостей каменю дозволить значно збільшити об'єми-нетто блоків при таких же об'ємах-брутто і виключає необхідність введення додаткових операцій

пасерування блоків. Відхилення від напрямків анізотропії обумовлюється збільшенням нерівностей сколювання лицьових поверхонь блока, апроксимуючись з напрямком азимуту повздовжніх тріщин S , а велика вісь співпадає з азимутом поперечних тріщин Q .

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Бакка Н.Т.* Разработка технологии и комплексов оборудования добычи блоков из высокопрочных трещиноватых пород: Дисс. на соискание степени докт. техн. наук. – Житомир, 1986. – 378 с.
2. *Бакка Н.Т., Ильченко И.В.* Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник. – М.: Недра, 1992. – 303 с.
3. *Болат Оринбаев.* Исследование трещинной анизотропии мраморных месторождений с целью выбора рационального направления отбойки блоков при добыче: Автореф. дисс. канд. техн. наук. – Алма-Ата, 1974. – 25 с.
4. *Музыров А.А.* Исследование природной анизотропии гранитов и ее влияние на характер взрывного разрушения: Автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук. – Днепропетровск: Фонды ДГИ, 1973. – 23 с.

КРИВОРУЧКО Андрій Олексійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- маркшейдерська справа.

КІСЄЛЬ Олена Олександрівна – асистент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- маркшейдерська справа.

ІСЬКОВ Сергій Станіславович – асистент кафедри геотехнологій та промислової екології Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- гірництво;
- маркшейдерська справа.

Подано 21.06.2007