

В.В. Калюжна, к.т.н., доц.

С.В. Яворська, інж.

Національний технічний університет України «КПІ»

АНАЛІЗ ТРІЩИННОЇ ТЕКТОНІКИ РОДОВИЩ БЛОЧНОГО КАМЕНЮ

(Представлено д.т.н., проф. Бакка М.Т.)

В основу досліджень покладені результати експериментальних геологічних досліджень існуючих методів вивчення будови масивів інтрузивних порід для визначення природних аномалій в їх будові.

Вступ. Істотною особливістю родовищ граніту є наявність в них системи тріщин, кількість, характер і розташування яких відіграють вирішальну роль в оцінці якості гранітного родовища й встановлення його придатності для видобутку блоків каменю.

Якщо наявність у родовищі граніту правильної системи тріщин з великими інтервалами між ними створює сприятливі умови для отримання великих і правильних гранітних блоків, то надмірна тріщинуватість або безладне розташування тріщин і перетинання їх під гострими кутами є серйозною перешкодою для видобування на такому родовищі блоків каменю.

Аналіз останніх досліджень. Застосування методу структурного аналізу для виміру тріщин різних гранітних масивів дозволило прийти до висновку, що наявність системи тріщин у гранітних родовищах є цілком закономірним і пов'язано зі структурою, будовою й процесом утворення цих родовищ із магми.

Внаслідок розтяжного зусилля при русі, а також контракційних натягів під час остигання щойно затверділої гірської породи й інших причин, що діяли під час її утворення, в ній виникають тріщини первинної окремості, насамперед тріщини розтягання. Контракційні тріщини пов'язані зі скороченням маси породи й орієнтовані перпендикулярно напрямку скорочення.

Напрямок скорочення пов'язаний з положенням охолоджуючої поверхні й зі швидкістю охолодження. При повільному остиганні глибинних інтрузивних тіл вся маса породи остигає як одне ціле.

Виникають тріщини по окраїнах масиву, паралельні контактам з бічними породами, і виходить плитоподібна окремість; чим вона тонкіша, тим швидше відбувається охолодження. Якщо ще при цьому виникають тріщини, перпендикулярні контактам, окремість приймає паралелепіпедну форму.

При остиганні шароподібних тіл інтрузивних покладів, потоків тощо сильніше, ніж у перпендикулярному напрямку, скорочення в щільності потоку, викликає сильний розвиток тріщин, перпендикулярних поверхонь потоку, і виникає окремість призматична або стовпчаста, стовпи якої розташовуються, як шашки торцевої бруківки.

При вивченні й оцінці гранітних родовищ розрізняють первинні й вторинні структури.

У перше поняття включаються первинні текстури лінійні, що проявляються в певнім розташуванні зерен породоутворюючих мінералів, що відповідає періоду рідких або пластичних мас магми, а також первинні тріщини, що утворилися в період розламів або розколів у вже отверділому плутоні.

Вторинні структури, що накладають на первинні, є результатом наступних змін гранітних масивів і проявляються в додаткових системах тріщин, які часто роблять родовища непридатними для розробки штучного каменю. Вторинні структури особливо характерні для древніх гранітів геосинклінальних областей, наприклад, кавказьких гранітів.

У гранітах та інших зернистих гірських породах можна розрізнити (рис. 1) такі три основних площини:

1) що відповідає шаруватості або сланцюватості (S), існування якої обумовлено субпаралельним розташуванням головних мінералів породи, особливо польових шпатів і слюд; спайність цих мінералів, очевидно, відіграє істотну провідну роль в утворенні цієї окремості;

2) площина пластової окремості (L), близька до горизонтальної, тобто перпендикулярна напрямку сили ваги; відповідно до неї граніт розбивається на плитоподібні й матрацеподібні окремісті; по цьому напрямку забезпечується найкращий розкол граніту, а кількість поздовжніх тріщин досягає 10–14 % загальної кількості тріщин;

3) поперечна площина (Q), перпендикулярна першій площині; вона також крутоспадаюча; для неї характерні аплитові, пегматитові й порфірові жили, нерідкі скиди та зрушення; кількість їх становить 75–80 % від загальної кількості тріщин масиву, вони прямі й довгі;

4) діагональні площини (d), що ділять кути, утворені площинами Q і S .

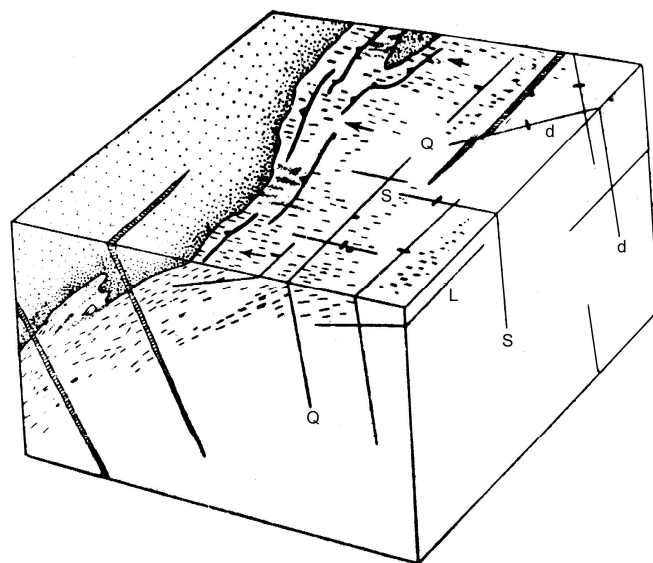


Рис. 1. Розташування головних тріщин первинної окремоті в інтрузивній породі

За своїми особливостями площина S виявляє сліди стиску, площина Q , навпаки, – розтягу. Тому вважають, що тиск, що діяв на гранітну масу, було спрямовано більш-менш перпендикулярно до площини S , отже, паралельно Q . Рух магми відбувався перпендикулярно площині Q ; тому ця площина окремоті й називається поперечною, її виникнення пов'язують із розтяжними зусиллями, що розвиваються при плинні. Не завжди ці три основних площини досить чітко виражені; іноді замість ясної сланцюватості спостерігається лише лінійна текстура з розташуванням мінералів в одному напрямку, більш-менш, перпендикулярному площині. Це типовий випадок, коли присутні тільки лінії плинну. Іноді значення площин S й Q стушується внаслідок значного розвитку діагональних тріщин, як це спостерігається, наприклад, у тагільському масиві на Уралі.

Діагональні тріщини (d) більш рідкісні. До них звичайно приурочені скиди, площини ковзання. Деякі з них супроводжуються системою розколу – так званими пір'ястими тріщинами.

Однак дослідженнями Б.П. Белікова на гранітних масивах України з'ясувалося, що тріщинна тектоніка не узгоджується із прототектонікою (площинним і лінійним паралелізмом). Прототектоніка – нестійка, а тріщинна тектоніка характеризується витриманістю на великій відстані.

Тому замість прийнятих позначень систем тріщин за класом (Q , L , S , d) вони позначаються суто умовно, без їхнього відношення до прототектоніки, наприклад: I, II, III, IV системи тріщин.

Б.П. Беліков відмічає, що геологорозвідувальні роботи з пошуків лицювального каменю повинні містити в собі визначення блочності, тобто форми й розміри можливих блоків і зміни їх з глибиною.

Форма природних блоків визначається розташуванням тріщин, тобто кутами їхнього перетинання. Так перетинання тріщин під прямими кутами дозволяє відокремлювати від масиву блоки у формі правильних паралелепіпедів. Якщо ж із трьох систем тріщин дві перетинаються між собою під гострим кутом, то блоки виходять у формі моноклінної призми, внаслідок чого потрібне додаткове пасирування блоку, тобто надання йому форми паралелепіпеда шляхом обколювання. При пасируванні блоків втрачається до 25–35 % їх первісного об'єму у вигляді околу, що призводить до зниження виходу блоків з родовища та значно здорожує їхнє видобування.

Розмір можливих блоків визначається величиною інтервалів між тріщинами. Для оцінки гранітного родовища прийнято вказувати частоту тріщин, тобто їх кількість, що розташована на 10 м оголеної поверхні, де відбувається замір тріщин. Крім того, окремо вказується, скільки із цієї кількості тріщин мають інтервал більше 1 м.

Вивчення тріщинної тектоніки родовища вимагає проведення вимірювань тріщин в оголенні або в кар'єрі (рекомендується заміряти підряд 100–200 тріщин у кожному оголенні). Заміряються азимути падіння й кути нахилу тріщин, а також відстані між ними й кути їхнього перетинання.

Результат дослідження тріщинуватості гранітного родовища можна зобразити графічно у вигляді замальовок положення тріщин у вибоях або оголеннях, схематичних карт розташування тріщин, у вигляді троянди тріщин, що дозволяє визначати у плані частоту тріщин у різних напрямках. На таку

полярну діаграму наносять азимут простягання тріщин, а по цьому напрямку проводять лінію або сектор, довжини яких відповідають відсотку тріщин даного напрямку (в обраному інтервалі азимутів через 1,5 або 10 градусів), і, нарешті, у вигляді кругової діаграми різних типів.

Найбільш зручною є кругова діаграма полюсів тріщин, заснована на використанні рівноплощадної сітки Вальтер-Шмідта. Теорія цього способу розглядається в роботі Х.В. Ферберна [3], а практичне застосування його для родовищ штучного каменю з вичерпною повнотою і ясністю викладено в роботі Б.П. Белікова.

Статистичні виміри тріщин обробляються в такий спосіб: полюси тріщин наносять на рівноплощадну сітку Вальтер-Шмідта, потім за цими точками підраховують щільність наносимих полюсів тріщин, проводять ізолінії та визначають положення максимумів, тобто переважні напрямки падіння тріщин.

Такі кругові діаграми тріщинуватості гранітних родовищ, окремих їх ділянок або цілих районів повинні бути основним вихідним матеріалом при складанні висновку про придатність родовища для одержання штучного каменю, а також для складання проекту розробки гранітного родовища. Як видно із доданих зразків діаграм (рис. 2), на них вказується кількість заміряних тріщин і розташування їх у просторі.

Орієнтування полюсів тріщин і напрямки їхнього падіння відповідають орієнтуванню діаграм, а кути падіння тріщин змінюються від 0° (у центрі діаграми) до 90° (на колі діаграми).

Згущення тріщин більше 10% загальної кількості вимірів звичайно позначають на діаграмі суцільним заливанням тушшю, крім того, цифрою вказується їхня частота, що доводиться на 10 м оголення (у скобках вказується, скільки тріщин у тому числі мають інтервал більше 1 м).

На діаграмі вказуються також кутові відстані між максимумами, як вже відмічалось вище, дозволяє судити про форму природних окремоностей.

Кругові діаграми тріщинуватості дозволяють оцінювати придатність досліджуваного родовища для розробки. Так отриманню максимального виходу блоків з родовища найбільше сприяють:

- 1) наявність не менш трьох максимумів;
- 2) мала величина коефіцієнта частоти тріщин, а другий показник частоти (кількість інтервалів більше 1 м) наближається до загальної частоти;
- 3) кути між максимумами – прямі або близькі до них.

Зіставлення діаграм полюсів тріщинуватості, сприятливих розробці родовищ для одержання штучного каменю, наведено на рис. 3.

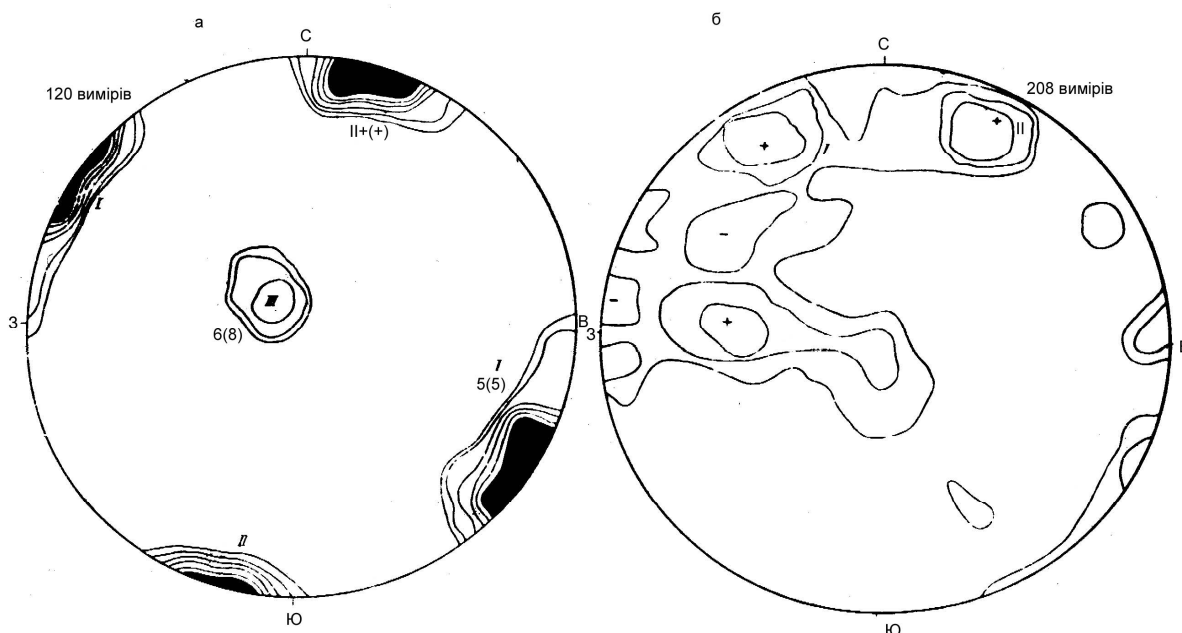


Рис. 2. Діаграма полюсів тріщинуватості гірничих порід

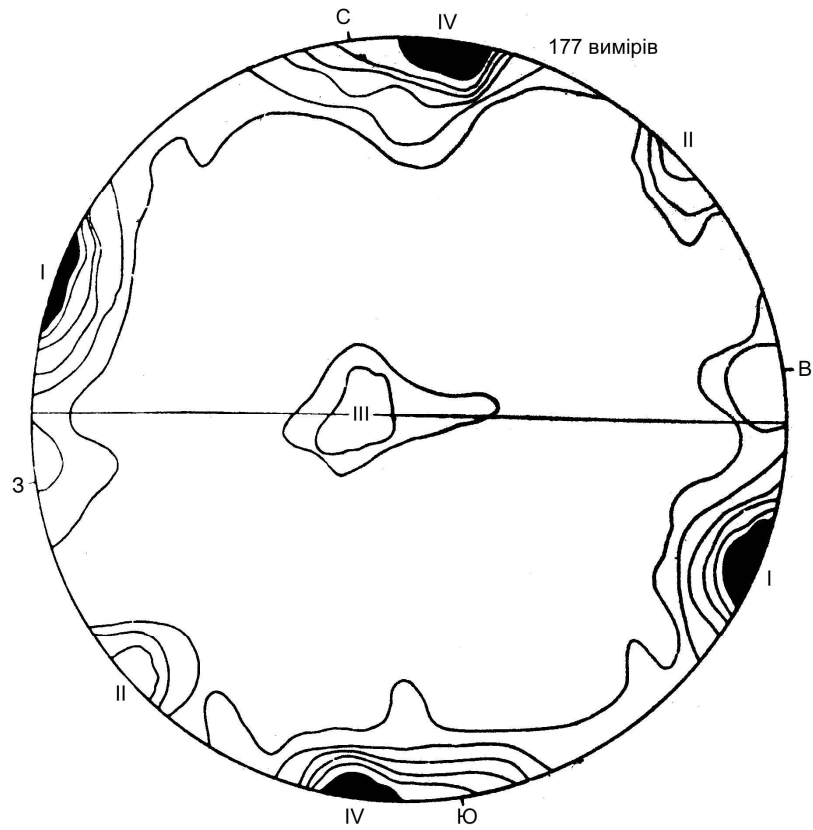


Рис. 3. Діаграма тріщинуватості крошнянського граніту

Деякі дані про Сліпчицьке родовище габбро-норита, що характеризується (рис. 4) сприятливим розташуванням полюсів тріщинуватості, наведені на рис. 4.

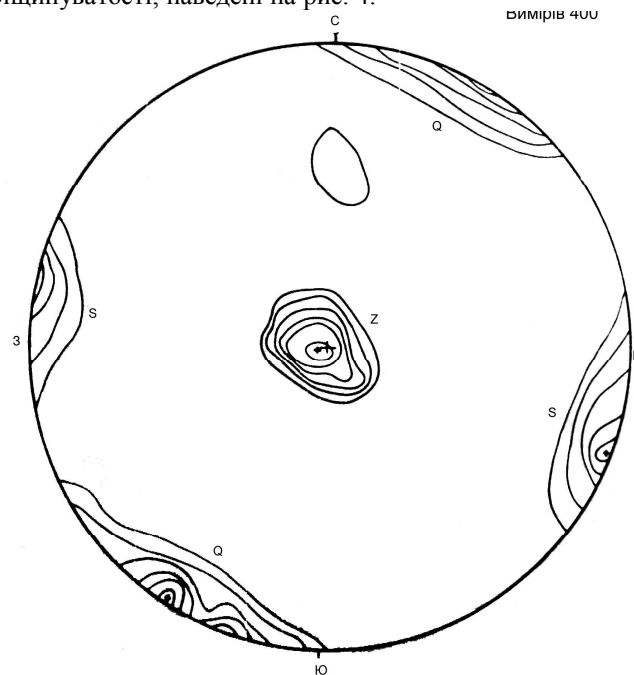


Рис. 4. Діаграма тріщинуватості габбро-нориту Сліпчицького родовища

Мета статті, постановка завдання. Окремість у вивержених гірських породах є важливою ознакою для з'ясування їхніх тектонічних відносин до навколишніх утворень. Останнім часом більш детально вивчені питання тектоніки гранітних масивів та тріщин окремість, які з нею пов'язані. Метою дослідження є обґрунтування більш достовірного методу визначення блочності інтрузивного масиву.

Викладення основного матеріалу. Як відомо, розробка габбро-норитів у с. Сліпчиці має майже 70-річну історію й нерозривно пов'язана з історією відомого Головинського лабрадориту, що розробляється поруч. Маючи багато спільного, ці найгарніші різновиди українського декоративного каменю вигідно відтіняють переваги один одного: помітна барвистість полум'яніючим синім вогнем грубозернистого лабрадориту й шляхетний спокій чистого, чорного тону дрібнозернистого габбро-нориту як би доповнюють один одного в цій досконалості й тісній єдності, у якому їх створила природа.

Геологічно комплекс габбро-лабрадоритів відноситься до історії Волинського плутона.

Габбро-норити тут оточуються й підстилаються лабрадоритовими породами.

Первинна тріщинуватість порід плутона обумовлена у всіх своїх елементах факторами руху магми, формою інтрузивного тіла, умовами остигання, впливом вмісних порід і характеризує картину напруг, що виникали на різних етапах формування масиву.

У діючому Сліпчицькому кар'єрі окремо охарактеризовані 4 ділянки:

1. Південний вибій – I уступ;
2. Центральна частина кар'єру – II й III уступи;
3. Середня частина східного вибою – I уступ;
4. Південно-східний вибій (буто-щебневий) – I уступ.

Остання ділянка відіграла особливо важливу роль у визначенні генетичної приналежності головних вертикальних систем: поздовжньої S і поперечної Q .

На підставі спостережень на Сліпчицькому родовищі, з використанням матеріалів вивчення тріщинуватості лабрадориту в Головинському кар'єрі, фахівцями складена "Схема тріщинуватості Сліпчицько-Головинської зони зчленування крайового й центрального комплексів основних порід Волинського плутону.

Різкої відмінності в орієнтуванні вертикальних систем S й Q по лабрадоритах і габбро-норитам не спостерігається. Ймовірно, що Головинське, або західне купольне підняття отримало своє відбиття в деякій еволюції головних систем тріщинуватості.

Всі системи тріщин мінералізовані гизенгерентом – водним силікатом окису заліза непостійного складу. Ця обставина відіграє свою позитивну роль, тому що зелено-чорний до смоляно-чорного кольори мінералізації дозволяють легко фіксувати тріщини навіть у зруйнованих кернах і не змішувати їх із тріщинами техногенними. При цьому особливо мінералізовані тріщини L , S й Q , останні дві системи іноді відкриті до 2–3 см і повністю заповнені гизенгеритом.

Незважаючи на значну тріщинуватість родовища Головинських лабрадоритів, дана гірська порода користується більшим попитом через свою ірізацію. Дослідників давно приваблює таємниця ірізації лабрадориту. Інтенсивність ірізації, концентрованість її, кольоровий склад, форма, зв'язок зі структурно-текстурними особливостями й іншими факторами – все це важкі аспекти єдиної проблеми ірізації. Необхідно відмітити, що ще недавно явище ірізації розумілося, й зараз багатьма розуміється, просто як результат інтерференції світлових променів плівками ільменіту, гематиту, магнетиту, шпінелі, які були залучені в кристали лабрадориту в процесі кристалізації останнього. Це точка зору Тарасенко, Безбородько, Синегуба, Соболева та інших дослідників. Останнім часом Т.І. Агафонова встановила досить цікаві закономірності у вивченні проблеми ірізації, як то:

- 1) пряма ірізації з деформацією кристалічних ґрат;
- 2) збіг візерунків ірізації й малюнків неоднорідного, неодночасного або хвилястого вгасання кристалів;
- 3) приуроченість оконтуючої ірізації до зон переходу зерен лабрадориту різного хімічного складу;
- 4) втрата ірізації пропорційна температурі прожарювання та інші.

У той же час, відомо, що в лабрадоритових масивах зовсім чітко фіксуються площини ірізації – результат одноманітного орієнтування кристалів лабрадору, що було зумовлено рухом магми. Іризуючими гранями є грані, що надають кристалу плагіоклазу плоску пігульчасту або пластинчасту форми й співпадають із площинами плинуги магми.

Факти, що стосуються ірізації, наводяться тому, що в певній мірі вони мають пряме відношення до рішення геолого-структурних питань. Так деформація кристалічних ґрат іризуючого лабрадориту є наслідком якихось динамічних впливів, які, безсумнівно, позначалися й на геолого-структурних особливостях досліджуваного магматичного масиву.

Родовища кам'яних будівельних матеріалів (граніт, лабрадорит, габро тощо), відповідно до існуючої інструкції, відносяться до першої групи родовищ і розвідуються квадратною, рівномірною сіткою з відстанню між розвідувальними виробками: для запасів категорії А – 200÷300 м, категорії В – 300÷500 м,

незалежно від цільового призначення каменю (дорожньо-будівельні чи декоративно-лицювальні матеріали).

Вихід блоків каменю у відсотках від гірничої маси корисної копалини в процесі детальної розвідки родовищ установлюється на підставі пробного видобутку граніту в кількості, порядку 100 м³.

Фізико-механічні властивості встановлюються за даними лабораторних досліджень штучних проб, відібраних зі стінок виробок, без застосування підричних робіт, або ж за результатами дослідження керна свердловин.

Варто сказати, що властивості гірських порід, узятих у вигляді лабораторних зразків і порід, які знаходяться в масиві, розрізняються за тріщинуватістю й неоднорідністю. Відповідність розмірів і частота тріщин зразка різко відмінні від аналогічних співвідношень у масиві. Ці розходження порушують подобу образу в масиві й оцінюються вони впливом масштабного ефекту.

Тому при оцінці міцності масивів варто враховувати вплив об'ємного напруженого стану. Крім того, у масиві може спостерігатися явище віджиму, що не проявляється при випробуванні зразків у лабораторних умовах.

Гірські породи в масиві піддавалися тиску лежачих вище і навколишніх порід протягом геологічних періодів часу, вимірюваних мільйонами років. Тому й деформації їх були обумовлені такими тривалими впливами навантажень.

Взяті з масиву проби гірських порід на якийсь час звільняються від цього гірського тиску, у зразках виникають явища релаксації (звичайно незворотні) і змінюються фізико-механічні властивості зразків.

Як би ми обережно не відокремлювали зразки гірських порід від масиву й транспортували їх у лабораторію, при цьому неминуче будуть відбуватися два процеси. З одного боку, ряд найбільш великих тріщин і пороків буде розкриватися. З іншого – на поверхні зразків при їхній обробці можуть виникати нові тріщини й ослаблення, які також змінюють властивості зразків.

Викладена вище (в основних рисах) методика проведення детальних геолого-розвідувальних робіт в гранітних кар'єрах й, тим більше, на родовищах, призначених для видобутку штучного каменю, має ряд істотних недоліків. Про це свідчать експлуатаційні дані цілого ряду детально розвіданих родовищ граніту.

Так, наприклад, Лезниківське родовище червоного граніту (Житомирська область Володар-Волинський район) розвідано на площі 8 га. Пізніше розвідувальними роботами площа детальної розвідки родовища розширена до 22 га.

Блочність граніту на всій розвіданій площі родовища (22 га) прийнята на підставі експлуатаційних даних, яка при подальшій розробці родовища незабаром різко знизилася.

Таким чином, через неправильну оцінку запасів Лезниківського родовища в частині блочності були невиправдано витрачені значні засоби на проектні роботи й почате будівництво каменеоброблюючого заводу.

Аналогічні явища, тобто невідповідність між проектними й експлуатаційними даними через недостатню вивченість блочності, мають місце й на ряді інших родовищ лицювального каменю.

Порівнюючи експлуатаційні дані з геологічними даними детальних розвідок, розроблювальних родовищ, варто вважати, що основним критерієм в оцінці блочності та декоративно-лицювальних властивостей родовища є керни свердловин.

Що стосується статистичних даних з виходу блокового каменю при розробці родовищ, то вони можуть мати орієнтовні значення.

Наукові результати. Таким чином, існуюча думка про те, що блочність граніту не може бути встановлена на підставі даних свердловин, є невірною.

Навпаки, свердловини, за умов ретельного документування кернів, у порівнянні із пробною експлуатацією й статистичними даними, дають більш задовільні результати для оцінки блочності.

Висновки з даного дослідження та перспективи подальших розвідок у даному напрямку. При аналізі тріщинуватості інтрузивного масиву та проектуванні розробки кар'єрів штучного каменю необхідне узгодження тріщинної тектоніки інтрузивного масиву з умовами залягання покладу корисної копалини. Тому перспективними будуть дослідження в напрямку узагальнення тріщинної тектоніки масиву та умов залягання покладу. Це можливо при умові застосування перспективного комплексу, який повинен складатися з геоінформаційної системи моніторингу тріщинуватості та автоматизованого оперативного маркшейдерського контролю стану масиву.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Карасев Ю.Г., Бакка Н.Т. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня. – С.-Пб.: Санкт-Петербургский горный институт, 1997. – 428 с.
2. Рогатин Н.Н., Сиренко В.Н., Гайдуков Э.Э. Совершенствование техники и технологии добычи блоков природного камня // Экспресс-информация. Серия "Промышленность нерудных и"

- неметаллорудных материалов". – М.: ВНИИЭСМ, 1982. – Вып. 1.
3. *Ферберн Х.В.* Структурная петрология деформированных горных пород. – М.: Изд. иностр. лит., 1949.
 4. *В.Кондрашов, С.Королев.* Matlab как система программирования научно-технических расчетов. – М.: Мир, 2002.
 5. *Бородумен М.А., Инеров А.И., Коваленко В.Ю.* Результаты сейсморазведки МОГТ по изучению земной коры Среднего Приднепровья (отчет по титулу 250/87 за 1987–91 гг.). – Днепропетровск: Фонды ДГЭ, 1993.
 6. *Бородумен М.А.* Результаты сейсморазведывательных работ МОВ-ОГТ по изучению структурных особенностей Криворожской структурно-фациальной зоны (отсчет по титулу 247/87 за 1987–89 гг.). – Днепропетровск: Фонды ДГЭ, 1991.
 7. *Бородумен М.А., Развалов А.Н., Гейко Т.С., Коваленко В.Ю., Пиулевский П.И.* Результаты сейсморазведочных работ МОВ-ОГТ на участке Рени-Одесса-Кривой Рог-Алексеевка (геотраверс УШ – Гранит") (Отсчет по типу 245/88). – Днепропетровск: Фонды ДГЭ, 1988.
 8. *Инеров А.И. и др.* Отчет о результатах электроразведочных работ в Приазовье массива и Среднем Приднепровье. – Днепропетровск, 1982.
 9. *Инеров А.И. и др.* Отчет о региональных работах МТЗ по изучению глубинного строения Приазовского массива и Криворожской структурно-функциональной зоны в 1982 г. – Днепропетровск, 1983.
 10. *Ирза А.А. и др.* Результаты подготовки геофизической основы под ГГК – 50 в Покрово-Киреевском р-не. – Днепропетровск, 1991.
 11. *Пиулевский П.И., Берзенин Б.З., Кичурчак В.М. и др.* Результаты составления геолого-структурной карты докембрийских образований м-ба 1:200000 юго-восточной части УЩ на основе комплексной обработки и интерпретации геолого-геофизических материалов.

КАЛЮЖНА Вікторія Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри геобудівництва та гірничих технологій Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- відкрита розробка родовищ корисних копалин;
- фізичні процеси видобування блочного каменю;
- геотехнології.

ЯВОРСЬКА Світлана Вікторівна – інженер кафедри інженерної екології Національного технічного університету України "КПІ".

Наукові інтереси:

- технологія видобування блоків декоративного каменю;
- фізичні процеси гірничого виробництва;
- екологія.

Подано 12.04.2006