

2.1. Геометризація тріщинуватості та якісних показників для родовищ габроїдних порід із застосуванням сучасних інформаційних технологій

Ураховуючи великий вплив параметрів, що характеризують стан, будову і склад масиву природного каменю, на всі подальші процеси ведення гірничих робіт, починаючи з проектування розкриття і вибору системи розробки, то дуже важливе значення має одержання достовірної попередньої інформації про ці характеристики масиву та їх відображення на відповідних планах, картах, діаграмах, графіках і таблицях.

Вибір способу підготовки габроїдних порід до виймання, обґрунтування основних технологічних параметрів і встановлення раціонального технологічного комплексу для видобування блоків з природного каменю переважно ґрунтуються на інформації про тріщинуватість масиву, яка і обумовлює його блочність. При цьому особливу увагу звертають на: щільність тріщин, закономірність їх розвитку в масиві та значення кутових елементів їх залягання. Кількісні показники, що характеризують тріщинуватість масиву, повинні забезпечувати достовірну інформацію про **порушення масиву тріщинами** та **характеризувати їх динаміку в просторі родовища**, а вибрані методи дослідження за допомогою простих операцій давати змогу одержувати модель масиву природного каменю. Отже, однією з поширених та головних задач, яку необхідно вирішувати при проведенні інженерно-геологічних досліджень і в процесі геометризації родовищ природного каменю, є **аналіз тріщинуватості масивів**.

При побудові плану тріщинуватості масиву за основу приймають метод геологічного картування тріщин на великомасштабний маркшейдерський план масштабу 1:200, 1:500. Вибір крупних масштабів зумовлений двома причинами [2]:

- 1) високою густиною тріщин, що не дозволяє відображати їх на планах дрібного масштабу;
- 2) підвищеною точністю, яку пред'являють до планів тріщинуватості для

того, щоб мати можливість розв'язувати за їх допомогою різні гірничо-геометричні і технологічні задачі графічними способами за допомогою гірничо-геометричних методів.

Польові вимірювання виконуються комплексно маркшейдером і геологом. План тріщинуватості складається на основі маркшейдерської зйомки тріщин. Куткові величини (азимути простягання і кути падіння) вимірюються компасом. Вимірювання параметрів систем тріщин ведуть безпосередньо на відслоненнях масиву. По всіх тріщинах вимірюють такі параметри: елементи залягання, відстані між ними, величину розкриття, характер тріщин, протяжність, викривленість, заліченість тощо.

За результатами вимірювань будують карти тріщинуватості по всьому масиву порід, що вивчається, або по його певній ділянці, різні плани та діаграми, які наочно відображають просторове орієнтування тріщин, наприклад, рози-діаграми тріщин або кругові діаграми тріщинуватості масиву.

План тріщинуватості відображає щільність і напрям тріщин на родовищі або його певній окремій ділянці. Так як в межах кар'єрного поля спостерігається динаміка інтенсивності тріщинуватості, а отже і блочності, тому районування кар'єрного поля по тріщинуватості і блочності є невід'ємною частиною його геометризації. При районуванні кар'єрне поле розділяється як у плані, так і по вертикалі на ділянки, за усередненими значеннями на яких породу відносять до однієї категорії по тріщинуватості та блочності. За основний показник кількісної оцінки тріщинуватості приймається питома площадкова тріщинуватість, визначена за даними вимірювань на відкритих ділянках кар'єру. Для закритих ділянок даний показник визначають розрахунковими методами [2, 52, 53].

Первинно-пластові тріщини також впливають на блочність і підлягають аналізу та геометризації. При цьому основні показники представляють на: геологічних розрізах по свердловинах і зарисовках вертикальних стінок кар'єрів з районуванням пластової тріщинуватості на глибині, графіках зміни відстаней між пологими тріщинами з глибиною, стратиграфічних колонках з нанесенням

зон нашарування, які відображають густину та напрями тріщин і характер зміни їх з глибиною.

Великі об'єми геологічної, геометричної та маркшейдерської інформації, що поступають при розвідці та експлуатації родовища з різних підрозділів підприємства, потребують нових методів її збору, зберігання і обробки з застосуванням комп'ютерної технології та ефективних інструментів її обробки при здійсненні геометризації родовищ корисних копалин. Створення різноманітної гірничо-геометричної документації – це надзвичайно відповідальний і трудомісткий процес. Крім наочності і зручності, вона повинна мати відповідну точність, яку досягають у результаті виконання трудомістких операцій. Розвиток комп'ютерних технологій дозволяє автоматизувати цю роботу.

2.2. Розробка та обґрунтування методики геометризації структурних та якісних показників для родовищ та масивів природного каменю

Геометризація родовищ включає комплекс робіт з вивчення, систематизації, гірничо-геометричній обробці, оцінці і графічному зображенню на геолого-маркшейдерських планах, діаграмах, розрізах та інших матеріалах геологорозвідувальної і маркшейдерської інформації, що накопичена та одержана в процесі розвідки, дослідження і експлуатації родовищ [2].

Науково-виробниче значення геометрії надр полягає в тому, що вона може показати, зобразити і графічно виразити з необхідною точністю на кресленні все те, що може бути безпосередньо чи опосередковано виміряне і виражено числом, що може бути об'єктом розвідки і що необхідно гірнику для раціонального освоєння надр – форму, умови залягання, розміщення властивостей покладу і вміщуючих порід, а також технологічні і технічні умови їх розробки та інше [52].

Геометризація родовищ блочних порід за характером її здійснення практично не відрізняється від геометризації форм інших корисних копалин.

Однак геометризація таких показників, як тріщинуватість, блочність та декоративність (які найголовніші для родовищ блочних порід), мають ряд специфічних особливостей.

Геометризація родовищ природного каменю сприяє не тільки його глибокому вивченню, а й розумінню структурних особливостей будови покладів та на основі всебічного аналізу і узагальнення накопичених даних дає можливість розроблювати необхідні рекомендації щодо експлуатації родовища. При цьому основна задача геометризації родовищ полягає у всебічній геометричній характеристиці родовища, яке розвідують або розробляють у зручній і наочній формі для практичних цілей. Це дає можливість не тільки відобразити структурні елементи родовища і якісні характеристики мінеральної сировини, але й одержувати нові висновки і результати та простежувати динаміку показників на площі родовища.

Геометризація властивостей блочних порід і, головне, просторових змін їх якісних показників має дуже важливе практичне значення, оскільки дозволяє судити в кожен момент часу про правильність експлуатації родовища, ведення геологорозвідувальних і гірничих робіт. Останнє можливо зробити тільки в результаті встановлення взаємозв'язків між проведеними виробками та виробками, що будуть проводитися, з формою, умовами залягання та якісними показниками масиву природного каменю. Спостереження за просторовими змінами властивостей порід, елементами залягання і якістю блочної сировини і своєчасне зображення даних у вигляді відповідних графіків та схем дає можливість більш обґрунтовано планувати майбутні роботи.

Геометризація родовищ природного каменю з методологічної точки зору включає ряд складових:

- **емпірична** – містить фактичні початкові геолого-маркшейдерські відомості, які одержані в результаті спостережень, ведення розвідувальних та видобувних робіт або різноманітних експериментів, включаючи їх первинну

систематизацію;

- **теоретична** – наукові положення та концепції, що дозволяють об'єднувати, синтезувати і пояснювати з єдиних геолого-геометричних позицій основні закономірності динаміки структурних елементів та якісних характеристик масивів, що досліджувались;

- **математична** – дає сукупність методів та прийомів обробки початкової геолого-маркшейдерської інформації, при цьому поєднується емпірична частина з теоретичною, створюється модель родовища або масиву та здійснюється її зіставлення з дійсністю;

- **практична** – введення одержаної інформації в ГІС, її подальша обробка, отримання відповідних графіків та діаграм, подальше створення необхідних моделей, простеження динаміки якісних показників на площі масиву природного каменю;

- **аналітична** – дає можливість на основі одержаної інформації приймати правильні рішення стосовно подальшого ведення геологорозвідувальних та видобувних робіт.

Відповідно до класичної (стандартної) методики геометризації родовищ блочних порід приймають метод ізоліній проф. П. К. Соболевського. При цьому складання структурних гірничо-геометричних графіків (гіпсометричних планів, планів ізоглибин) не відрізняється від подібних планів для родовищ інших корисних копалин [53]. Однак, враховуючи розвиток комп'ютерних технологій, і для забезпечення наочності метод ізоліній доповнюється методом геологічних розрізів, методом об'ємних наочних графіків та методом моделювання.

Одним з основних якісно-структурних маркшейдерських планів є **план тріщинуватості** масиву природного каменю, за допомогою якого можна простежити за динамікою лінійних порушень масиву. Даний план складають для кожного видобувного горизонту.

За основу складання плану тріщинуватості масиву приймається метод

геологічного картування тріщин на великомасштабний маркшейдерський план масштабу 1:200, 1:500. Вибір крупного масштабу зумовлений двома причинами: високою густиною тріщин-окремої, що не дозволяє відобразити їх на планових матеріалах дрібного масштабу; підвищеною точністю, що пред'являється до планів тріщинуватості з метою розв'язання за їх допомогою різних гірничо-геометричних і технологічних задач графічним способом. Враховуючи сучасні досягнення обчислювальної техніки та використання ГІС, суттєво спрощується задача аналізу та картування тріщин. При цьому точність аналізу буде залежати тільки від точності зйомки тріщин.

План тріщинуватості складається на основі даних, що одержані в процесі теодолітної зйомки тріщин. З цією метою створюють достатньо густу мережу зйомочних маркшейдерських точок. Польові вимірювання виконуються комплексно маркшейдером і геологом. Азимут простягання і кут падіння вимірюються компасом. Маркшейдер фіксує дві точки на тріщині, відстані від яких до знімальної точки вимірюються рулеткою. План тріщинуватості відображає густину і напрям тріщин на родовищі або його певній одиничній ділянці. У межах кар'єрного поля тріщинуватість різна, тому районування кар'єрного поля по тріщинуватості і блочності є невід'ємною частиною його геометризації. При районуванні кар'єрне поле розділяється в плані і по вертикалі на осередки, у середині яких порода відноситься до однієї категорії тріщинуватості і блочності.

Первинно-пластові тріщини також впливають на блочність і підлягають геометризації. Їх динаміку відображають за допомогою геологічних колонок, аналітичних функцій або за допомогою різноманітних графіків зміни первинно-пластової тріщинуватості на площі родовища.

Іншим не менш важливим маркшейдерським планом є **план ізоблочності масиву** природного каменю, за допомогою якого відображають блочність ділянки в ізолініях. Даний план також складають для кожного видобувного

горизонту. Лінією ізоблочності називається крива, яка сполучає точки рівних числових значень очікуваного виходу блочної продукції із загального об'єму корисних копалин на даній ділянці або горизонті.

Методичні основи складання планів ізоблочності полягають у наступному.

1. Геометризоване родовище умовно розділяють за площею на приблизно рівні ділянки (бажано правильної форми).

2. На основі інформації про тріщинуватість i , користуючись одним з методів (найчастіше гірничо-геометричним), оцінки блочності визначають теоретичну блочність, значення якої відносять до геометричного центру фігури, яку оцінюють.

3. За значеннями блочності центрів фігур шляхом інтерполяції цифрових значень блочності і проведення ліній її рівних значень (ліній ізоблочності) складається план ізоблочності родовища. План ізоблочності складається у великому масштабі (1:200 або 1:500), тобто в еквівалентному масштабі до плану тріщинуватості.

Використання ГІС та набору відповідних модулів дає можливість автоматизувати процес одержання моделі блочності родовища.

Для планування гірничих робіт з урахуванням процесу видобування каменю з необхідними властивостями, особливо декоративними якостями (з необхідним кольором, структурою, текстурою та вмістом різноманітних домішок), виникає постійна необхідність складання в ізолініях **плану декоративності масиву природного каменю**, який, як і плани тріщинуватості та ізоблочності, складають для певного горизонту.

Декоративність каменю можна розглядати, як сукупність художньо-естетичних властивостей його поверхні, яка варіює залежно від виду обробки. Вона оцінюється основними принципами кваліметрії (науки про методи кількісної оцінки якості).

Відповідно до стандартної методики [1] для складання плану декоративності необхідно за кернам матеріалом, що узятий на різних глибинах, здійснити розпилювання і полірування зразків. На одержаних зразках необхідно провести оцінку декоративності по кожній з основних ознак: кольоровості, насиченості тону, світлості, колірній перевазі, однорідності, поєднанню кольорів, малюнку, структурі, просвічуваності, здатності до полірування. Кожний з цих параметрів характеризується сукупністю ознак, які поділяють на категорії і оцінюють певним числом балів. Бальна ступінь вагомості кожної ознаки визначається шляхом опитування групи експертів з наступним усереднюванням результатів опитування. Оцінка ознаки експертами здійснюється методами органолептичного аналізу (аналіз чуттєвих сприйнять людини) та інструментальними методами фізико-хімічного аналізу. Експерти повинні володіти добрим художнім смаком і достатньою компетенцією в питаннях виробництва і використання продукції з природного каменю.

При геометризації декоративних властивостей каменю встановлення класу декоративності є обов'язковим. На плані родовище розділяється на ділянки по класах декоративності шляхом інтерполяції цифрових значень бальної оцінки декоративних властивостей і проведення ліній рівних значень декоративності, котрі називають ізодекорати, які відповідають числовій підсумковій оцінці декоративності відповідного класу.

Однак недолік даного способу полягає в узагальненій оцінці декоративності, при цьому дуже важко судити про конкретні властивості природного каменю та абсолютно неможливо встановити їх конкретні числові характеристики. З метою розширення та конкретизації декоративних властивостей природного каменю необхідно доповнювати дані про клас декоративності такими елементами: **відеозображенням поверхні природного каменю**, яке може бути одержане за допомогою сканера, цифрового фотоапарату або цифрової відеокамери; **діаграмами**, що характеризують колір, структуру та текстуру природного каменю; **числовими характеристиками**, що визначають колір

поверхні зразка природного каменю в одній з стандартних систем або відсотковий вміст певних включень (вміст рудних елементів, хлоритів або карбонатів і т. ін., наявність візуальних ефектів, наприклад, іризації). Використовуючи можливості інформаційно-комп'ютерних технологій, обробки відеоінформації та ГІС, можливо конкретизувати декоративні властивості та створити модель декоративності родовища, яка б у повній мірі відображала всі основні декоративні властивості природного каменю та визначала динаміку їх у просторі родовища.

Викладені методи геометризації якісно-структурних характеристик родовищ блочних порід дозволяють при плануванні гірничих робіт визначати раціональний фронт їх розвитку і знаходити нові економічніші способи підготовки каменю до виймання, які забезпечують видобування блоків необхідних розмірів і з необхідними декоративними якостями.

2.3. Теоретична аргументація застосування мікроструктурного аналізу

Основним завданням структурного аналізу є визначення характеру рухів магми і вивчення історії виникнення та розвитку плутону на підставі спостережень над структурою і анатомією останнього.

Як показали результати досліджень структурний аналіз має величезне значення і може бути використаний для багатьох теоретичних, а головне практичних висновків.

Вивчення структури та анатомії плутонів дозволяє встановити, що вони мають певне куполоподібна будова, що з'єднується з магматичними осередками за допомогою вивідних каналів. Проливаючи світло на механізм інтрузії, розкриває анатомію та історію створення окремих інтрузій.

Багато нового і дуже важливого вносить структурний аналіз в подання про асиміляцію та диференціації магми. На перебіг і поділ магми вказують складові інтрузії мінерали та її тектонічні особливості.

Так само за допомогою структурного аналізу можливо відкрити питання про зв'язок інтрузії з рухами земної кори.

Автори численних робіт, пов'язаних зі структурним аналізом установки для магматичних утворень наявність первинних структур. Первинними структурами вони називають такі, які виникають або в період перебігу рідких і пластичних магматичних мас при формуванні плутону (текстури течії гірських порід), або в період або фазу розломів або розколів у вже затверділі плутоні - первинні тріщини. Первинними такі структурні елементи називаються тому, що вони виникають до остаточного застигання плутону, і що найголовніше, виникають під впливом не зовнішніх, а внутрішніх сил інтрузії, що добре доведено в опублікованих прикладах структурного аналізу.

Сліпчицькі габро-норити в своєму структурному вигляді в багатьох частинах родовища вказують на течії магматичних мас, являючи паралельну лінійність розташування складових їх плагіоклазів і темних мінералів. Це вказує, що паралельно-лінійна первинна текстура (структура) відтворює напрямок найбільшого розтягування, що виник у період формування породи.

Про первинні тріщини. Всі попередні дослідження тріщинуватості свідчать, що на досліджуваних родовищах існує закономірна система тріщин, що зайвий раз вказує на анізотропію інтрузивних масивів. Отже для розуміння структури досліджуваних інтрузій необхідно зіставити структури течії і систему тріщин окремо, які генетично пов'язані зі структурами течії.

Якщо гірські породи формуються в процесі руху, то мінерали, що складають породи, набувають закономірне розташування в просторі, і тим більш виражене, чим сильніший вплив руху. Закономірне орієнтування мінералів у первинно розшарованих інтрузивних масивах зі смугастими і лінійними текстурами (структурами) виникає в результаті такого впливу руху.

Мікроструктурний аналіз – метод вивчення структур гірських порід за допомогою Федорівського столика, заснований на статистичному визначенні бажаного орієнтування мінералів з метою їх подальшої генетичної інтерпретації.

У міру вивчення лабрадоритів Головінського і габро-норитів Сліпчицького родовищ, несучих ознаки внутрішніх рухів були встановлені зв'язки між орієнтуванням мінералів і планом руху, що дозволило провести кінематичну інтерпретацію досліджених орієнтувань.

2.3.1. Поняття шліфів

Шліф – тонка пластинка гірської породи або мінералу, приклеєна на скло. Стандартний петрографічний шліф має товщину 0,03-0,02 мм, приклеєний на

спеціальну смолу – канадський бальзам і покритий зверху тонким склом. Розмір стандартного шліфа приблизно 2x4 см. Шліфи виготовляють в першу чергу для вивчення породи на петрографічному мікроскопі. Вивчення шліфів є основним методом науки петрографії.

Товщина стандартного шліфу (0,03 мм) була прийнята така, при якій кварц у схрещених ніколях має сірі кольори інтерференції. У шліфах стандартної товщини оптичні властивості мінералів відносно постійні і стандартні, що однозначно полегшує їх визначення. У грубших шліфах більшість породоутворюючих мінералів непрозорі (зокрема амфіболі і піроксені), що однозначно ускладнює їх визначення і вивчення співвідношень. Шліфі тонші від стандартних складно виготовити і мінерали будуть у них сірі або безколірні, що також ускладнені їх ідентифікацію.

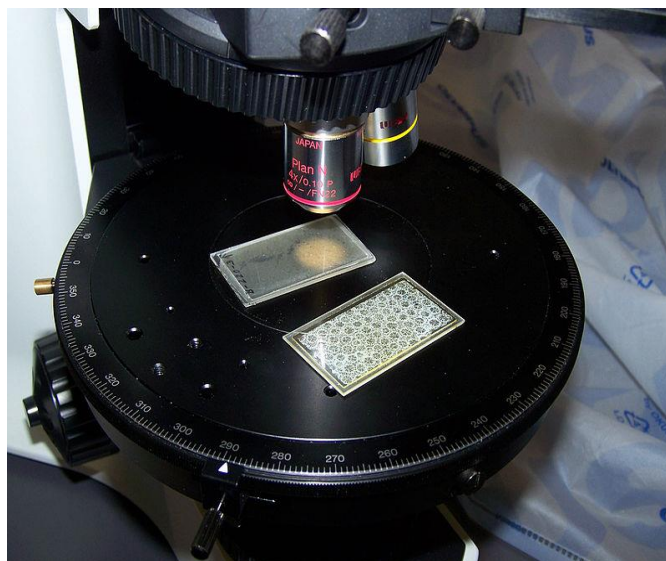


Рис. 2.1 Мікроструктурний аналіз шліфу

Іноді є потреба у виготовленні нестандартних шліфів, технологія виготовлення яких залежить від мети дослідження. Шліфи, товстіші ніж стандартні, виготовляють для дослідження включень у мінералах.



Рис. 2.2 Мікрофотографія шліфа лаборатору

Такі шліфи називають пластинками, і вони мають товщину 0,3-0,1 мм. У таких пластинок полірують обидві сторони, і їх, як правило, не покривають покривним склом.

Спеціальні методи застосовуються для виготовлення шліфів, які містять мінерали, що розчиняються у воді (солі), або тануть при кімнатній температурі (лід). Також особлива методика виготовлення шліфів з гігроскопічних і розбухаючих глин. Останні проварюють в каніфолі кілька годин і шліфують на гасі замість води. Виготовлення шліфів з вугілля вимагає неабиякого досвіду і вміння, позаяк, для того, щоб вугілля просвічувалося, потрібно виготовити шліф товщиною 0,01 мм (10 мікрон). При цьому вугілля крихке, легко деформується і чутливе до нагріву.

Для виготовлення шліфів порід, які містять дуже тверді мінерали (алмази, корунди), застосовується метод «тендітного шліфування». При вивченні орієнтування мінералів в породі для мікроструктурних досліджень виготовляються «орієнтовані шліфи». Для виготовлення орієнтованого шліфу потрібно, щоб зразок породи, з якого він виготовляється, був випиляний з

вказаним на ньому орієнтуванням (найчастіше орієнтують вздовж довгої сторони предметного скла).

2.3.2. Відбір орієнтованих зразків

Зразок для мікроструктурного аналізу повинен бути представницьким і містити максимальну інформацію про ту породі або процес, які підлягають подальшому вивченню, що порода для мікроструктурного аналізу, по-перше, повинна бути дрібно-або середньо зернистою, що забезпечує в шліфі достатню кількість вимірюваних зерен. У випадку дуже великої зернистості, як на Головінському родовищі, необхідний відбір серії зразків або приготування серії паралельних шліфів з одного зразка. По-друге, зразок має бути орієнтований, що пов'язано зі структурним характером досліджень, тобто з вивченням орієнтування мінеральних решіток в просторі.

Відповідно при відборі зразка проводилася його маркування. Для цього на рівному майданчику (краще шаруватість або сланцюватість) фломастером наносяться лінії падіння і простягання і записуються їх координати, наприклад 315° ПнСх $< 70^\circ$. Для цієї мети можна використовувати і лейкопластир. Взагалі, якщо такий майданчик горизонтальний, досить навести одну координату (азимут) якоїсь однієї лінії на цьому майданчику.

У місці відбору зразка вироблялися вимірювання всіх макроскопічно виражених лінійних і площинних структурних елементів: шаруватості, смугастості, лінійності. З відібраних орієнтованих зразків вирізалися орієнтовані шліфи.

2.3.3. Приготування орієнтованих шліфів

Для приготування орієнтованих шліфів необхідно точно задати географічні координати площини шліфа. Його найкраще вирізати паралельно маркованому майданчику і на предметне скло винести координати цього майданчика. При виготовленні орієнтованих шліфів необхідно стежити, щоб шліф не був перевернутим навколо горизонтальної або вертикальної осі.

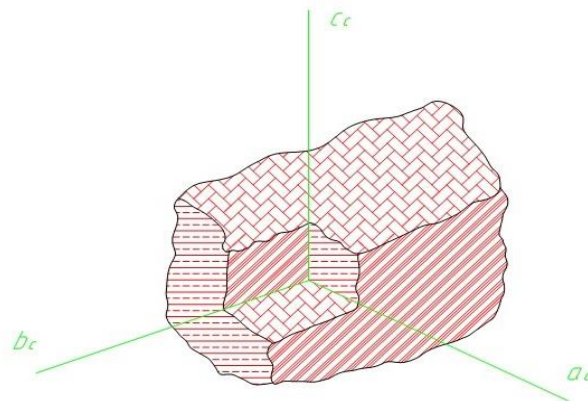


Рис. 2.3 Структурна система координат в макроскопічній системі координат: a_c , b_c , c_c – осі структурної системи координат

При наявності в породі лінійних або площинних структурних елементів з'являється власна внутрішня ортогональна система структурних координат a_c , b_c , c_c . Площинні елементи звичайно позначаються як « S ». Нормаль або полюс до площини « S » - це вісь « c_c ». У площині розташовані осі « a_c » і « b_c ». Лінійність може збігатися з однією з цих осей. При збігу лінійності з осями складок вона є віссю « b_c ». Якщо ж вона нормальна до шарніру складки, то це вісь « a_c ». Таким чином, при виділенні осей « a_c » і « b_c » необхідно на підставі мікроструктурного аналізу встановити відношення лінійності до системи основних тріщин.

В умовах неодноразових деформацій може виникнути декілька структурних координат, що викликано наявністю в таких породах генерацій лінійності.

Зазвичай ранні та накладені системи структурних координат мають спільні осі, наприклад « c_c ». У цьому випадку в одній площині « S » може бути дві і більше лінійності. Деформації і структури такого типу називаються компланарними. Коли загальною є вісь « b_c » (одна лінійність, але дві площини « S ») структури і деформації - колінеарні.

У макроскопічній гомогенній породі шліф може бути вирізаний в довільному перерізі зразка. У макроскопічно анізотропних породах шліфи необхідно вирізати перпендикулярно до осей внутрішньої (структурної) системи координат. Якщо є кілька генерацій структурних елементів, то шліфи краще вирізати нормально до осей системи, морфологічно вираженою найбільш чітко.

2.3.4. Мікроскопічна характеристика досліджуваних мінералів.

Вимірювані елементи.

Перед проведенням мікроструктурного аналізу вивчався шліф на плоскому столику і описувалися мінерали, орієнтування яких визначалося за наслідком. Далі поділялася сукупність зерен одного мінералу на групи за такими ознаками, найбільш важливими з яких є:

1) розмір, форма, ступінь ідіоморфізма, характер знаходження в породі (основна тканина);

2) наявність включень; зерна можуть бути чисті прозорі і замутнені за рахунок диспергированої речовини; природно, дуже важливе значення набувають зерна з включеними метастабільними фазами;

1) ознаки деформацій - наявність дуже інформаційних зерен, які вигнуті, подвійні, з кінк-зонами, з хвилястим, хмарним, блоковим згасанням, зламани.

Визначивши набір мінералів для вивчення і дискримінуючи ознаки зерен одного мінералу, можна приступити до їх мікроструктурного вивчення. Для цього Федорівський столик приводиться в робоче положення; для того щоб шліф міг пересуватися тільки паралельно, використовувалися спеціальні рамки, що входять в комплект всіх сучасних моделей мікроскопів з Федорівськими столиками.

2.3.5. Оформлення первинної документації

Для проведення мікроструктурних аналізів використовувалася сітка Вульфа і матова калька, трохи більшого діаметру. В спеціальному журналі записувалися основні відомості про досліджуваному зразку: номер, назва породи, місце відбору і дані вимірювань структурних елементів в оголенні, схематична зарисовка шліфа з його маркуванням, назва досліджуваного мінералу. Вимірювання координат осей, значення кутів « CN_g » « CN_p » « $2u$ » і визначені на плоскому столику дискримінуючи ознаки записувалися в розграфлені в журналі стовпці. Додаткові ознаки і відомості про зерно мінералу записуються в графі "Примітки". Zenітні координати осей (відліки до осі I) для зручності записувалися у верхньому інтервалі (0 - 90 °), так як це значно полегшує подальше винесення точок на діаграму.

Враховуючи статистичний характер мікроструктурного аналізу і його високу трудомісткість, слід визнати найбільш правильними обробку та побудова діаграм по мінімальному усередненому (з 3-5 замірів) числу вимірювань, що забезпечує стійкий візерунок на діаграмі.

Побудовані у вигляді ізоліній діаграми густин розподілу точок (проекцій осей) зазвичай характеризуються певним візерунком, відбиваючим будова мінералу, тобто закономірність його знаходження в породі. Ізотропна будова

породи характеризується дуже широкою сферою розсіювання осей без помітної їх концентрації.

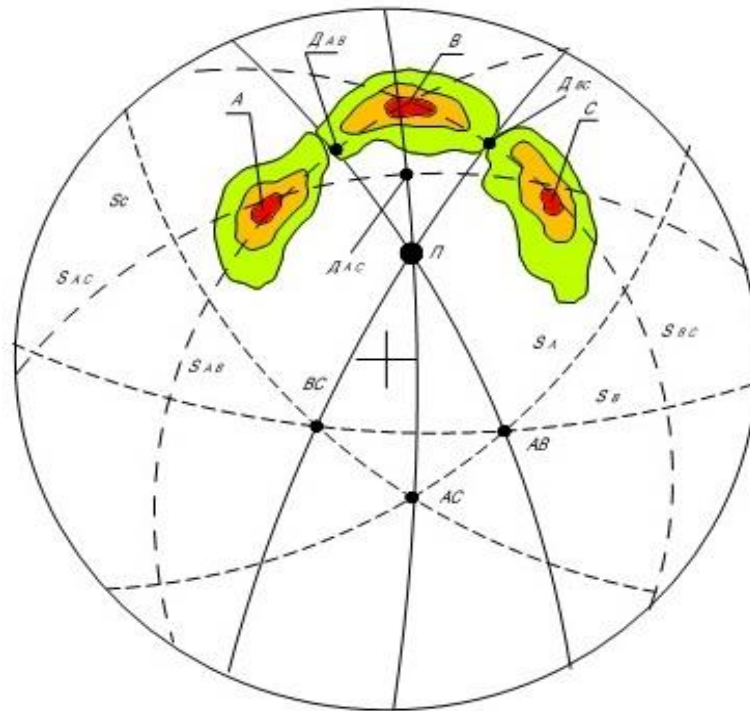


Рис. 2.4 Знаходження центру і радіуса малокругової траєкторії на краю стерео проекції

При аналізі конічного візерунка необхідно знайти його центр і радіус (апикальний кут конуса). Для цього треба провести серію додаткових побудов на стереосітці. На рис. 2.4 зображений візерунок з локалізацією осей уздовж дуги малого кола. Є три максимуми з центрами А, В і С. Спочатку на діаграмі наносять площини S_A, S_B, S_C нормальні до А, В і С. Вони перетинаються в трьох точках АВ, АС і ВС. Потім проводять три площини S_{AB}, S_{AC}, S_{BC} нормальні до цих точок. У цих площинах лежать пари максимумів: А і В, А і С, В і С. Після цього, поєднавши площини S_{AB}, S_{AC}, S_{BC} з меридіанами і визначивши кути між максимумами, знаходять діагональні точки, що ділять ці візерунки навпіл: D_{AB}, D_{AC}, D_{BC} . Далі проводять діагональні площини через діагональні точки і точки перетину однойменних площин, тобто через $D_{AB} - AB,$

$D_{AC} - AC$ і $D_{BC} - BC$. Точка перетину всіх трьох площин являється центром конічної поверхні π , уздовж якої концентрують осі. При перетині діагональних площин може виникнути невеликий трикутник похибок, і в цьому випадку центром конічної траєкторії є "центр ваги" цього трикутника.

Визначивши центр конічного візерунка і радіус конуса, тобто його апікальний кут, для наочності необхідно намалювати проекцію конічної поверхні або її частини. У тих випадках, коли центр збігається з краєм діаграми, то його треба з'єднати з полюсами і провести малокругову траєкторію, використовуючи паралелі стерео проекції.

2.3.6. Аналіз діаграм. Приведення до географічних координат

Вище описані візерунки мікроструктурних діаграм, що відображають просторову поведінку якоїсь однієї осі при одноразовій деформації. В умовах неодноразових деформацій звичайні складні візерунки, що представляють собою комбінації елементарних візерунків, які називаються компонентами узору. В якості компонентів візерунка зазвичай виступають одиничний максимум, пара симетричних щодо макроелементів максимумів, пояс або конічна концентрація.

Нерідко візерунок на одній діаграмі явно багато компонентний, а на сполученій нечіткий, як би розмазаний. У цьому випадку необхідно виділити ті індивідуальні зерна, які потрапляють у різні компоненти візерунка на першій діаграмі. Необхідно в загальному випадку визначити зенітні і азимутні координати меж області локалізації осей в кожному компоненті. Для цього, обертаючи кальку навколо центру, визначають азимутний інтервал країв області локалізації осей. Обидва краї повинні поєднуватися з північним кінцем вертикального меридіана, за яким відкладалися вимірювання осей (рис. 2.5).

Потім визначають інтервал зенітних координат області локалізації осей. Для наведеного прикладу інтервали координат: $150\text{-}210^\circ$, $15\text{-}40^\circ$.

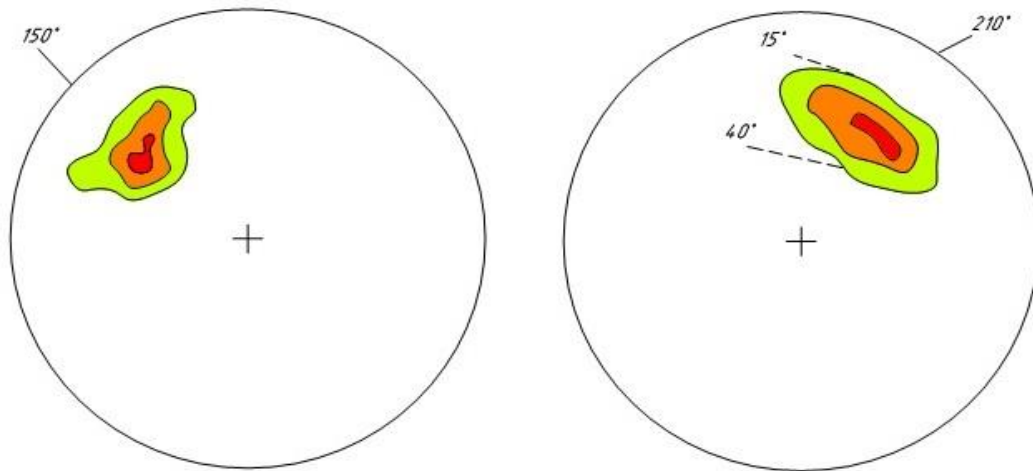


Рис. 2.5 Визначення координат, що обмежують область локалізації осей

Після цього в журналі вимірювань яким-небудь знаком виділяють всі ті зерна, осі яких потрапляють в цей інтервал. Потім виміри спряжених осей виносять на окрему діаграму і визначають область їх локалізації (як у нашому випадку)

Аналогічні операції проводять і з іншими компонентами звідного візерунка. При цьому завжди є частина зерен із загальної сукупності, які не пов'язані орієнтуванням з виділеними компонентами візерунків, тобто статистично не орієнтовані. Вони утворюють ізотропний компонент. Провівши геометричний аналіз діаграм, розбивши всю сукупність зерен на групи з певною орієнтуванням і виділивши ізотропний компонент, необхідно провести статистичний аналіз їх оптичних характеристик.

Для цього по кожній з груп зерен розраховують середні значення цих характеристик ($C Ng$).

Подальше завдання полягала в тому, щоб визначити географічні координати тих лінійних і площинних елементів, які відповідають кожній з виділених сукупностей зерен мінералу.

Такий послідовний аналіз повинен бути проведений з всіма мінералами, орієнтування яких вивчалася в даному шліфі. Далі орієнтування різних мінералів зіставляють між собою. При цьому одні генерації структурних елементів для різних мінералів можуть бути загальними, і тоді ця частина мінералів об'єднувалася в структурний парагенезис. Для частини мінералів може бути встановлена, крім того, власна додаткова система структурних координат. Коли є прямі ознаки, маркіровані вікові відношення зерен в різному орієнтуванні, послідовність формування систем структурних елементів встановлюється легко. В цьому випадку мінеральні асоціації їх орієнтування хронологічно виявляються "прив'язаними" до різновікових і різноорієнтованим системам структурних елементів. Подальше завдання полягає в тому, щоб зрівняти орієнтування систем структурних елементів, встановлених на основі мікроструктурного аналізу, з системами макроструктурних елементів, встановлених на відслоненнях. Це вимагає приведення обох систем до однієї (географічної) системи координат.

Так як макроструктурна система координат, відносно якої вирізаний шліф, задана в географічних координатах, то вона являється жорсткою і обертання мікроструктурної системи координат виконують навколо її осей.

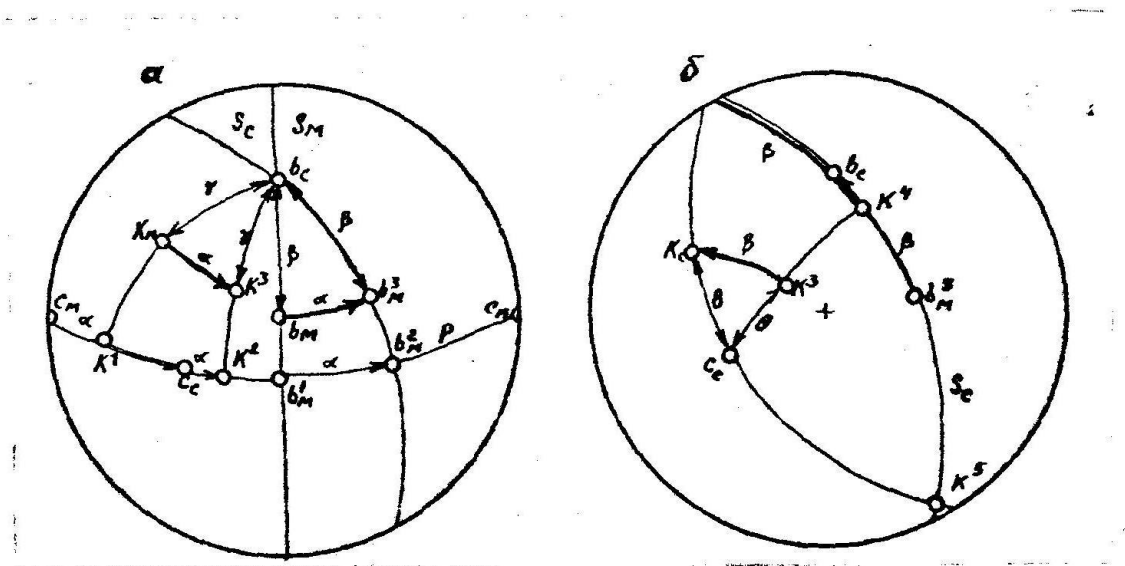


Рис. 2.6 Приведення мікроструктурної системи координат S_m, b_m, c_m до географічних (макроструктурних) координатам (S_c, b_c, c_c) а - поворот навколо осі b_c , б - поворот навколо осі c_c .

На стереоекції в географічних координатах наносять макроструктурну систему координат: S_c , вісь b_c і вісь c_c як нормаль до S_c . Потім на цю ж діаграму наносять систему координат, отриману при мікроструктурному аналізі. У даному прикладі це S_m і b_m перпендикулярно до яких був вирізаний шліф, а також вісь c_m як нормаль до площини S_m і довільна точка K_m . Спільною для обох площин S_m і S_c є лінія b_c . Щоб поєднати обидві площини необхідно площину S_m повернути проти годинникової стрілки навколо осі b_c на кут α . Кут повороту визначають наступним способом. Перпендикулярно до осі b_c проводять площину P , що проходить через c_m і c_c . Кут α між ними і визначає кут повороту навколо b_c .

На кут α повинні бути повернені і всі інші точки на діаграмі, наприклад K_m і b_m . Природно ці точки будуть обертатися по дугах малих кіл з радіусами γ і β відповідно. Для визначення положення цих точок після повороту необхідно

точки K_m і b_m поставити послідовно на один меридіан з b_c і зафіксувати точки K'_m і b'_m як лінії перетину цих меридіанів в площині P.

Таким способом виконують суміщення обох систем координат і визначають положення довільної точки на діаграмі після повороту. Якщо ця точка являє собою полюс до якоїсь площини, то площину виносять на діаграму. Після того як здійснений поворот всіх лінійних і площинних структурних елементів, установлених при мікроструктурному аналізі, їх необхідно перенести на окрему діаграму, на якій підписують елементи залягання. Таку ж діаграму необхідно побудувати і для всіх макроструктурних елементів, виміряних в відслоненні і виведених графічно. Ці елементи повинні бути спроектовані на верхню півсферу. Часто вимірювання структурних елементів виносять на нижню півсферу. Щоб у цьому випадку отримати візерунок у проекції па верхню півсферу, необхідно повернути діаграму "догори ногами", тобто на 180° навколо центру.

