



Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Навчально-науковий інститут «Інститут геології»
Кафедра геофізики

**Кваліфікаційна робота магістра
спеціальність 103 – Науки про Землю
освітня програма «Геофізика»**

**Тема: «Аналіз акустичної та пружної анізотропії зразків
гірських порід полігону Криворізької надглибокої
свердловини»**

Виконала

магістрант кафедри геофізики
2-го року навчання
БОРИСЕНКО КІРА ІГОРІВНА

Науковий керівник

кандидат геол. наук, доцент
ТИЩЕНКО АНДРІЙ ПАВЛОВИЧ

Робота рекомендується до захисту (протокол № _____ засідання кафедри геофізики
від _____ травня 2022 р.)

Завідувач кафедри

доц. ОНИЩУК ВІКТОР ВІКТОРОВИЧ

Київ - 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	3
ВСТУП	4
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНІ ВІДОМОСТІ РАЙОНУ ВІДБОРУ ЗРАЗКІВ	6
Розділ 2. ПРУЖНА І АКУСТИЧНА АНІЗОТРОПІЯ	9
Розділ 3. МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ	16
Розділ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ	21
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31
ДОДАТКИ	32

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

АА	акустична анізотропія
ПА	пружна анізотропія
КНГС	Криворізька надглибока свердловина
МСГТ	метод спільної глибинної точки
УЩ	Український щит

ВСТУП

Актуальність вивчення акустичної анізотропії гірських порід закладається в тому, що це дозволяє вирішувати різноманітні питання регіональної геології та геофізики, фізики Землі. Результати досліджень анізотропії пружних хвиль гірських порід дають інформацію про геодинамічні умови формування і необхідні для визначення сейсмічної анізотропії середовища. Методи вимірювання та аналізу характеристик пружної та акустичної анізотропії зразків використовуються в широкому спектрі для виявлення та дослідження кореляційних та якісних зв'язків між структурно - текстурними характеристиками гірських порід і особливостями їх формування за низкою певних геологічних, геотектонічних та інших чинників.

Мета роботи магістра полягає у розгляді теоретичних основ пружної та акустичної анізотропії мінералів, отримання навиків використання програмного забезпечення «Kern_DP», побудова та аналіз даних стереопроєкції ізоліній параметрів анізотропії та дослідження ефективності застосування стереопроєкцій для аналізу характеристик параметрів акустичної та пружної анізотропії

Об'єкт дослідження: відібрані зразки керну з двох свердловин №16906 та №16883 полігону Криворізької надглибокої свердловини .

Для досягнення мети потрібно було виконати наступні основні задачі роботи:

- Охарактеризувати методіку використання програмного забезпечення;
- Аналіз літературних джерел по пружній та акустичній анізотропії;
- Обробка даних в програмі «Kern DP»;
- Надати граф побудови стереопроєкцій;
- Побудувати та аналізувати стереопроєкції параметрів анізотропії;

Практичне значення роботи полягає у отриманні побудованих стереопроекції ізоліній значень, а саме:

- фазових швидкостей квазіповздожної хвилі;
- різниці значень фазових швидкостей «швидкої» і «повільної» квазіпоперечних хвиль;
- коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії;
- кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздожної хвилі від напрямку хвильової нормалі.

Автором магістерської роботи були вивчені матеріали по основам пружної та акустичної анізотропії

Кваліфікаційна робота магістра написана на основі результатів дослідження зразків свердловин № 16906 та № 16883 полігону Криворізької надглибокої свердловини інваріантно-поляризаційним методом, які приурочені до Аннівської структури

Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНІ ВІДОМОСТІ РАЙОНУ ВІДБОРУ ЗРАЗКІВ

Початок геологічних досліджень в Криворізькому залізорудному басейні відноситься до 1880 р. Майже усі дослідники розглядали цей район як складну синклінальну складку . Представлення о тектоніці, стратифікації та речовинному складі порід в районі Кривбасу (близькі до сучасних) з'явилися лише в першій половині 20 століття. Створення тектонічної схеми цього району відноситься до 1939-1946 рр. Широке проведення робіт по пошуках залізних та інших руд геофізичними методами (магніторозвідка та гравірозвідка) почалось у 40-х роках , дослідження будови земної кори УЩ – в 60-х роках 20 ст. Важливу роль у визначенні основних часових етапів формування Криворізької структури , різноманітності у віці порід Криворізько-Кременчуцької зони та суміжні з нею мегаблоків відіграли ізотопно-геохімічні дані.(Курлов Н.С., Е.М. Шеремет, 2011 р.)

Короткий опис будови земної кори Криворізького регіону спирається на дані глибинних геофізичних та регіональних геологічних досліджень (майданні зйомки та надглибоке буріння). Ступінь вивченості цього регіону дуже високий, що з його промисловим значенням як у час, і у перспективі.

Однією з характерних рис геологічної будови регіону є його зв'язок з глибинними утвореннями, що зумовили деякі специфічні риси геологічних формацій та формування структури. Наявність глибинного Криворізького розлому, який, на думку багатьох дослідників, вплинув на якісний склад metabазитових та залізорудних формацій, викликає значний інтерес до його будови та зв'язку із глибинними утвореннями земної кори.

За даними сейсмічних досліджень у центральній частині Кіровоградського блоку (Інгульська та Долинська освіти) спостерігається

підйом на 10-15 км щодо сусідніх регіонів перехідної зони кора-мантію, обмеженою системою похилих поверхонь, які інтерпретуються як тектонічні розломи. На південному заході вони мають переважно східне падіння, на північному сході, у Криворізькому районі – західне. Характерно, що ці розломи перетинають перехідну зону саме у місцях зміни її висотного становища. У центральній піднятій частині простежуються два рівні меж проміжного шару. Одна з них (K_2), верхня, розташована на глибині 10-15 км. Друга (K_1) у межах всього фрагмента знаходиться на глибині 25-30 км.

Сейсмічні дослідження MBX та методом спільної глибинної точки (МСГТ) у районі Кривого Рогу виявили ряд горизонтальних переривчастих кордонів і верхніх позначках (Мечніков Ю.П., 1981 р.), що перетинають синклінорій. Враховуючи дані, отримані по Криворізькій СГ-8, слід вважати ці межі, як і межі K_1 та K_2 , відображенням розподілу напруг порід під впливом сили тяжіння з одного боку та тектонічних зусиль з іншого. Як показало порівняння акустичних і геологічних даних (Stacey F.D., Banerjee S.K., 1974 р.), напружені ділянки часто закінчуються розривними тектонічними зонами, тобто, утворюється зона різкого переходу від ділянок з великими швидкостями проходження хвиль до малих.

Якщо врахувати таку інтерпретацію, слід визнати, що у Центральній частині наведеного фрагмента існують дещо відмінні від сусідніх районів умови пружного стану, особливо в інтервалі глибин 10-20 км. Підвищені напруги призводять до виникнення додаткових субгоризонтальних аномально напружених та розвантажених зон. Про достовірність такої інтерпретації може свідчити і те, що саме тут інструментально зафіксовано найбільшу швидкість сучасних вертикальних позитивних рухів (5-10 мм/рік)

До ділянки досліджень належить Аннівська структура.

Аннівська синкліналь за результатами комплексної інтерпретації геолого-геофізичних досліджень – це складно побудована, асиметрична складка з крутим (70-750) падінням на захід. Водночас вона розбита багаточисельними розривними порушеннями на блоки, що зазнали тектонічних зміщень один відносно одного. Синкліналь представлена породами новокриворізької, скелеватської, саксаганської, гданцевської та глеєватської світ.

Розділ 2. ПРУЖНА І АКУСТИЧНА АНІЗОТРОПІЯ

Поняття однорідного суцільного середовища є відносним, тому що всі матеріальні середовища складаються з атомів, які взаємодіють один з одним.

Однорідні середовища можуть бути ізотропними та анізотропними. Однорідним ізотропним середовищем називають таке середовище, властивості якого залежать як від координат точок, а й від напрямку. Поняття анізотропії середовища щодо будь-яких фізичних властивостей зазвичай має на увазі відмінність у величинах цих властивостей за різними напрямками в середовищі. Причиною цієї відмінності в кристалі є внутрішня будова і характер сил взаємодії між атомами в кристалічній решітці.

Деформація у середовищі виникають під впливом зовнішніх сил. У деформованому тілі виникають пружні напруження, які прагнуть повернути їх у початковий стан і забезпечують рівновагу середовища (Толстой М.І., 2006 р)

Напруга визначається як межа відношення, з якою вона діє на елемент поверхні середовища. Ідеально пружне тіло після зняття навантаження відновлює початкову форму. Перехід з деформованого в недеформований стан відбувається під дією внутрішніх сил, які називаються внутрішніми напругами.

Анізотропне середовище характеризується залежністю властивостей від напрямку вимірювання. Це явище поширене в кристалах. Явище анізотропії притаманно багатьох середовищ нерешітчастої будови - скла, металів і гірських порід.

Акустика мінералів займається дослідженнями закономірностей розповсюдження пружних хвиль у монокристалах мінералів як за нормальних умов, так і в умовах високих тисків і температур з метою вивчення впливу структури мінералів на їх пружні й акустичні властивості. Пружність гірських

порід залежить, насамперед, від пружності їх породоутворюючих мінералів. Більшість породоутворюючих мінералів є сильно анізотропними. Анізотропія пружних властивостей породоутворюючих мінералів зростає з ростом анізотропії структури кристалів. важливе значення мають експериментальні дослідження пружних властивостей монокристалів, а також зерен мінералів – незначних за розмірами кристалів.

Пружна анізотропія впливає на різноманітні фізичні процеси. Деякі з цих процесів включають геофізичні дослідження надр Землі.

Пружна анізотропія виникає, коли співвідношення між напруженням і деформацією в матеріалі залежить від його орієнтації. Пружна анізотропія описує середовище, чие співвідношення напруга-деформація від точки до точки в просторі.

Пружні властивості визначаються структурою і відображають складні процеси різного роду мікроскопічної взаємодії атомів у кристалічній ґратці мінералу.

Пружні постійні реальних кристалів та їх анізотропія визначається анізодесмічністю зв'язків у структурах мінералів. Особливо яскраво ця закономірність проявляється у породоутворюючих мінералів класу силікатів. Найменша анізотропія пружних властивостей спостерігається в ортосилікатах.

За величиною інтегрального коефіцієнта пружної анізотропії всі мінерали можна розділити на три групи:

- сильно анізотропні ($A_c > 30\%$);
- середньоанізотропні ($A_c = 10\% - 30\%$) і
- слабкоанізотропні ($A_c < 10\%$).

До групи сильно анізотропних мінералів можна віднести слюди (біотит, мусковіт), каркасні силікати – мікроклін і ортоклаз. Більшість силікатів є середньоанізотропними мінералами. До слабкоанізотропних відносяться гранати та магнетит

На вказівні поверхні параметрів анізотропії пружних хвиль накладає жорсткі обмеження тип симетрії кристала. Наприклад, кварц є мінералом тригональної сингонії. Відповідно симетрія стереопроєкції вказівної поверхні фазових швидкостей хвиль повздовжньої поляризації, “швидкої” і “повільної” хвиль поперечної поляризації, диференціального коефіцієнта пружної анізотропії також мають тригональну симетрії.

Класифікація мінералів за категоріями симетрії акустичного тензора збігається з їх класифікацією за оптичними властивостями. Власні напрямки акустичного тензора збігаються з осями симетрії або перпендикулярні до площин симетрії мінералів.

Акустична анізотропія пояснює як пружна анізотропія впливає на поширення сейсмічних хвиль. Внутрішня анізотропія характеризує поширення мінералів у гірських породах через атомну структуру. Мінерали як гранат, які мають кубічну сингонію, часто виявляють незначну пружну анізотропію або взагалі її не мають. Слюди можуть виявляти надзвичайну анізотропію з різницею у напрямках у реакції на зсув і стиск на 2-0% або більше. Незважаючи на надзвичайну анізотропію окремих мінералів, загальна анізотропія породи зникне, якщо її мінерали орієнтовані випадковим чином.

Симетрія пружних властивостей накладає жорсткі обмеження на параметри анізотропії пружних хвиль у мінералах та гірських породах. Для дослідження азимутальної анізотропії фазових та променевих швидкостей необхідне рішення рівняння Гріна-Крістоффеля:

$$(\Lambda_{ij} - \vartheta^2 \delta_{il})U_l = 0, \quad (1)$$

Де $\Lambda_{ij} = C_{ijkl}n_i n_k / \rho$ – приведений тензор Крістоффеля.

Пряма задача акустики мінералів полягає в обчисленні фазових і променевих швидкостей, векторів пружних зміщень, хвильових поверхонь, а також величин інтегрального і диференціального коефіцієнтів анізотропії, положення акустичних і повздовжніх осей, явищ двопробеневого заломлення, акустичної внутрішньої рефракції й поляризації, сингулярної поведінки векторів поляризації.

У загальному випадку ця задача зводиться до чисельного розв'язку рівняння Гріна – Крістоффеля ітераційними методами Федорова й Якобі. Стійкість методів і швидкість чисельних розрахунків параметрів анізотропії пружних хвиль є вирішальним аргументом при виборі метода розв'язку прямої задачі. У випадку триклинної пружної симетрії це завдання можна вирішити чисельно з допомогою відомих методів: Метод Кардано, ітераційного методу Федорова і модифікаційного методу Якобі.

Стійкість методів та швидкість чисельного розрахунку фазової швидкості та вектора пружних зсувів є вирішальними аргументами при виборі методу вирішення прямого завдання акустики анізотропних середовищ.

Методи вирішення прямої задачі

Якщо відомі пружні постійні та щільність анізотропного середовища, то визначення всіх параметрів анізотропії пружних хвиль зводиться до чисельного вирішення рівняння Гріна-Крістоффеля.

Задача єдиної кількісної міри в найбільш загальному вигляді розв'язана Ф.І.Федоровим. Відповідно до визначення терміна “анізотропія”, який трактується як відхилення властивостей анізотропного середовища від ізотропної, методологічно правильно ввести коефіцієнт, який характеризує

ступінь відхилення будь-якого анізотропного середовища від найближчого до нього ізотропного середовища. Це відхилення можна розглядати як для будь-якого заданого напрямку – диференціальний коефіцієнт анізотропії, так і для середовища в цілому – інтегральний коефіцієнт анізотропії.

Коефіцієнт відносної середньої квадратичної акустичної анізотропії (\overline{A}_μ) визначається з формули:

$$\overline{A}_\mu = \sqrt{\frac{\frac{1}{3}[(\mu_{11}-\mu_{22})^2+(\mu_{11}-\mu_{33})+(\mu_{22}-\mu_{33})^2]}{\mu_{11}^2+\mu_{22}^2+\mu_{33}^2}} 100\%} \quad (2)$$

Де $\mu_{11}, \mu_{22}, \mu_{33}$ – власні значення акустичного тензора.

Зворотна задача акустики мінералів зводиться до визначення пружних постійних мінералів, якщо відомі фазові швидкості вздовж заданих напрямків хвильової нормалі за умови, що заздалегідь відомий напрямок поляризації пружної хвилі. Це означає, якщо відома симетрія кристала, то є можливість визначити просторове положення його елементів симетрії та узгодити з ними кристалофізичну систему координат. Цей метод, уперше запропонований К.С.Александровим, одержав назву методу особливих напрямків. У цьому випадку для спрощення розв'язку рівняння Гріна – Крістоффеля напрямки вимірювання фазових швидкостей та їх поляризацію узгоджують з елементами симетрії кристала, з якими і збігаються особливі напрямки. У більшості випадків це забезпечує можливість реєстрації чистих повздовжніх і поперечних хвиль. Обернена задача акустики зводиться до визначення пружних постійних, якщо відомі фазові швидкості вздовж заданих напрямків хвильової нормалі, і визначення функції розподілу орієнтації мінералів і мікротріщин. Для мінералів обернена задача має однозначне рішення для більшості груп симетрії мінералів.^[1]

Цей підхід не можна продати щодо квазіоднорідних анізотропних середовищ, оскільки він наштовхується на важливі проблеми. Вони пов'язані з відсутністю апіорної інформації про орієнтацію та симетрію впорядкованого геологічного середовища, а отже, і просторову орієнтацію елементів її симетрії. Крім того, експериментально вимірюються ефективні фазові швидкості, які містять, поряд з детермінованою складовою, та деяку флуктуаційну складову.

Метод особливих напрямків

У разі однорідних анізотропних середовищ на вирішення зворотної завдання акустичної завдання використовується метод особливих напрямків, запропонований К. З. Александровим. У цьому випадку для спрощення розв'язання рівняння Гріна-Крістоффеля напрями вимірювань строго узгоджують з елементами симетрії середовища, що забезпечують реєстрацію фазових швидкостей чистих об'ємних пружних хвиль. У разі моноклінних кристалів, що мають 13 незалежних компонентів матриці пружних констант, величини та знаки всіх пружних хвиль у шести кристалофізичних напрямках: $[100]$, $[010]$, $[001]$, $[011]$, $[101]$, $[110]$ (Г. Т. Продайвода, 2011 р.).

Анізотропія пружних хвиль у кристалах проявляється не тільки в азимутальній залежності фазових і променевих швидкостей, але й у відхиленні векторів пружних зсувів і променевих векторів від напрямку хвильової нормалі, в явище акустичного двопроменеломлення і внутрішньої конічної рефракції, сингулярному поведінці векторів пружних.

Використання стереопроєкції дозволяє представляти характер анізотропії пружних хвиль повністю, а не в окремих перерізах координатних площин. На вказівні поверхні параметрів анізотропії пружних хвиль накладає обмеження тип симетрії кристала.

У стандартній (кубічній) установці вказівні поверхні коефіцієнта диференціальної пружної анізотропії, фазової швидкості квазіподовжніх хвиль шпинелі мають загальні елементи симетрії з вказівною поверхнею анізотропії пружних властивостей кубічних кристалів.

Розділ 3. МЕТОДИКА ВИМІРЮВАННЯ

Дані обробляються за допомогою автоматизованої системи чисельного аналізу і візуалізації даних вимірювань параметрів анізотропії швидкостей пружних хвиль порід полігону КНГС – «KERN_DP». Нижче представлена схема алгоритму дій:

1. Введення значень фазових швидкостей «квазіповздовжньої»; «швидкої» і «повільної» квазіпоперечних хвиль; щільності гірської породи
2. Розрахунок осередненої і флуктуаційної складової ефективного акустичного тензора μ_{il} , типу симетрії структур
3. Обчислення матриці пружних постійних C_{ijkl} флуктуаційної складової
4. Розрахунок параметрів анізотропії гірської породи (азимутальної залежності фазової швидкості і модуля променевої швидкості; кута відхилення вектору пружних зміщень \vec{U} від напрямку хвильової нормалі; диференціального коефіцієнту пружної анізотропії A)
5. Побудова стереопроєкцій ізоліній фазових швидкостей квазіповздовжньої хвилі; різниці між швидкою і повільною квазіпоперечними хвилями; диференціального коефіцієнта пружної анізотропії; кута відхилення вектора пружних зміщень від напрямку хвильової нормалі.

Оцінку анізотропії можна одержувати при наявності повного набору тензорних матриць акустичних і пружних постійних. Вони описують акустичні і пружні симетрії середовищ та параметри анізотропії пружних хвиль. Для вирішення цього питання залучені урівноваженні значення фазових швидкостей пружних хвиль гірських порід. Результати чисельних розрахунків власних значень і власних напрямків акустичного тензору $\mu_{il} = C_{ijkl}/\rho$, а також значення інтегрального коефіцієнту акустичної анізотропії A_μ і параметрів

акустичної лінійності L_m та сланцюватості S_m для зразків полігону представлені в таблицях (Додаток 3-4)

Залежність акустичної лінійності L_m від акустичної сланцюватості S_m текстур досліджуваних зразків гірських порід характеризує ступінь упорядкованості елементів текстури породи вздовж окремих напрямків (лінійна орієнтація, тобто акустична лінійність) або вздовж площини (шаруватість, сланцюватість, тобто акустична сланцюватість).

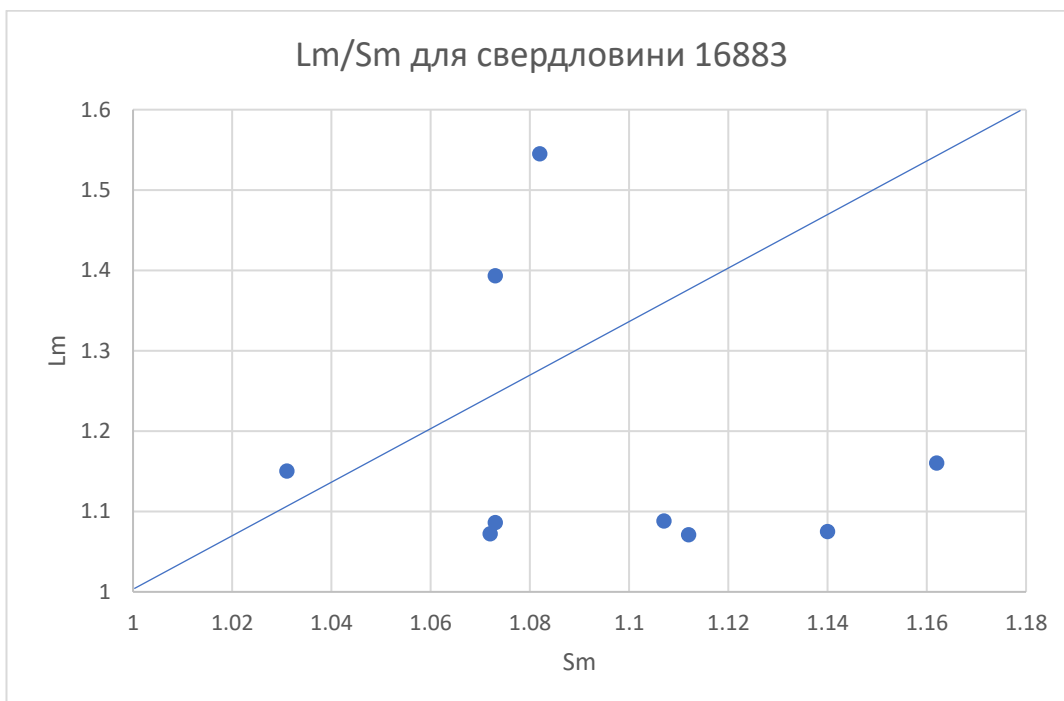


Рис. 1 Графік залежності акустичної лінійності L_m від акустичної сланцюватості S_m для зразків з свердловини 16883

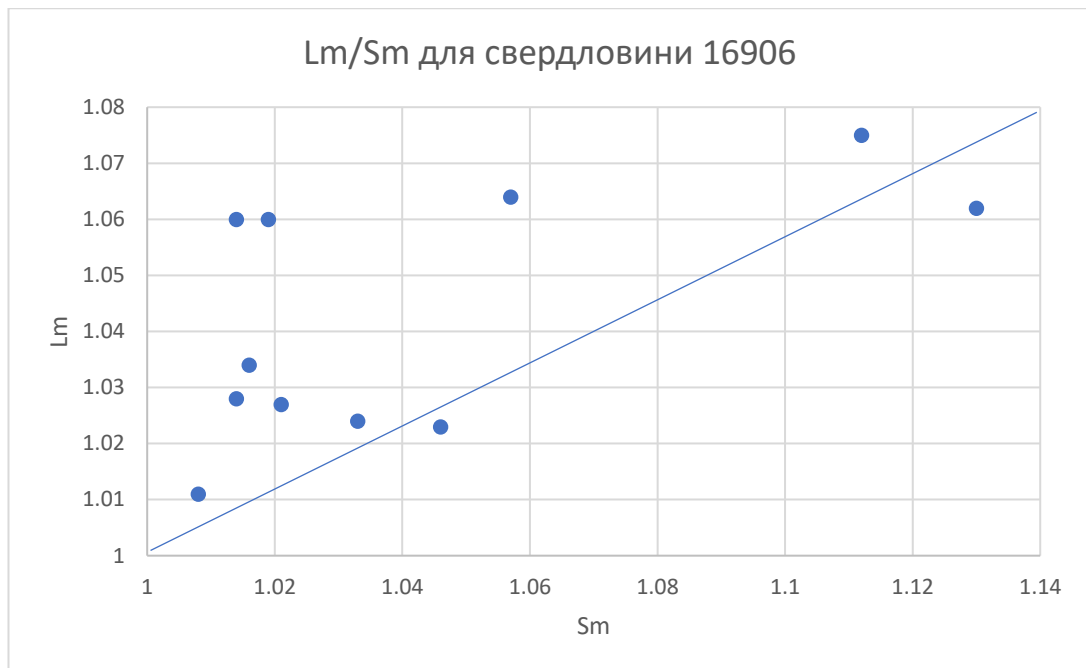


Рис. 2 Графік залежності акустичної лінійності L_{μ} від акустичної сланцюватості S_{μ} для зразків з свердловини 16906

Пряма на рис. 1 та рис. 2, що проведена під кутом 45° до координатних осей, поділяє області планальних і аксіальних симетрії текстур, тобто, розрізняє текстури з переважно сланцюватим і лінійним структурним мотивами. В тому випадку, коли точки розташовуються на відповідних координатних осях L_{μ} або S_{μ} , їх відносять до поперечно-ізотропної пружної симетрії, відповідно, аксіальної або планальної. За графіками залежності було проведено розмежування на аксіальні (лінійні) та планальні (сланцюваті) текстури. Точки, що розташовані вище означеної прямої, відповідають аксіальним (лінійним) текстурам, а ті, що лежать нижче прямої – планальним або акустично-сланцюватим текстурам. Жодне із значень параметрів L_{μ} та S_{μ} , і не лягає на координатні вісі, хоча є декілька значень параметрів які мають невеликі відхилення від прямої розмежування. Це свідчить про відсутність текстур поперечно – ізотропної симетрії. Разом з тим більша частина текстур досліджуваних порід мають шарувату структурну симетрію (планальні

текстури), а менша частина – лінійну структурну симетрію (аксіальна текстура). Пружна симетрія досліджуваних текстур осадових порід не вища за ромбічну.

Класифікацію текстур на вищу, середню і нижню категорії було здійснено за симетрією акустичного тензору μ_{ij} з урахуванням довірчих меж знайдених власних значень:

- сферична симетрія (∞/∞ mmm), якщо виконується рівність $\langle\mu_{11}\rangle=\langle\mu_{22}\rangle=\langle\mu_{33}\rangle$;

- поперечно-ізотропна симетрія (∞/mmm), якщо виконується умова $\langle\mu_{11}\rangle\neq\langle\mu_{22}\rangle=\langle\mu_{33}\rangle$; або $\langle\mu_{11}\rangle=\langle\mu_{22}\rangle\neq\langle\mu_{33}\rangle$; або $\langle\mu_{11}\rangle\neq\langle\mu_{33}\rangle=\langle\mu_{22}\rangle$;

- ромбічна симетрія (mmm), якщо виконується умова $\langle\mu_{11}\rangle\neq\langle\mu_{22}\rangle\neq\langle\mu_{33}\rangle$.

Встановлено, що симетрія акустичного тензору більшості текстур метаморфічних порід, які досліджувалися, є ромбічною.

З метою оцінки пружної симетрії текстур та параметрів азимутальної пружної симетрії метаморфічних порід полігону КНГС – свердловин №16906, №16883 з урівноважених значень фазових швидкостей ізонормальних хвиль (квазіповздовжної і „швидкої” та „повільної” квазіпоперечних хвиль) було проведено обчислення регулярної складової $\langle C_{mn}\rangle$ ефективного тензору їх пружних постійних. Результати представлені в таблицях (Додаток 4-5)

Для аналізу закономірностей розповсюдження пружних хвиль в метаморфічних породах полігону КНГС був проведений аналіз параметрів пружної анізотропії зразків.

Азимутальна залежність параметрів анізотропії для зразків досліджених метаморфічних порід представлена у вигляді стереопроєкцій ізоліній їх значень, а саме:

- фазових швидкостей квазіповздовжної хвилі;

- різниці значень фазових швидкостей «швидкої» і «повільної» квазіпоперечних хвиль;

- коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії;

- кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі.

Стереопроєкції параметрів пружної анізотропії були розраховані для зразків свердловин №16883 та №16906.

Розділ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В цій роботі були аналізовані зразки свердловини – №16883 та №16906 полігону КНГС. Опис зразків представлений в таблицях (додаток 1-2)

Інтервал глибин відбору зразків свердловини №16883 дорівнював 200-246 м. У середньому зразки свердловини № 16883 були представлені сланцями, а саме сланцем біотит-амфібол-кварцовий. Середній вміст кварцу – 45-70%; біотиту 5-10%, амфіболу 30-40%). Присутня гранолепідобластова структура та сланцювата текстура.

Зразки свердловини № 16906 біли відібрані на глибинах 207-318 м. Зразки з цієї свердловини можна поділити на дві групи:

- Катаклазити по плагіограніту (Середній вміст: плагіоклаз 45-50%, кварц-35-40%, біотит – 30-35%) Спостерігається орієнтовна текстура, катакластична структура.
- Граніт катаклазований мілонітизований (Середній вміст: польовий шпат – 65-70%, кварц-30-35%, слюда – до 5%) Спостерігається сланцювата текстура, грабнобластова структура

В усіх зразках свердловин № 16883 і № 16906 спостерігається ромбічна симетрія – mmm. Виконується умова $\langle \mu_{11} \rangle \neq \langle \mu_{22} \rangle \neq \langle \mu_{33} \rangle$.

Стосовно свердловини №16883, в 55% зразках(зразки №138, №146, №155, №181, №177) спостерігається планальна (сланцювата) текстура, а в інших (зразки №189, №158, №154, №141) аксіальна (лінійна) текстура. Інтегральний коефіцієнт акустичної анізотропії зразків змінювався в інтервалі від 5,68% до 20,32%. Середнє значення коефіцієнту акустичної анізотропії – 10,1%. Найменше значення коефіцієнту акустичної анізотропії відповідає зразку №158, саме сланець біотит-амфібол-кварцовий). У дослідженому інтервалі відсутні низькоанізотропні зразки з $A_{\mu} < 5\%$. Близько 66% зразків

притаманні середні значення коефіцієнту акустичної анізотропії $5\% < A_{\mu} < 10\%$, 34% зразків характеризуються високим рівнем акустичної анізотропії. Максимальне значення акустичної анізотропії відповідає зразку №146 – сланець біотит кварцовий. Значення акустичної лінійності змінюється від 1,031 (у зразка №138) до 1,162 (зразок №158). Значення акустичної сланцюватості змінюється від 1,071(зразок №189) до 1,393 (зразок №177).

На додатках 15-23 відображені побудовані стереопроєкції зразків з свердловини № 16883 полігону КНГС.

У зразка № 138 (додаток 15) коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії змінюється в інтервалі від 2% до 16%. Присутня ромбічна симетрія акустичного тензору та планальна або акустично-сланцювата текстура. Швидкість квазіповздовжної хвилі змінюється від 5,6 км/с до 6,75 км/с. На стереопроєкції (додаток 15,В) в центральній частині спостерігається один мінімум із значенням 5,6 км/с, витягнутий в одному напрямку. Водночас, на стереопроєкції (додаток 15,А) простежуються 4 максимуми. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,8 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до 12.5° .

Зразку № 141(додаток 16) відповідає ромбічна симетрія акустичного тензору та аксіальна текстура. Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії змінюється в інтервалі від 1% до 8,5% (Додаток 16,А). Швидкість квазіповздовжної хвилі змінюється від 5,75 км/с до 6,55 км/с. На стереопроєкції (додаток 16,В) в центральній частині спостерігається два мінімуми із значенням 5,75 км/с. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,4 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від $0,2^{\circ}$ до $5,6^{\circ}$.

Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії зразка № 146(додаток 17) змінюється в інтервалі від 0% до 36%. Йому відповідає ромбічна симетрія акустичного тензора та планальна текстура. Швидкість квазіпоздовжної хвилі змінюється від 3,9 км/с до 6,5 км/с. На стереоекції (додаток 17,В) в центральній частині спостерігається один мінімум із значенням 3,9 км/с. Водночас, на стереоекції (додаток 17,А) простежуються 2 максимуми зліва та справа. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,85 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до 40° .

Стереоекція коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії зразка № 154(додаток 18) показує, що параметр змінюється в інтервалі від 0,5% до 15%. Швидкість квазіпоздовжної хвилі змінюється від 5,65 км/с до 6,5 км/с. На стереоекції (додаток 18,В) в центральній частині спостерігається один мінімум із значенням 5,65 км/с, витягнутий в двох напрямках. Водночас, на стереоекції (додаток 18,А) простежуються 2 максимуми зверху та знизу. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,4 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до $7,5^\circ$.

Зразку №155 (додаток 19) відповідає ромбічна симетрія акустичного тензора та планальна текстура. Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії змінюється в інтервалі від 0,5% до 9%. Швидкість квазіпоздовжної хвилі змінюється від 5,65 км/с до 6,45 км/с. На стереоекції(додаток 19,А) в правій та лівій частині спостерігаються два мінімуми. Водночас, на стереоекції (додаток 19,В) простежуються 2 максимуми зверху та знизу. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,23 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до $6,5^\circ$.

Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії зразка №158 (додаток 20) змінюється в інтервалі від 1,5% до 15,5%. Швидкість квазіпоздовжної хвилі змінюється від 5,15 км/с до 6,55 км/с. На стереопроєкції (додаток 20,А) в центральній частині спостерігається 1 мінімум. Водночас, на стереопроєкції (додаток 20,В) простежуються 2 максимуми справа та зліва. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,6 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до 12° .

Для зразка № 177(додаток 21) коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії змінюється в інтервалі від 3% до 23%. Швидкість квазіпоздовжної хвилі змінюється від 3,7 км/с до 5,5 км/с. На стереопроєкції(додаток 21,А) в центральній частині спостерігається 1 мінімум. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,7 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до 19° .

Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії зразка № 181 (додаток 22) змінюється в інтервалі від 1,5% до 10 %. Швидкість квазіпоздовжної хвилі змінюється від 5,45 км/с до 6,15 км/с. На стереопроєкції(додаток. 22,А) в центральній частині спостерігається 2 мінімуми. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,38 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до $6,5^\circ$.

Зразку №189(додаток 23) відповідає ромбічна симетрія. Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії змінюється в інтервалі від 0,5% до 9,5 %. Швидкість квазіпоздовжної хвилі змінюється від 5,75 км/с до 6,5–5 км/с. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,38 км/с.

Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до 6° .

Аналізуючи результати обрахунків зразків свердловини № 16906, встановлено, що досліджені зразки характеризуються середніми та низкими значеннями інтегрального коефіцієнту акустичної анізотропії A_μ . 36% зразків притаманна аксіальна текстура, а іншим 64% - планальна. Інтегральний коефіцієнт акустичної анізотропії зразків змінюється в інтервалі 0,78% (зразок №45) – 7,67%(зразок №11). Середнє значення коефіцієнту акустичної анізотропії – 3,8%. Відсутні високоанізотропні зразки з $A_\mu > 10\%$. Близько 18 % зразків притаманні середні значення коефіцієнту акустичної анізотропії $5\% < A_\mu < 10\%$, 82% зразків характеризуються низьким рівнем акустичної анізотропії.

В додатках 7-14 відображені побудовані стереопроєкції для зразків з свердловини №16906.

Для зразка № 14(додаток 7) коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії змінюється в інтервалі від 0,5% до 9,6%. Швидкість квазіповздовжної хвилі змінюється від 5,94 км/с до 6,5 км/с. На стереопроєкції (додаток 7,А) в центральній частині спостерігається 2 максимуми. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,54 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до $6,5^\circ$.

Для зразка № 16(додаток 8) коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії змінюється в інтервалі від 0,6% до 4,8%. Швидкість квазіповздовжної хвилі змінюється від 6,21 км/с до 6,47 км/с. На стереопроєкції (додаток 8,А) в центральній частині спостерігається 2 максимуми. Зліва та справа спостерігаються два мінімуми, які відповідають значенням 6,21 км/с(додаток. 8,В). Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,34 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень

квазіповздожної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до $2,7^\circ$.

Для зразка № 18 (додаток 9) коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії змінюється в інтервалі від 0% до 4%. Швидкість квазіповздожної хвилі змінюється від 6,18 км/с до 6,44 км/с. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,17 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздожної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до $2,7^\circ$.

Для зразка № 23(додаток 10) коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії змінюється в інтервалі від 2% до 24 %. Швидкість квазіповздожної хвилі змінюється від 5,15 км/с до 6,5 км/с. На стереопроєкції в центральній частині спостерігається 2 максимуми(додаток 10,А). Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 1,2 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздожної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до 22° .

Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії зразка № 25(додаток 11) змінюється в інтервалі від 1% до 9,5%. Швидкість квазіповздожної хвилі змінюється від 5,78 км/с до 6,34 км/с. На стереопроєкції в центральній частині спостерігається 2 мінімуми з показниками швидкості 5,78 км/с . Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,7 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздожної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до 6° .

Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії зразка № 39(додаток 12) змінюється в інтервалі від 0% до 8%. Швидкість квазіповздожної хвилі змінюється від 6,105 км/с до 6,245 км/с. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,65 км/с. Кут відхилення вектора пружних

зміщень квазіповздожної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до 2° .

Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії зразка № 45(додаток 13) змінюється в інтервалі від 1% до 7%. Присутні два максимуми та два мінімуми в центральній частині стереопроекції(додаток 13,А). Швидкість квазіповздожної хвилі змінюється від 6,14 км/с до 6,52 км/с. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,52 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздожної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до $4,4^\circ$.

Коефіцієнт диференціальної пружної анізотропії зразка № 48(додаток 14) змінюється в інтервалі від 0% до 13%. Швидкість квазіповздожної хвилі змінюється від 6,55 км/с до 6,45 км/с. Різниця швидкостей квазіпоперечних хвиль змінюється від 0 км/с до 0,9 км/с. Кут відхилення вектора пружних зміщень квазіповздожної хвилі від напрямку хвильової нормалі змінюється від 0° до $8,5^\circ$.

Для сланців:

Величина диференціального коефіцієнту пружної анізотропії зразків сланців змінюється від 0% до 36%. Напрямки хвильової нормалі, що відповідають екстремальним значенням фазових швидкостей, співпадають з мінімальними значеннями диференціального коефіцієнта пружної анізотропії. Максимальні кути відхилення до 40% (зразок №146). Для багатьох зразків можна виділити, що найменше, по два напрямки хвильової нормалі, вздовж яких поширюються поперечні моди з однаковими фазовими швидкостями. Різниця між швидкостями «швидкої» і «повільної» квазіпоперечних мод зразків змінюється від мінімальної 0,3 км/с до максимальної – 0,8 км/с, що свідчить про існування інтенсивних ефектів розщеплення квазіпоперечних хвиль і високу анізотропність середовища.

Для катаклазитів:

Величина диференціального коефіцієнту пружної анізотропії зразків катаклазитів (зразки №16, №18, №23, №25, №45, №48) змінюється від 0% до 24%. Максимальні кути відхилення до 27° (зразок №23). В інших зразках катаклазитів максимальні кути в середньому досягають 6°

Для мілонізованих гранітів:

Величина диференціального коефіцієнту пружної анізотропії зразків гранітів (зразки №14, №39) змінюється в інтервалі від 0% до 9,6%. Максимальні кути відхилення вектора пружних зміщень квазіпоздовжних хвиль від напрямку хвильової нормалі складають $6,5^\circ$. Різниця між швидкостями «швидкої» і «повільної» квазіпоперечних мод зразків змінюється від мінімальної 0,54 км/с до максимальної – 0,7 км/с.

Висновки

За результатами виконання досліджень був проведений аналіз літературних джерел та наукових статей щодо пружної та акустичної анізотропії, були проаналізовані структурно – текстурні характеристики метаморфічних гірських порід, параметри анізотропії зразків порід полігону КНГС, був проведений огляд повної процедури вимірювань та обробки даних, були побудовані стереопроєкції параметрів - фазових швидкостей квазіповздожної хвилі; різниці значень фазових швидкостей «швидкої» і «повільної» квазіпоперечних хвиль; коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії; кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздожної хвилі від напрямку хвильової нормалі.

В даній роботі було отримано наступні результати:

Розрахункові таблиці та наведені вище графіки залежності акустичної лінійності та акустичної сланцюватості. В даній роботі усі зразки характеризуються ромбічною симетрією. Виконується умова $\langle \mu_{11} \rangle \neq \langle \mu_{22} \rangle \neq \langle \mu_{33} \rangle$. В ході роботи було продемонстровано наявність у переважній кількості зразків саме планальна симетрія акустичного тензора. Приблизно 64 % зразків відповідають цьому критерію, решта зразків відповідають аксіальній симетрії.

За параметром коефіцієнта акустичної анізотропії зразки поділяються на: високоанізотропі ($A_\mu > 10\%$), середньоанізотропні ($5\% < A_\mu < 10\%$), низькоанізотропні ($0\% < A_\mu < 5\%$). Високоанізотропними являються 18% зразків - №147(20,32%), №158 (12,05%), №177 (16,24). Середньоанізотропними є 7 зразків(41%). Низькоанізотропними є також 7 зразків (41%). Максимальні значення притаманні сланцям, а мінімальні значення притаманні катаклазітам по плагіогранітам.

Величина диференціального коефіцієнту пружної анізотропії зразків сланців змінюється від 0% до 36%. Напрямки хвильової нормалі, що відповідають екстремальним значенням фазових швидкостей, співпадають з мінімальними значеннями диференціального коефіцієнта пружної анізотропії. Максимальні кути відхилення до 40% (зразок №146).

Величина диференціального коефіцієнту пружної анізотропії зразків катаклазитів змінюється від 0% до 24%. Максимальні кути відхилення до 27° (зразок №23). В інших зразках катаклазитів максимальні кути в середньому досягають 6°.

Величина диференціального коефіцієнту пружної анізотропії зразків гранітів змінюється в інтервалі від 0% до 9,6%. Максимальні кути відхилення вектора пружних зміщень квазіпоздовжних хвиль від напрямку хвильової нормалі складають 6,5°. Різниця між швидкостями «швидкої» і «повільної» квазіпоперечних мод зразків змінюється від мінімальної 0,54 км/с до максимальної – 0,7 км/с.

Інформація про акустичну та пружну анізотропію надає можливість характеризувати розподіл просторовий розподіл речовинного складу геологічних тіл. Такий матеріал також дає відповідь про структурно-текстурні особливості геологічної будови та про історію розвитку, механізми деформації території досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Г. Т. Продайвода, С. А. Вижва, Д. А. Безродний, І. М. Безродна - Акустичний текстурний аналіз метаморфічних порід Криворіжжя : монографія / Г. Т.– К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2011. – 368 с

Толстой М.І., Гожик А.П., Рева М.В., Степанюк В.П., Сухорада А.В. - Основи геофізики (методи розвідувальної геофізики) Підручник – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. – 446с.

Продайвода Г.Т. Основи сейсмоакустики. Київ: ВПУ “Київський університет”, 2000, 292с

Мечніков Ю.П. Глибина залягання та конфігурація залізистої товщі Кривого Рогу за даними МОВ. Структури Криворізьких родовищ багатих руд та закономірності їх розвитку на високих глибинах. - Київ: Наук, думка, 1981. - С. 179-180.

Курлов Н.С., Е.М. Шеремет, Н.А. Козарь, Д.С. Гурский, М.В. Гейченко, Н.П. Щербак и др. Криворожская сверхглубокая скважина СГ-8 , Донецк: изд-во «Ноулидж» (Донецкое отделение), 2011. — 555 с.

Stacey F.D., Banerjee S.K. The Physical Principles of Rock Magnetism.- Amsterdam :Elsevier,1974.- 195 p.

Додаток 1

Геолого-петрографічна характеристика зразків керну
розрізу свердловини №16906

№ піп.	Номери зразків	Інтервал глибини відбору керну, м	Петрографічний тип породи	Мінералогічний склад, %	Текстура	Структура
1	16906/14	207,1	Граніт катаклазований мілонітизований	польовий шпат – 65-70%, кварц-30-35%, слюда – до 5%	Орієтована, очкова	катакlastична
2	16906/16	212,0	Катаклазит по плагіограніту	Плагіоклаз 45-50%, кварц-35-40%, біотит – 30-35%	Орієтована, очкова	катакlastична
3	16906/18	217,4	Катаклазит по плагіограніту	Плагіоклаз 45-50%, кварц-35-40%, біотит – 30-35%	Орієтована, очкова	катакlastична
4	16906/23	227,4	Катаклазит по плагіограніту	Плагіоклаз 45-50%, кварц-35-40%, біотит – 30-35%	Орієтована, очкова	катакlastична
5	16906/25	234,7	Катаклазит по плагіограніту	Плагіоклаз 25-30%, кварц-65-70%,	Орієтована, очкова	катакlastична

				мусковіт – 5-10%		
6	16906/39	261,0	Граніт катаклазований мілонізований	польовий шпат – 65-70%, кварц-30-35%, слюда – до 5%	Сланцювата, очкова	гранобластова
7	16906/45	277,3	Катаклазит по плагіограніту	Плагіоклаз 25-30%, кварц-65-70%, мусковіт – 5-10%	Орієнтована, очкова	катакластична
8	16906/48	318,5	Катаклазит по лейкократовому граніту	польовий шпат – 55-60%, кварц-25-30%, слюда хлоритизована – 5-10%	Сланцювата	Гранобластова, катакластична

Геолого-петрографічна характеристика зразків керну
розрізу свердловини №16883

№ піп.	Номери зразків	Інтервал глибин відбору керну, м	Петрографічний тип породи	Мінералогічний склад, %	Текстура	Структура
1	16883 /138	201,8	Сланець біотит-амфібол-кварцовий	Кварц – 35%-40%, Біотит – 30%, амфібол – 30-35%	Орієнтована з елементами мікрошаруватості	Гранолепідобластова
2	16883 /141	204,6	Сланець біотит-амфібол-кварцовий	Кварц – 55%-60%, Біотит – 5-10%, амфібол – 15%	Орієнтована, сланцювата	Гранобласто-во-лепідобластова
3	16883 /146	209,0	Сланець біотит-кварцовий	кварц-65-70%, біотит – 25-30%	Неоднорідна, брекчіївидна (тріщини заповнені кварцом і карбонатом)	Гранолепідобластова
4	16883 /154	217,4	Сланець хлорит-кварц-амфіболовий	Кварц – 45%-50%, Хлорит – 15-20%, амфібол – 25-30%, Рудний – 1%	Сланцювата	Гранолепідобластова
5	16883 /155	218,4	Сланець біотит-амфібол-кварцовий	Кварц – 60% Біотит – 15-20%, амфібол – 20-25%	Брекчіївидна	Гранолепідобластова

6	16883 /158	221,2	Сланець амфібол- кварцови й	Кварц – 50- 55% Біотит – 1-2%, амфібол – 35- 40%	Сланцювата,	Гранолепідо бластова
7	16883 /177	231,0	Сланець біотит- амфібол- кварцови й	Кварц – 50- 55% Біотит – 5- 10%, амфібол – 35-40%	Сланцювата,	Гранолепідо бластова
8	16883 /181	245,7	Сланець біотит- амфібол- кварцови й	Кварц – 40- 45% Біотит – 10%, амфібол – 40% Плагіоклаз(о лігоклаз- андезит) 5%	Неорієнтовна , масивна	Гранолепідо бластова
9	16883 /189	246	Сланець біотит- амфібол- кварцови й	Кварц – 40- 45% Біотит – 10%, амфібол – 40% Плагіоклаз(о лігоклаз- андезит) 5%	Неорієнтовна , масивна	Гранолепідо бластова

Додаток 3

Власні значення і їх довірчі границі при 5% рівні значущості (в $10^6 \text{ м}^2\text{с}^{-2}$) - у чисельнику та їх власні напрямки - у знаменнику, детермінованої складової акустичного тензору зразка гірської породи свердловини №16906

Номери зразків	$\langle \mu_{11} \rangle \pm \Delta$	$\langle \mu_{22} \rangle \pm \Delta$	$\langle \mu_{33} \rangle \pm \Delta$	L_{μ}	S_{μ}	Інтегральний коефіцієнт анізотропії, A_{μ} , %	Симетрія акустичного тензору
	$\frac{l^{(1)}, m^{(1)}, n^{(1)}}{(1)}$	$\frac{l^{(2)}, m^{(2)}, n^{(2)}}{(2)}$	$\frac{l^{(3)}, m^{(3)}, n^{(3)}}{(3)}$				
14	<u>66,478±0,0</u> 558 -0,296; 0,303; - 0,906	<u>65,111±0,0</u> 554 -0,178; 0,914; 0,364	<u>63,408±0,0</u> 545 0,938; 0,269; - 0,217	1,02 1	1,02 7	1,93	планальна mmm
16	<u>68,575±0,0</u> 830 -0,199; - 0,409; - 0,891	<u>67,502±0,0</u> 825 -0,903; - 0,277; 0,329	<u>65,288±0,0</u> 842 -0,381; 0,870; - 0,314	1,01 6	1,03 4	2,04	планальна mmm
18	<u>68,719±0,0</u> 186 -0,221; - 0,602; - 0,767	<u>67,751±0,0</u> 187 0,756; - 0,602; 0,255	<u>65,935±0,0</u> 192 -0,616; - 0,524; 0,589	1,01 4	1,02 8	1,71	планальна mmm
23	<u>64,853±0,0</u> 506 0,824; - 0,535; - 0,186	<u>58,340±0,0</u> 504 0,495; 0,840; - 0,222	<u>54,257±0,0</u> 469 0,275; 0,091; 0,957	1,11 2	1,07 5	7,36	аксіальна mmm
25	<u>68,217±0,0</u> 113 -0,031; - 0,750; - 0,661	<u>64,542±0,0</u> 105 0,946; - 0,235; 0,222	<u>60,661±0,0</u> 115 -0,322; - 0,618; 0,717	1,05 7	1,06 4	4,78	планальна mmm

4 5	<u>67,484±0,094</u> <u>0</u> <u>-0,245; -</u> <u>0,939; 0,240</u>	<u>66,948±0,102</u> <u>2</u> <u>0,551; -0,339;</u> <u>-0,762</u>	<u>66,219±0,100</u> <u>1</u> <u>0,798; -0,054;</u> <u>0,601</u>	1,00 8	1,01 1	0,7 8	планальн а mm
4 8	<u>64,902±0,141</u> <u>2</u> <u>-0,160; -</u> <u>0,463; -0,872</u>	<u>64,014±0,148</u> <u>1</u> <u>-0,753; -</u> <u>0,514; 0,411</u>	<u>60,417±0,147</u> <u>4</u> <u>-0,639; 0,722;</u> <u>-0,266</u>	1,01 4	1,06 0	3,0 7	планальн а mm
3 9	<u>66,504±0,055</u> <u>1</u> <u>-0,247; 0,914;</u> <u>-0,322</u>	<u>63,563±0,058</u> <u>1</u> <u>-0,702; 0,060;</u> <u>0,709</u>	<u>62,115±0,059</u> <u>7</u> <u>0,668; 0,401;</u> <u>0,627</u>	1,04 6	1,02 3	2,8 5	аксіальна mm

Додаток 4

Власні значення і їх довірчі границі при 5% рівні значущості (в $10^6 \text{ м}^2\text{с}^{-2}$) - у чисельнику та їх власні напрямки - у знаменнику, детермінованої складової акустичного тензору зразка гірської породи свердловини №16883

Номери зразків	$\langle \mu_{11} \rangle \pm \Delta$	$\langle \mu_{22} \rangle \pm \Delta$	$\langle \mu_{33} \rangle \pm \Delta$	L_{μ}	S_{μ}	Інтегральний коефіцієнт анізотропії, $A_{\mu}, \%$	Симетрія акустичного тензору
	$l^{(1)}, m^{(1)}, n^{(1)}$	$l^{(2)}, m^{(2)}, n^{(2)}$	$l^{(3)}, m^{(3)}, n^{(3)}$				
138	$\frac{69,492 \pm 0,0}{821}$ 0,748; 0,552; - 0,369	$\frac{67,427 \pm 0,0}{803}$ -0,618; 0,782; - 0,081	$\frac{58,644 \pm 0,0}{760}$ 0,244; 0,288; 0,926	1,03 1	1,15 0	7,20	планальна mm
141	$\frac{69,462 \pm 0,0}{305}$ -0,327; - 0,904; 0,277	$\frac{62,755 \pm 0,0}{306}$ 0,894; - 0,391; - 0,221	$\frac{57,697 \pm 0,0}{298}$ 0,308; 0,175; 0,935	1,10 7	1,08 8	7,59	аксіальна mm
146	$\frac{62,765 \pm 0,2}{387}$ 0,570; 0,758; 0,316	$\frac{57,991 \pm 0,2}{359}$ -0,763; 0,631; - 0,138	$\frac{37,524 \pm 0,2}{197}$ -0,304; - 0,162; 0,939	1,08 2	1,54 5	20,32	планальна mm
154	$\frac{66,134 \pm 0,0}{528}$ 0,915; 0,040; - 0,401	$\frac{58,024 \pm 0,0}{520}$ -0,171; 0,939; - 0,298	$\frac{53,973 \pm 0,0}{546}$ 0,365; 0,342; 0,866	1,14 0	1,07 5	8,48	аксіальна mm
155	$\frac{66,583 \pm 0,1}{971}$ 0,882; - 0,135; 0,452	$\frac{62,099 \pm 0,2}{098}$ 0,413; 0,683; - 0,602	$\frac{57,914 \pm 0,2}{062}$ -0,228; 0,718; 0,658	1,07 2	1,07 2	5,68	планальна mm
158	$\frac{68,194 \pm 0,0}{194}$ -0,409; 0,846; - 0,344	$\frac{58,699 \pm 0,0}{187}$ -0,912; - 0,369; 0,177	$\frac{50,620 \pm 0,0}{185}$ 0,022; 0,386; 0,922	1,16 2	1,16 0	12,05	аксіальна mm

17 7	<u>46,239±0,095</u> <u>1</u> 0,536; - 0,704; 0,467	<u>43,087±0,091</u> <u>9</u> 0,789; 0,614; 0,020	<u>30,936±0,089</u> <u>6</u> -0,300; 0,358; 0,884	1,07 3	1,39 3	16,2 4	планальн а mm
18 1	<u>62,310±0,033</u> <u>7</u> -0,293; 0,870; -0,397	<u>58,066±0,035</u> <u>2</u> -0,756; - 0,465; -0,461	<u>53,489±0,034</u> <u>4</u> -0,586; 0,165; 0,794	1,07 3	1,08 6	6,20	планальн а mm
18 9	<u>68,924±0,041</u> <u>3</u> -0,301; 0,903; -0,306	<u>61,967±0,043</u> <u>7</u> -0,773; - 0,419; -0,476	<u>57,864±0,042</u> <u>5</u> -0,558; 0,093; 0,825	1,11 2	1,07 1	7,24	аксіальна mm

Додаток 5

Чисельні значення детермінованої складової ефективного тензору пружних постійних $\langle C_{mn} \rangle$ (ГПа) і їх довірчі границі при 5% рівні значущості зразка гірської породи свердловини 16906

Матричні індекси. C_{mn}	Номер зразка	Номер зразка	Номер зразка	Номер зразка
	14	16	18	23
C_{11}	99,1±1,5	107,3±1,6	102,3±0,8	113,6±6
C_{22}	106,5±0,6	103,8±1,7	107,1±1,1	95±4,5
C_{33}	102,5±3	111,3±2,2	111,8±0,9	101,8±3,1
C_{44}	36,3±1,1	35,5±1,5	36,6±0,6	24±2,6
C_{55}	39,2±2	37,6±1,4	36,5±1,2	22,3±2,1
C_{66}	31,7±0,7	36,5±1,2	38,6±0,7	40,7±5,1
C_{12}	24,3±2,9	37,7±1,8	36,8±3	34,3±5,1
C_{13}	39±3	29,5±2,3	33,1±3,3	39,6±22,5
C_{23}	32,9±2,2	44,4±1,7	34,8±1,5	50,2±23,1
C_{14}	-3,9±1,3	-5,4±1,4	3,4±2	0,3±10,6
C_{15}	-3,1±1,8	-0,3±0,9	4,2±2,6	1,1±4,3
C_{16}	4,2±1,7	1,7±1,1	-2,1±1,7	4±3,6
C_{24}	0,6±1	2,2±1,8	1,5±1,2	6±9,6
C_{25}	-4,1±2	-4,3±1,5	-4,1±2,2	12,9±5,4
C_{26}	0,9±0,4	-1,2±1,3	3±3,2	-0,3±4,3
C_{34}	2,9±0,8	-0,2±0,8	-2,1±1,2	-0,2±3
C_{35}	3,4±1,2	-0,4±0,9	-4,5±3,5	5,3±4,8
C_{36}	2,9±1,3	-5,8±1,2	-0,1±1,3	-3,5±16,7
C_{45}	-5±2	0,2±0,9	-0,5±1,8	-3,2±2,1
C_{46}	-0,2±0,6	1±0,9	0,2±1,7	-5,1±2,9
C_{56}	-3,7±1,7	-1,9±2,3	0,9±0,4	-5,7±8,5
Група симетрії тензору пружних постійних	mmm	mmm	mmm	mmm

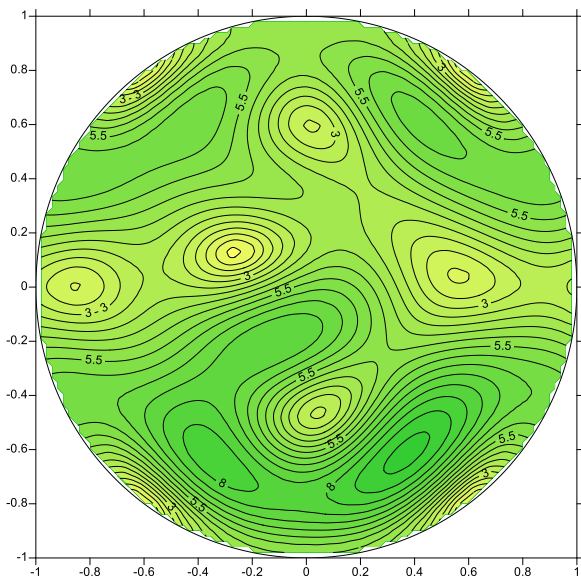
Номер зразка	Номер зразка	Номер зразка	Номер зразка
48	25	39	45
94,2±8,9	102,4±0,6	100,4±1,2	110,2±1,3
84,8±10,2	104,2±0,3	100±3,8	110,9±1,7
106,2±4,1	94,7±0,5	104,5±2,8	108,4±1,6
35,1±2,7	36,7±0,3	38,8±1,5	38±1,9
35,2±1,7	28,8±0,5	27±3	35,1±1,2
44,6±7,5	39,2±0,3	39,2±3	34,1±0,9
23,9±9,4	26,6±0,8	30,4±2	30,9±1,6
51,1±16,7	25,2±1,6	44,3±6,2	28±1,9
33,1±2,6	31,9±0,8	22±5,4	42,8±4,4
-4,3±1,6	-5,7±0,9	-1,1±1,7	-4,7±1,8
-3,4±3,9	0,2±0,4	0,2±3,7	4,4±1,8
-6,8±4,6	-3,2±0,8	1±2,3	0,3±0,6
-0,6±1,5	-7,2±0,9	-0,7±2,2	-0,7±1
-0,2±1,2	0±0,7	-1,8±3,3	-1,5±3
12±9,5	1,6±0,9	0,8±1,2	0±2,5
1,9±0,8	3±0,6	4,2±3,8	-0,5±0,6
9,2±7,2	-0,6±0,4	-1,3±3,6	-3,6±1,6
-7,3±6,4	0±0,7	-5,2±3,7	6,6±1,9
-4,9±5	1,1±0,5	-2,7±1,9	-0,1±2,4
-6±3,2	0,5±0,2	1,4±1,5	-1,1±2,2
-1,3±1,3	4,1±1	-3,7±3,3	1,6±1,1
mmm	mmm	mmm	mmm

Додаток 6

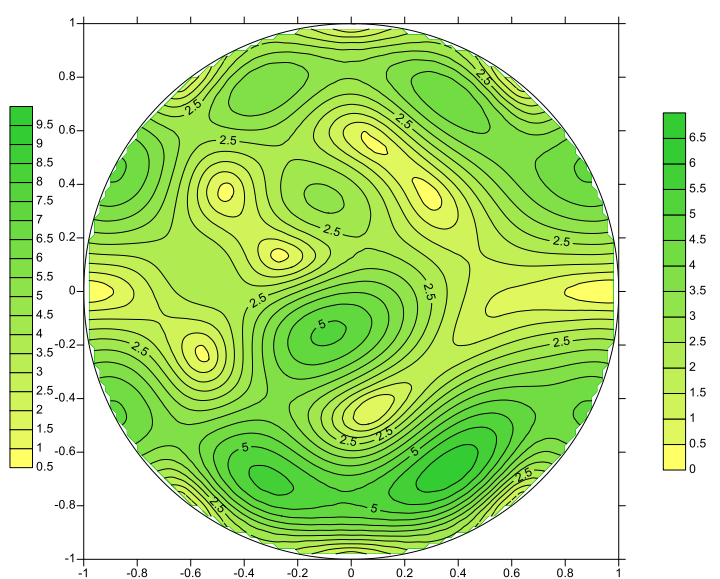
Чисельні значення детермінованої складової ефективного тензору пружних постійних $\langle C_{mn} \rangle$ (ГПа) і їх довірчі границі при 5% рівні значущості зразка гірської породи свердловини № 16883

Матричні індекси. C_{mn}	Номер зразка	Номер зразка	Номер зразка	Номер зразка	Номер зразка
	138	141	146	154	155
C ₁₁	130,5±3,1	110±1,2	100,4±0,9	118,4±1	119,3±0,4
C ₂₂	114±2,2	123,4±0,9	116,9±1,1	93,7±1,2	97,5±0,4
C ₃₃	90,9±3,2	97,6±2,3	49,9±2,7	89,9±0,9	106,9±0,5
C ₄₄	43,9±1,5	37,4±1,1	26±1,4	31,9±1,1	36,5±0,3
C ₅₅	33,6±2,5	31,8±1,3	28,8±1,5	30±1	40,4±0,4
C ₆₆	35,4±1,8	39,7±0,8	32,4±1,6	37,4±0,4	37,3±0,3
C ₁₂	25,7±2,3	34±1,5	33,3±3,2	31,7±0,7	30,9±0,5
C ₁₃	21,9±3,6	28,4±1,1	16,3±3,3	31,4±1,3	33,8±0,6
C ₂₃	26,1±2,9	36,7±1,1	17,6±2,5	30,6±2,1	23,4±0,5
C ₁₄	-1,4±2,8	-0,5±0,9	5,7±1,6	-1,8±1,1	2,8±0,5
C ₁₅	2,3±1,5	0±0,8	-0,1±1,5	-0,4±0,4	1,6±0,3
C ₁₆	-3,9±1,5	1,7±0,7	1,3±1,7	0±0,7	3,1±0,3
C ₂₄	3,6±4	-0,7±0,9	2,5±1,2	1,8±0,6	2,3±0,4
C ₂₅	-1,5±2,1	-1,8±1,2	-1,3±3,2	-2±0,9	-1,8±0,4
C ₂₆	2,3±1,9	-1,9±0,9	-5,5±2	1,1±0,7	-0,9±0,3
C ₃₄	-5,3±1,3	1,2±1,1	8,8±1	-0,9±0,5	-2,7±0,3
C ₃₅	0,5±1,3	0,9±0,6	5,2±1,7	-0,9±0,3	-0,6±0,2
C ₃₆	9,8±2,1	0,3±1	-7,3±2,9	2,4±0,9	0,3±0,4
C ₄₅	1,2±2,2	0,4±0,5	3,6±1	-1,3±0,3	-2±0,2
C ₄₆	-2,4±1,8	-1±1	-5±1,2	1±0,5	-1±0,3
C ₅₆	1,8±3,3	-0,1±1	-10,9±1,6	-0,6±0,6	0,2±0,4
Група симетрії тензору пружних постійних	mmm	mmm	mmm	mmm	mmm

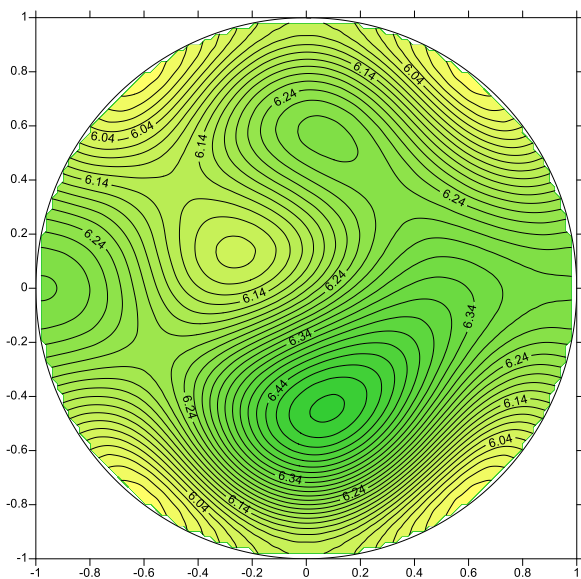
Матричні індекси. C_{mn}	Номер зразка	Номер зразка	Номер зразка	Номер зразка
	158	177	181	189
C_{11}	$102,9 \pm 1,3$	$62,9 \pm 1$	$100,2 \pm 0,9$	$106,9 \pm 1,1$
C_{22}	$123,9 \pm 0,7$	$77,1 \pm 1,1$	$112,6 \pm 0,8$	$122,2 \pm 0,9$
C_{33}	$81,6 \pm 0,9$	$39,2 \pm 2$	$90,7 \pm 0,6$	$96,6 \pm 1,2$
C_{44}	$35,5 \pm 1$	$20,2 \pm 1,3$	$32,8 \pm 0,6$	$38,7 \pm 0,8$
C_{55}	$29,2 \pm 0,5$	$26,3 \pm 1,1$	$32,7 \pm 0,5$	$33,7 \pm 0,7$
C_{66}	$37,6 \pm 1$	$30,5 \pm 1,3$	$36,7 \pm 0,7$	$40,3 \pm 0,8$
C_{12}	$29,9 \pm 0,9$	14 ± 2	$36 \pm 1,2$	$40,7 \pm 2,1$
C_{13}	$22,2 \pm 1$	$8,5 \pm 2,7$	$22,6 \pm 1,1$	$33,8 \pm 1,2$
C_{23}	$29 \pm 0,9$	$15,9 \pm 2,5$	$31 \pm 1,2$	$34,3 \pm 1$
C_{14}	$-2,1 \pm 0,6$	$-10,3 \pm 1,8$	$6,3 \pm 0,9$	$0,1 \pm 0,9$
C_{15}	$0,9 \pm 0,5$	$1,3 \pm 2,1$	$3,6 \pm 0,6$	$2 \pm 0,6$
C_{16}	$-1,2 \pm 0,3$	$-7,9 \pm 1,6$	$-1,5 \pm 0,4$	$-2,2 \pm 0,6$
C_{24}	$-0,8 \pm 0,7$	$1,3 \pm 1$	$0,1 \pm 0,7$	$3 \pm 1,4$
C_{25}	$7,9 \pm 0,7$	$-2 \pm 1,9$	$-3,4 \pm 0,9$	$-4 \pm 0,7$
C_{26}	$1,1 \pm 0,4$	$4,5 \pm 1,1$	$0,1 \pm 0,4$	$2,7 \pm 0,7$
C_{34}	$1,1 \pm 0,4$	$2,1 \pm 1$	$-1,1 \pm 0,6$	$-4 \pm 0,9$
C_{35}	$3,5 \pm 0,8$	$1,4 \pm 1,3$	$-4 \pm 0,6$	$2,5 \pm 1,2$
C_{36}	$-0,3 \pm 0,7$	$2,5 \pm 1,6$	$-4,4 \pm 0,7$	$1,6 \pm 1,5$
C_{45}	$0,4 \pm 0,5$	$2,9 \pm 1,2$	$2 \pm 0,5$	$-0,8 \pm 0,4$
C_{46}	$-4,3 \pm 0,4$	$-3 \pm 1,2$	$0,6 \pm 0,6$	$-4,3 \pm 1,4$
C_{56}	$-0,5 \pm 0,6$	$-4,3 \pm 0,9$	$0,8 \pm 0,5$	$0,9 \pm 0,7$
Група симетрії тензору пружних постійних	mmm	mmm	mmm	mmm



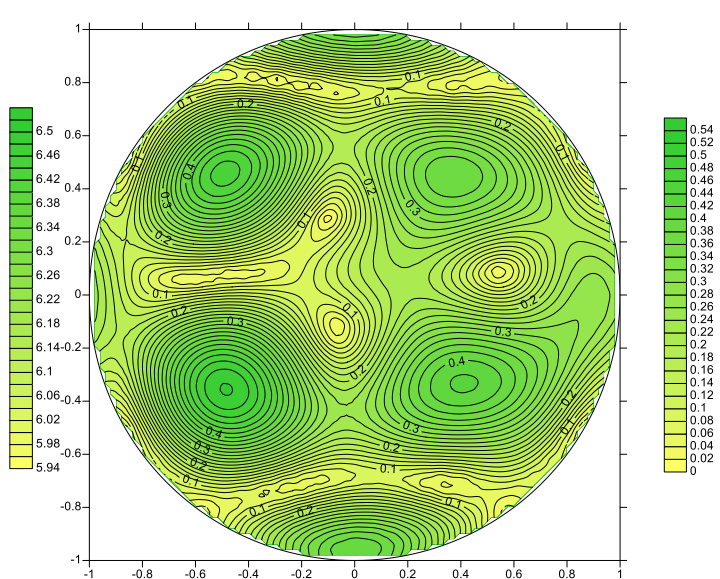
А)



Б)

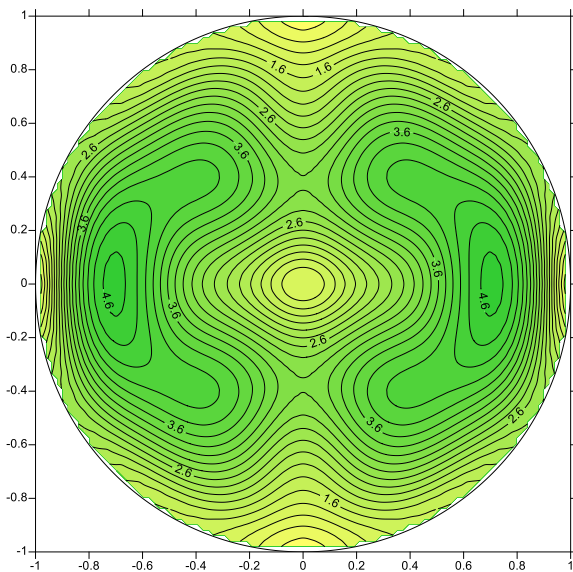


В)

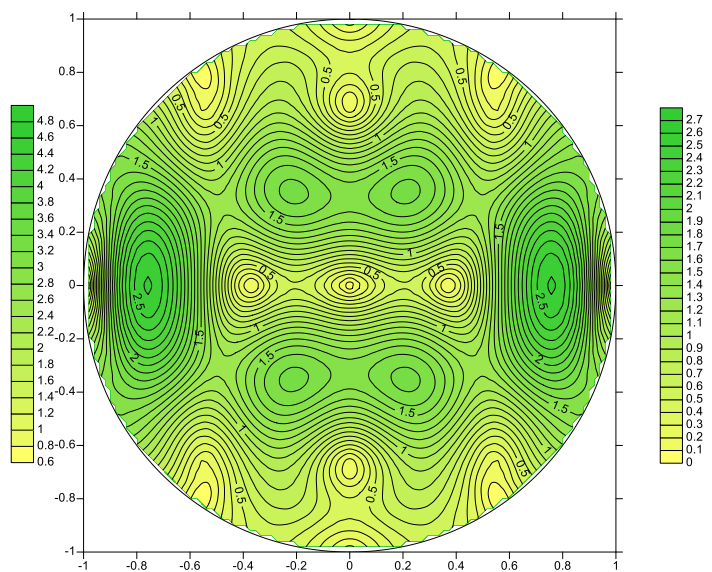


Г)

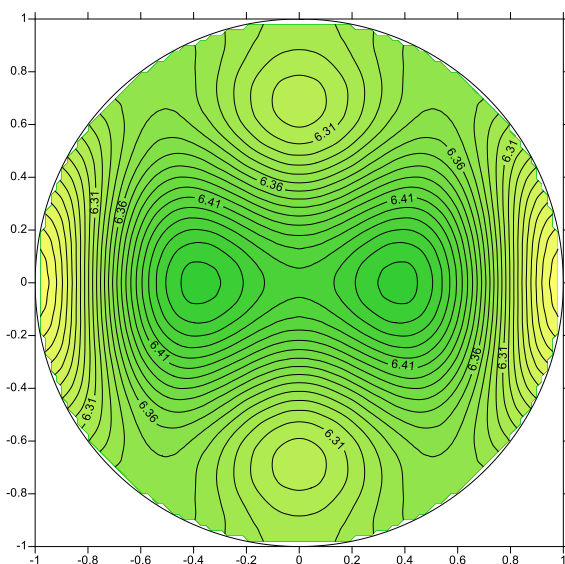
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №14 свердловини 16906, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей "швидкої" і "повільної" квазіпоперечних хвиль (км/с).



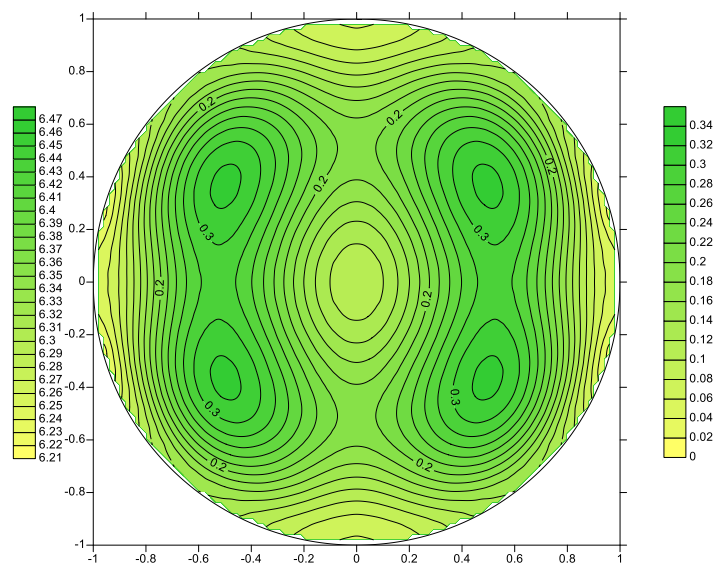
А)



Б)

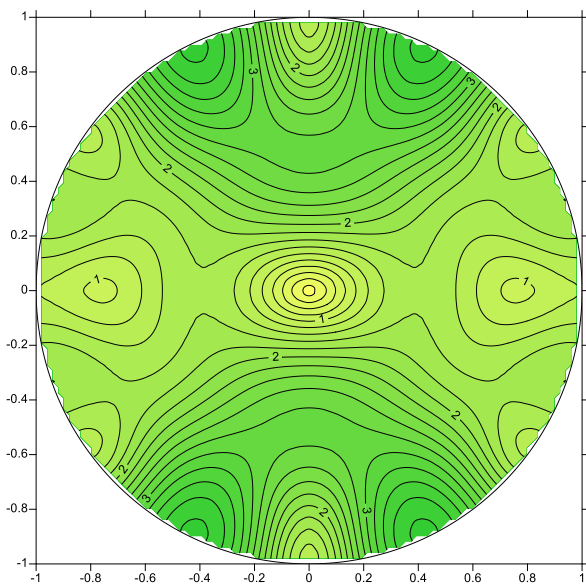


В)

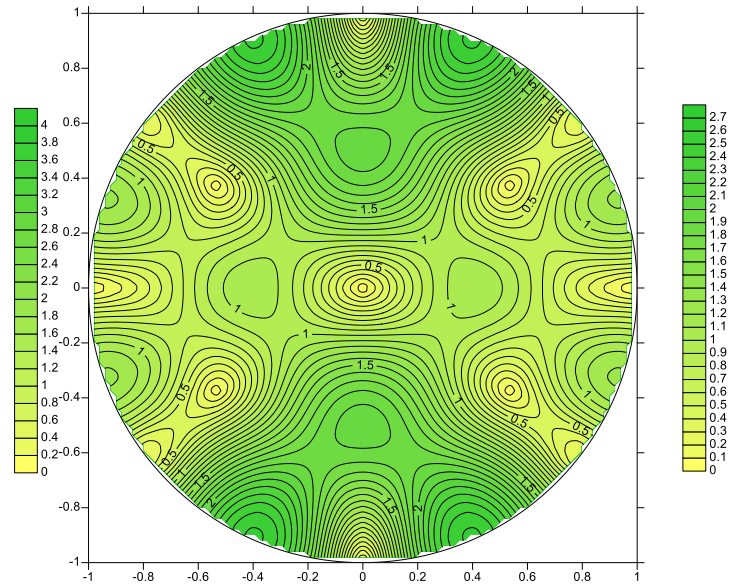


Г)

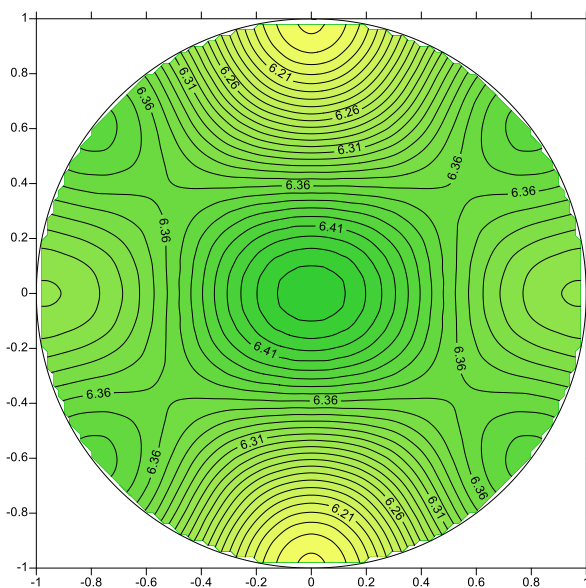
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №16 свердловини 16906, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей "швидкої" і "повільної" квазіпоперечних хвиль (км/с).



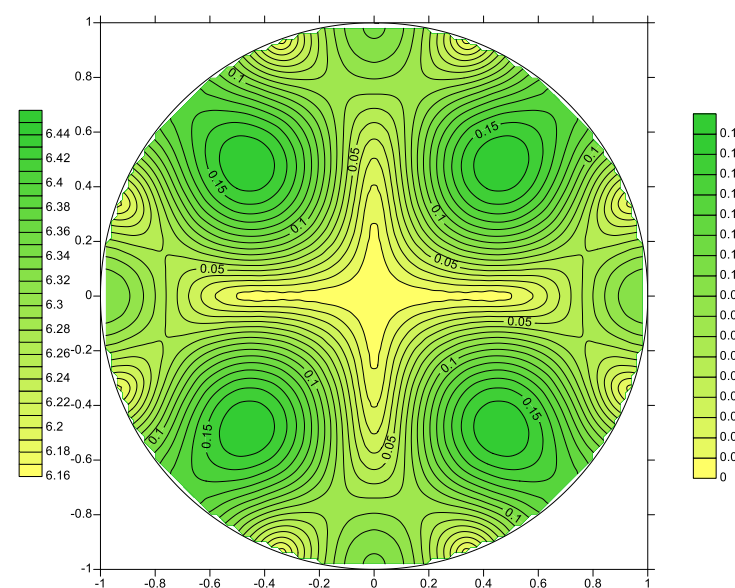
А)



Б)

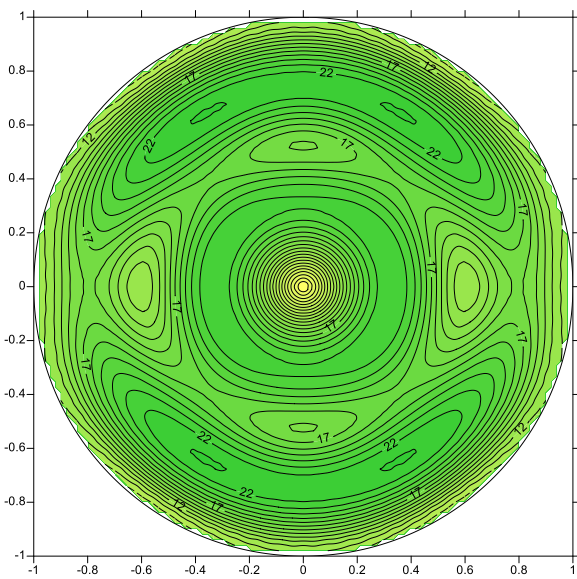


В)

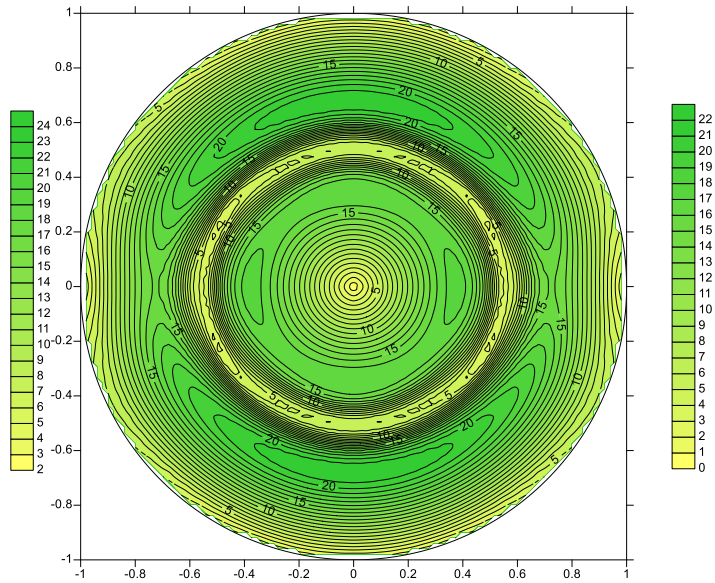


Г)

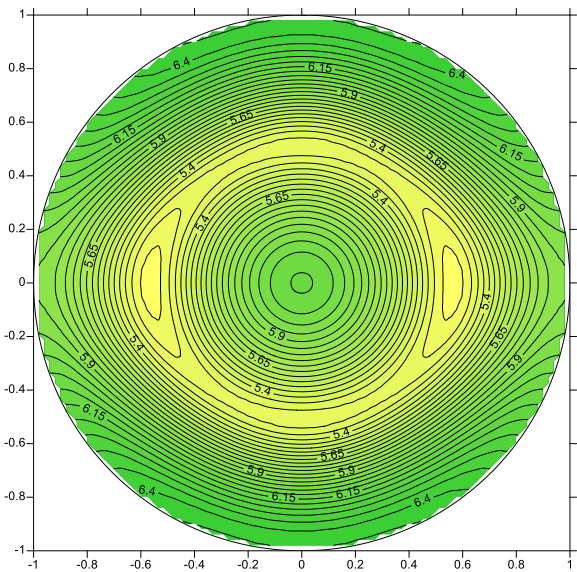
Стереопроєкції ізолій значень параметрів анізотропії зразків №18 свердловини 16906, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



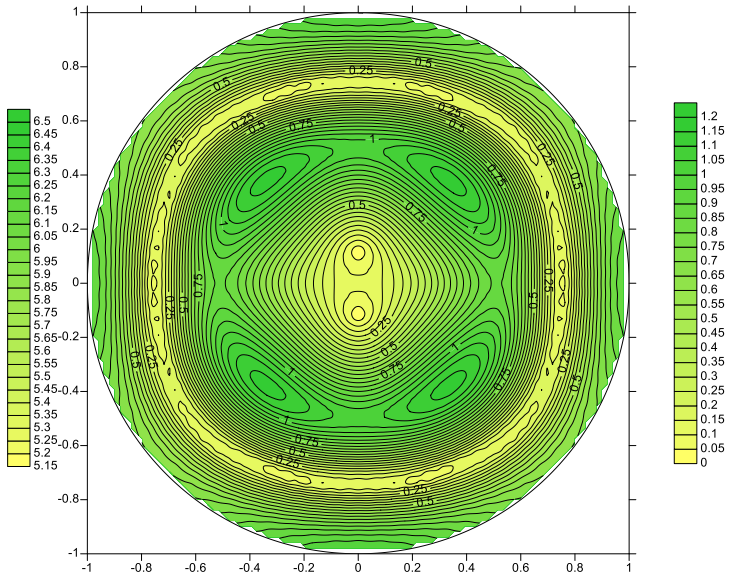
А)



Б)

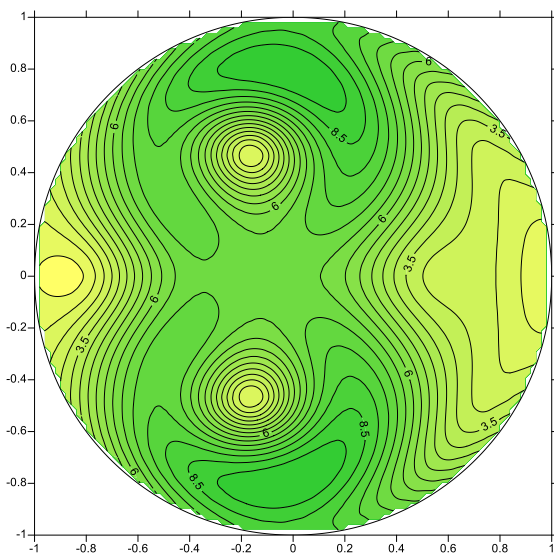


В)

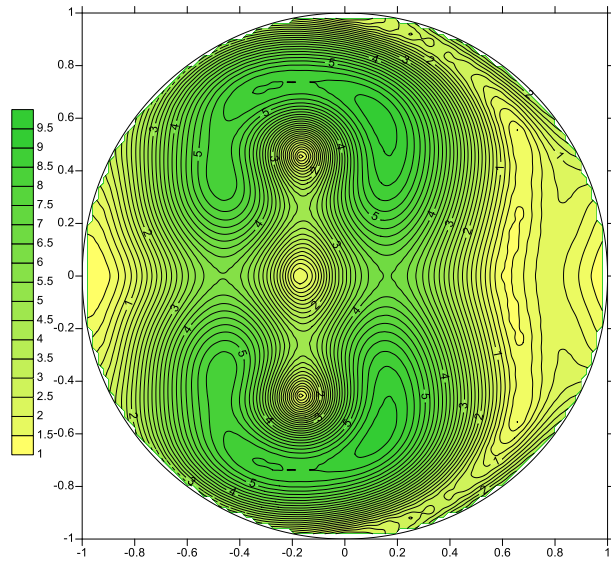


Г)

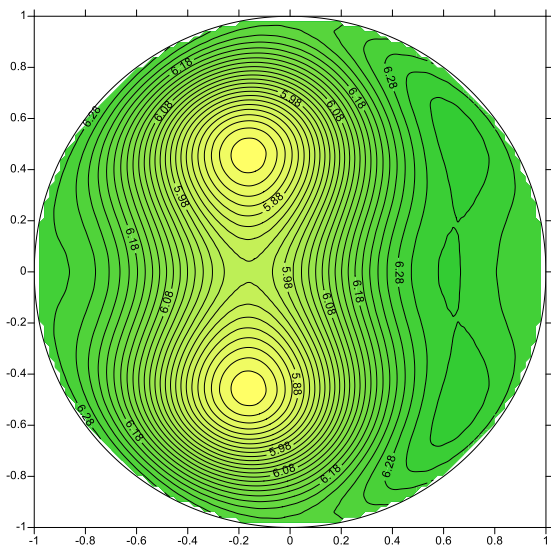
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №23 свердловини 16906, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г– різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



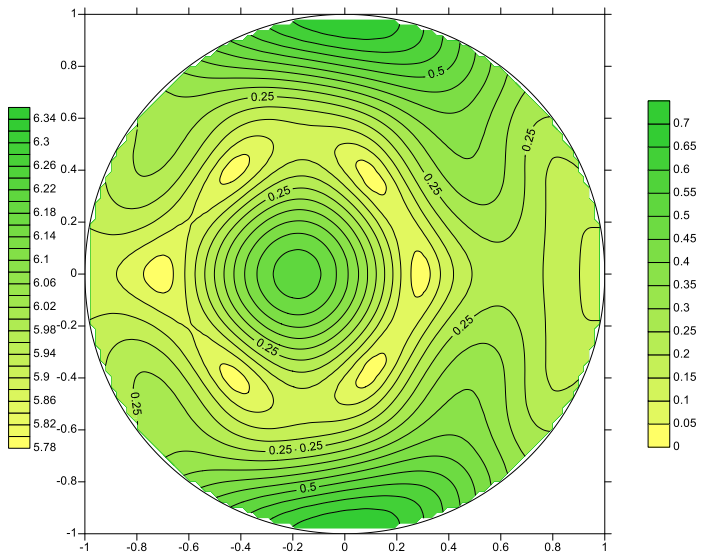
А)



Б)

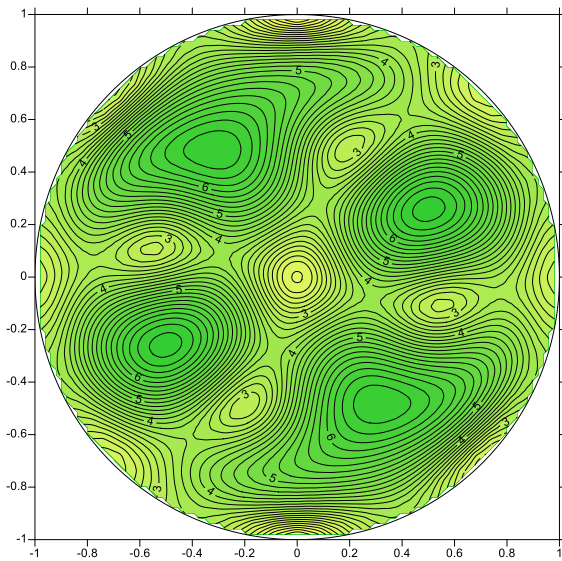


В)

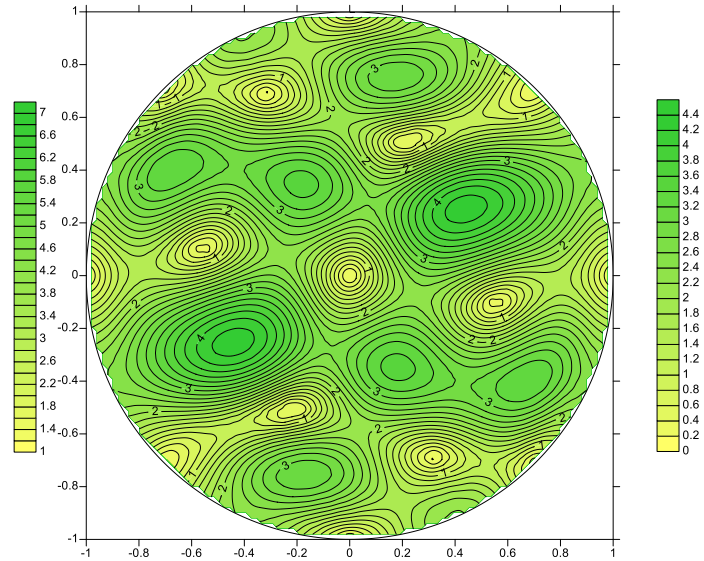


Г)

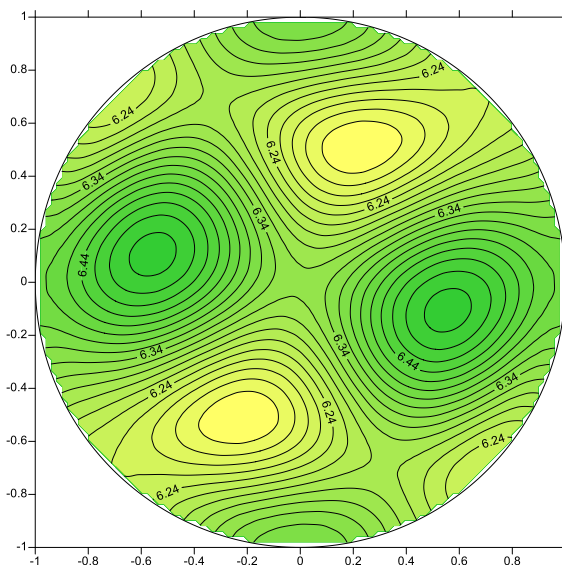
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №25 свердловини 16906, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей "швидкої" і "повільної" квазіпоперечних хвиль (км/с).



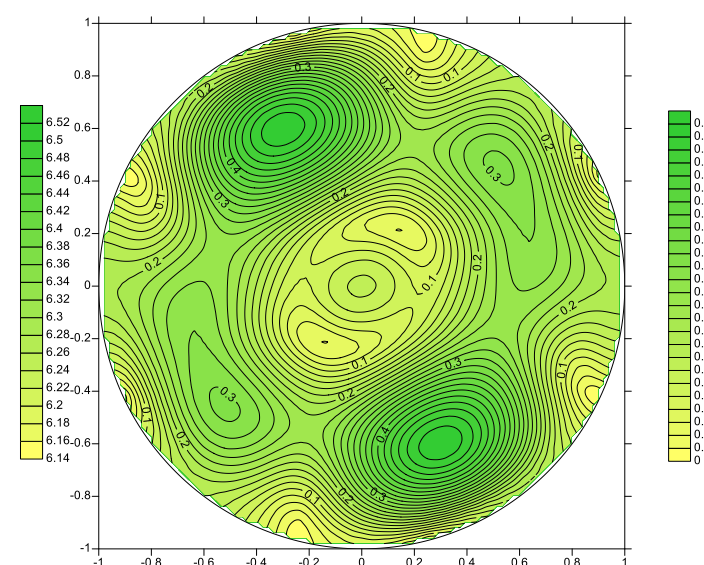
А)



Б)

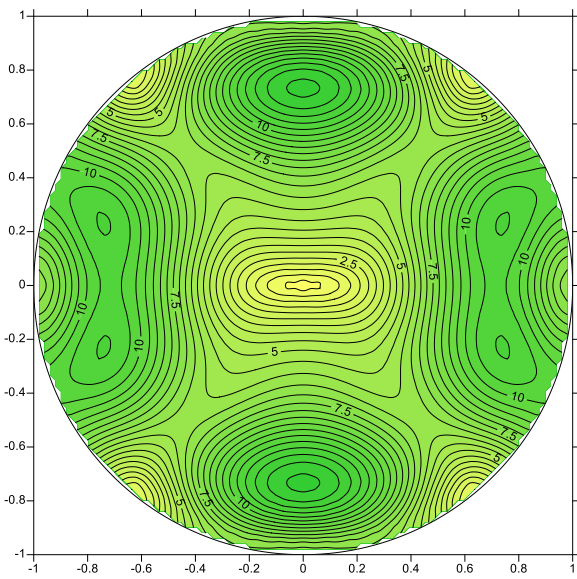


В)

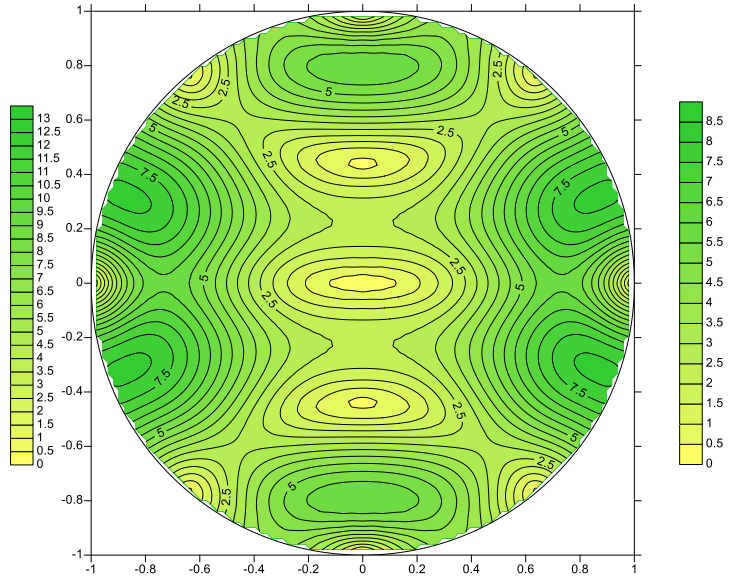


Г)

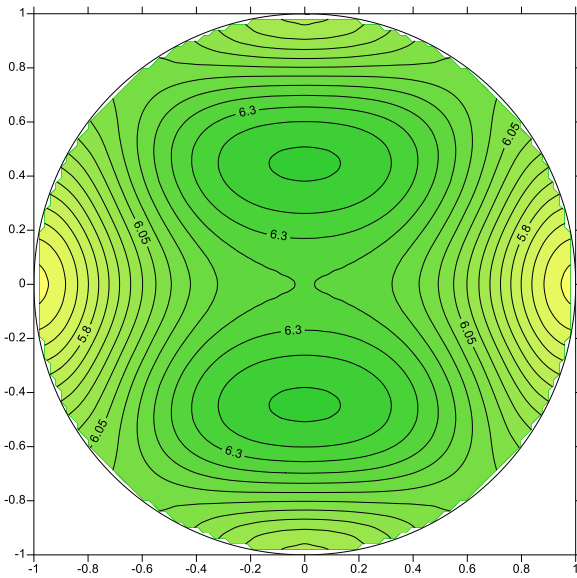
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №45 свердловини 16906, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



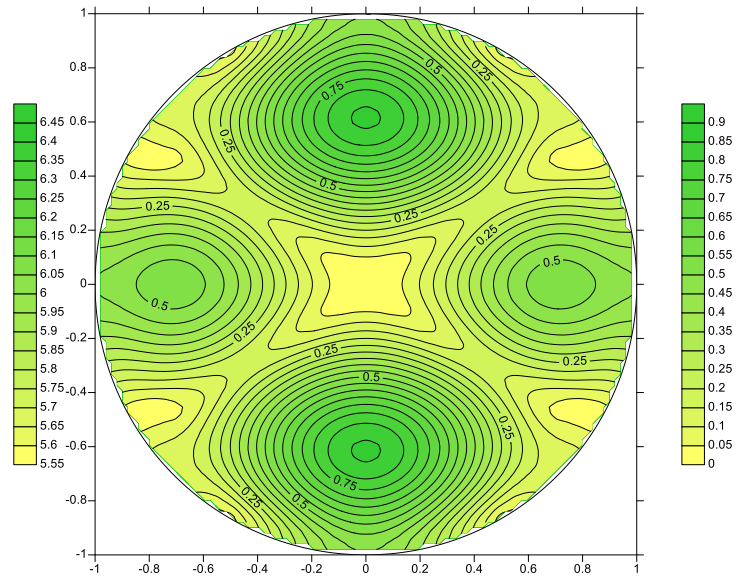
А)



Б)

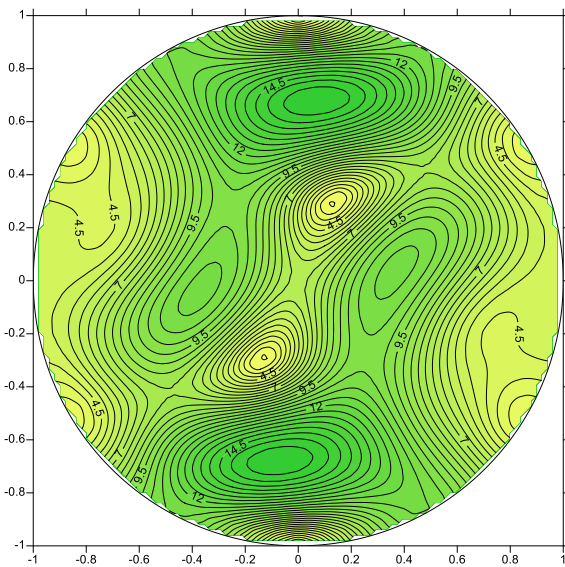


В)

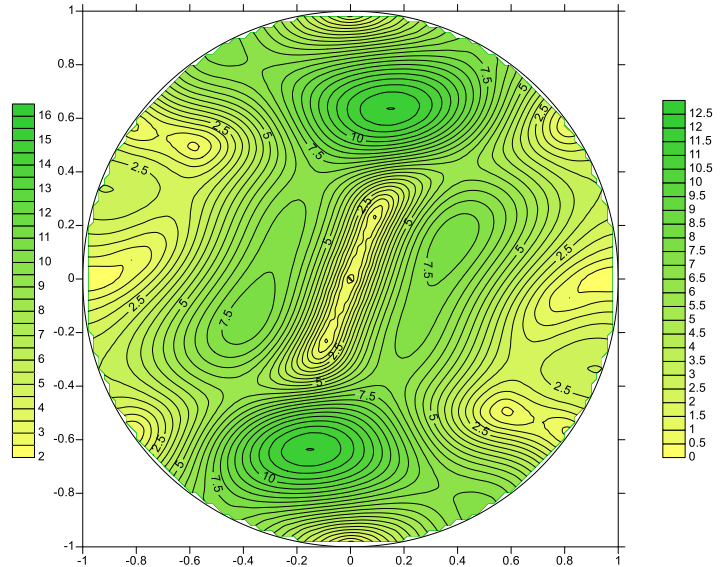


Г)

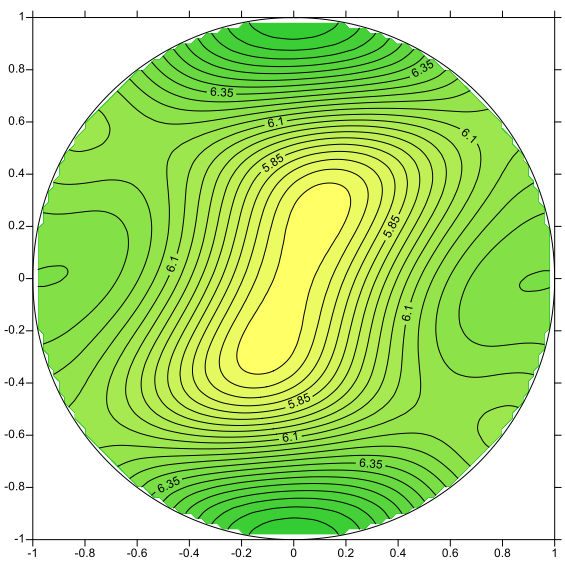
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №48 свердловини 16906, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



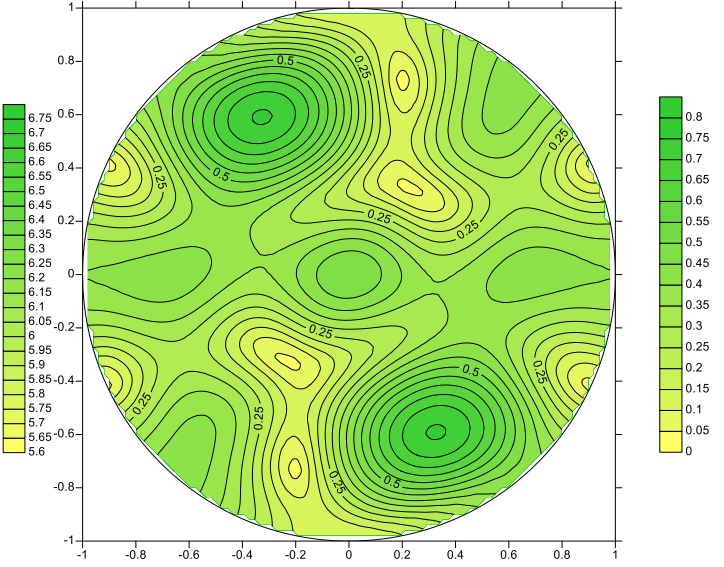
A)



Б)

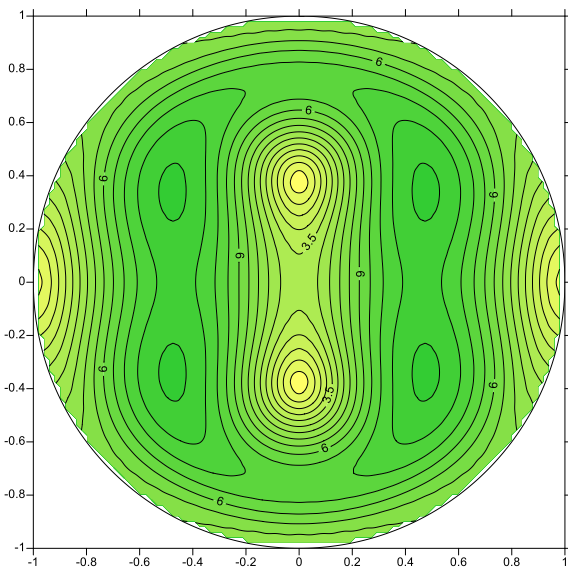


В)

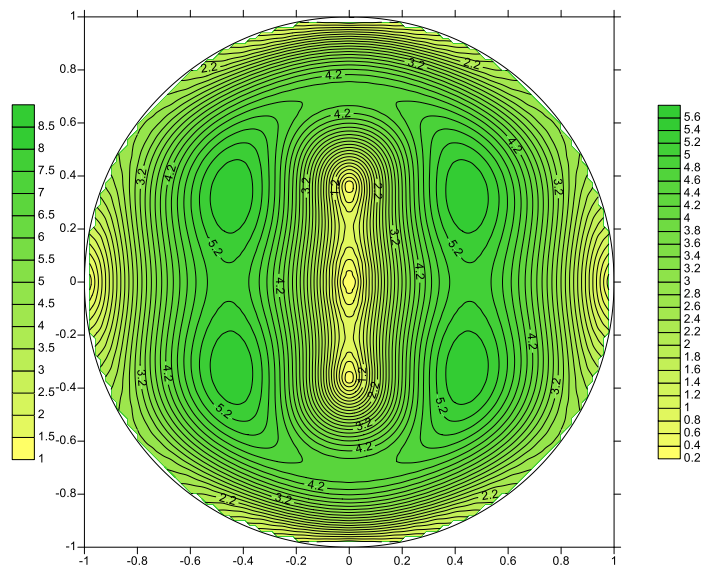


Г)

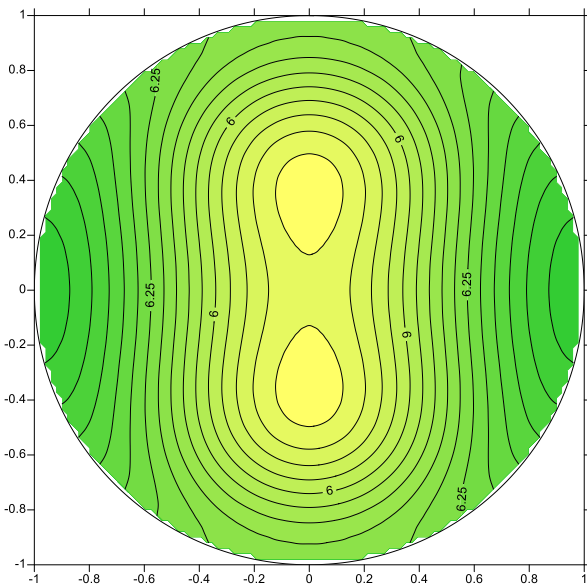
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №138 свердловини 16883, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



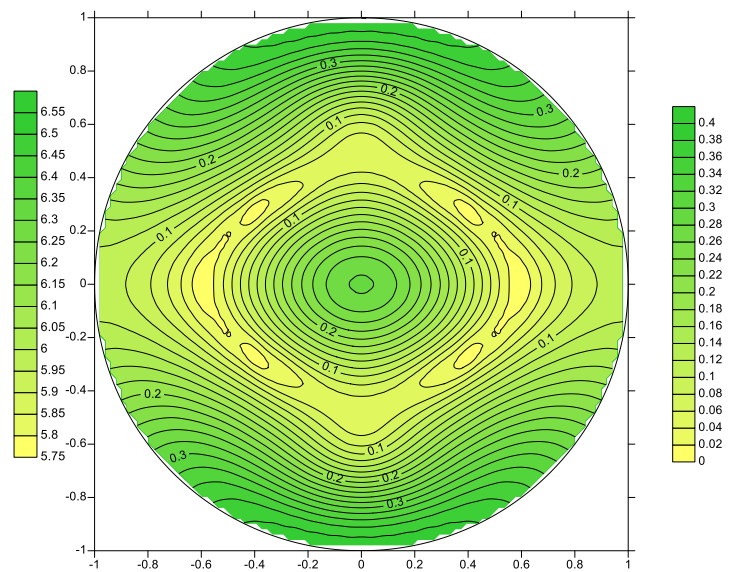
А)



Б)

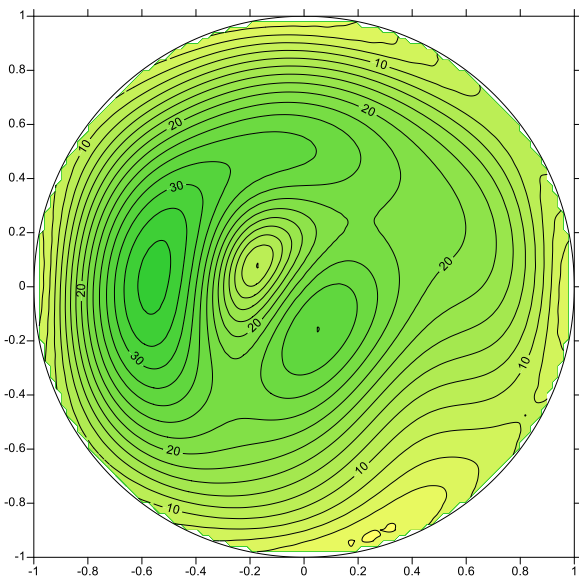


В)

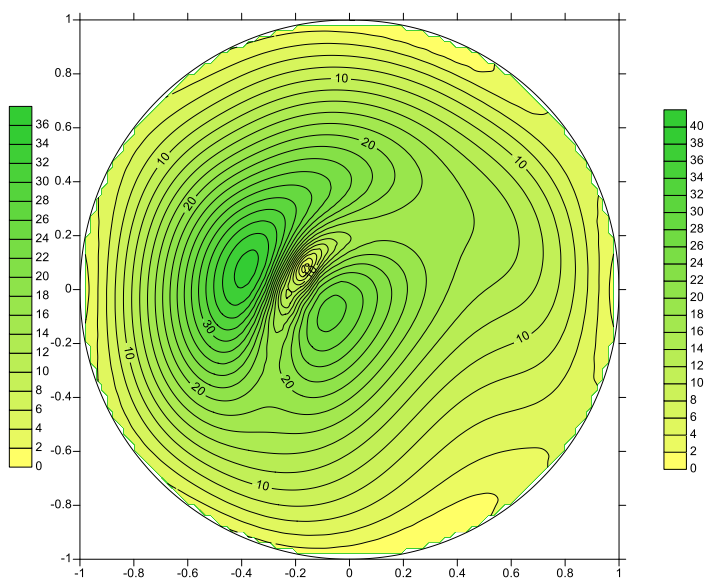


Г)

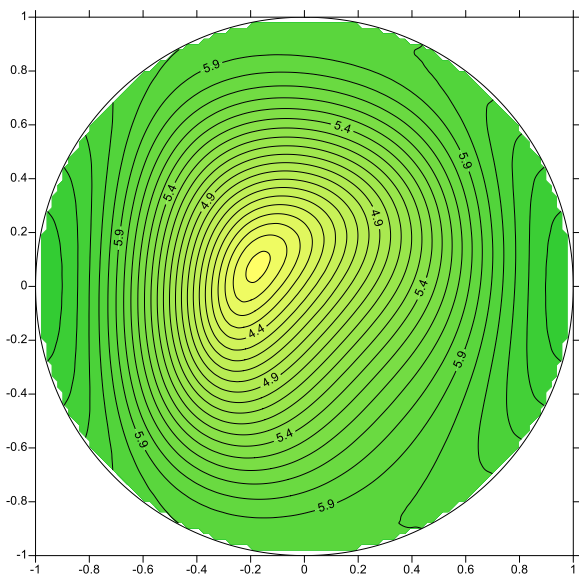
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №141 свердловини 16883, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



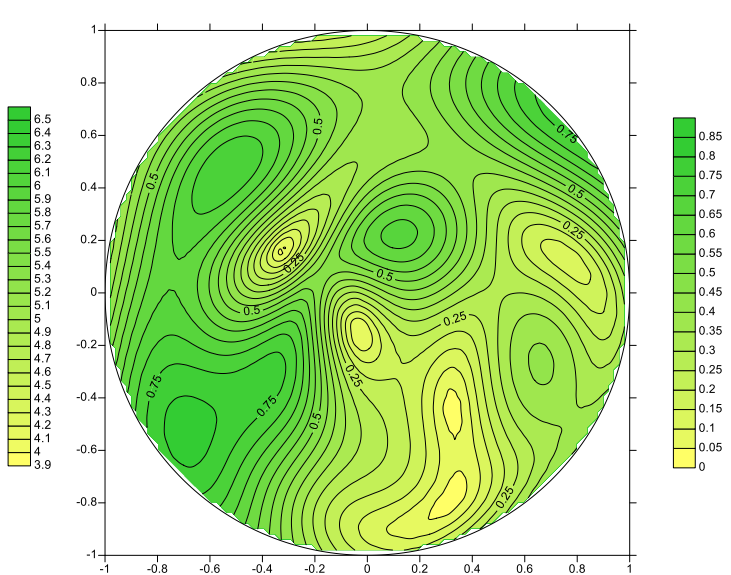
А)



Б)

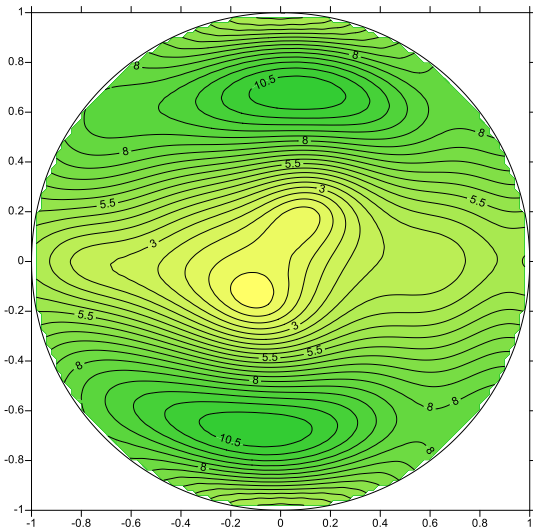


В)

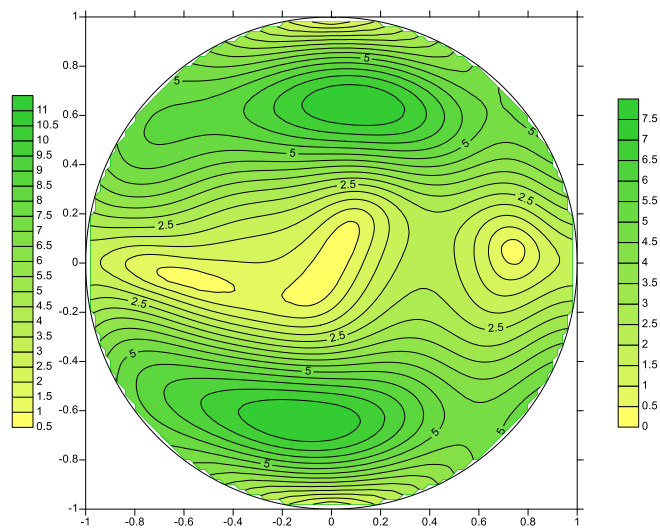


Г)

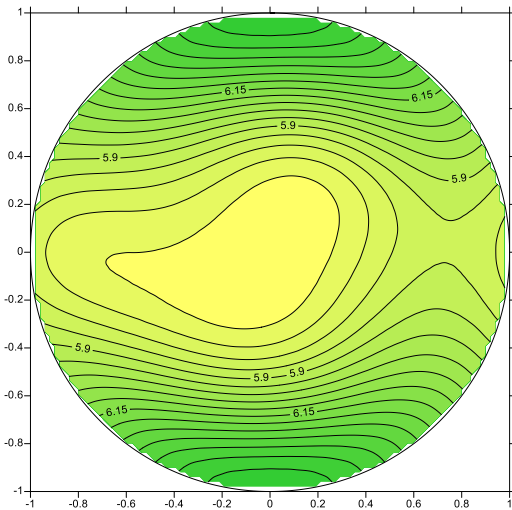
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №146 свердловини 16883, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей "швидкої" і "повільної" квазіпоперечних хвиль (км/с).



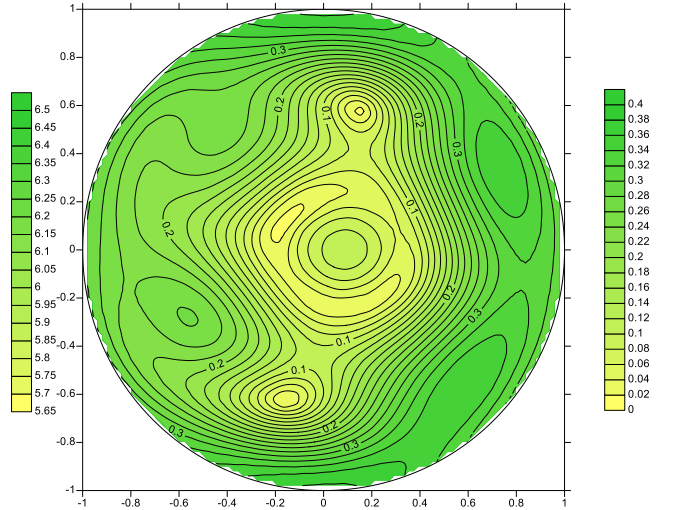
А)



Б)

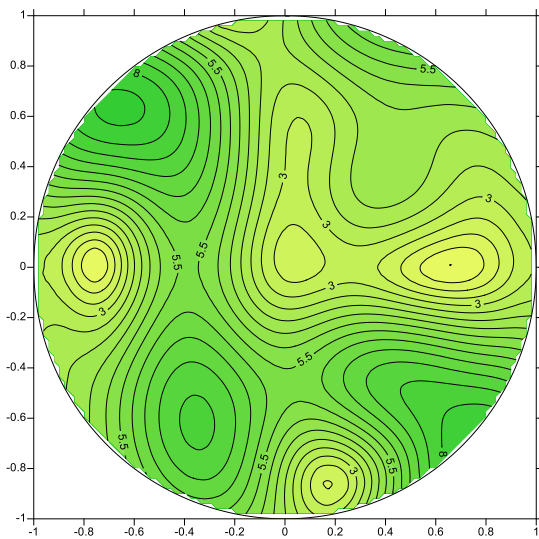


В)

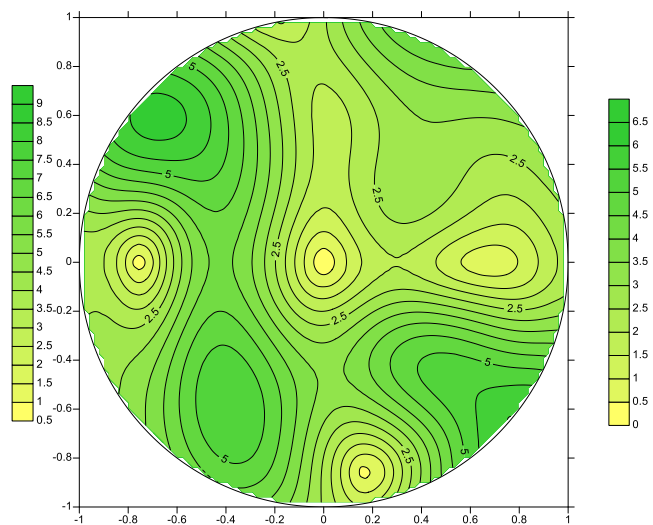


Г)

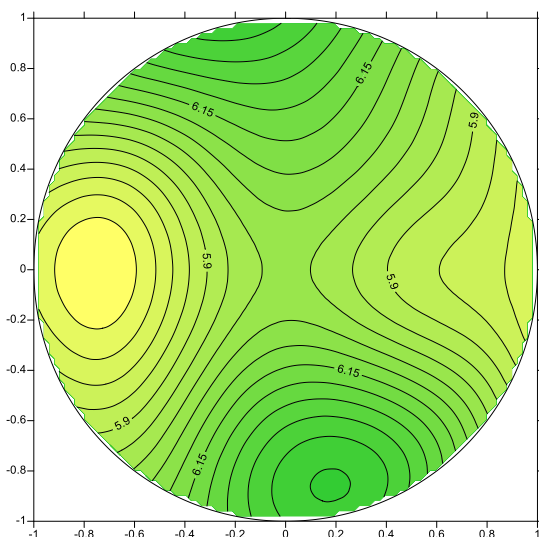
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №154 свердловини 16883, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



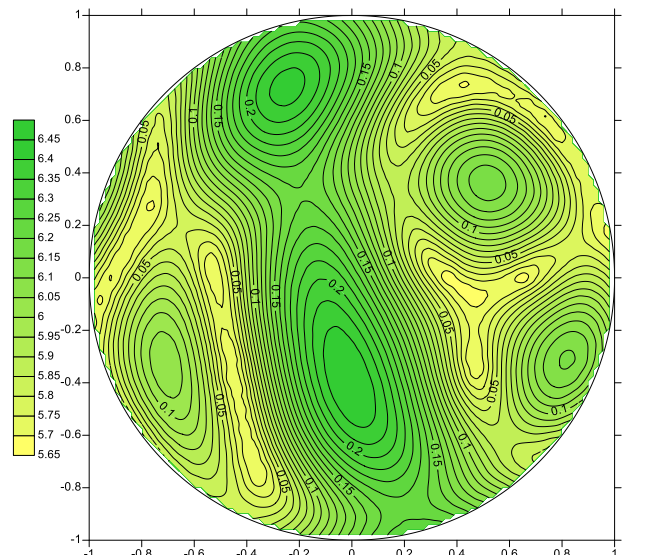
А)



Б)

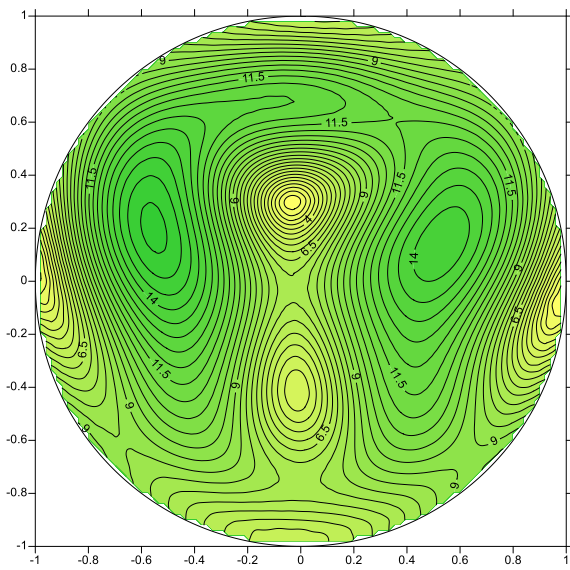


В)

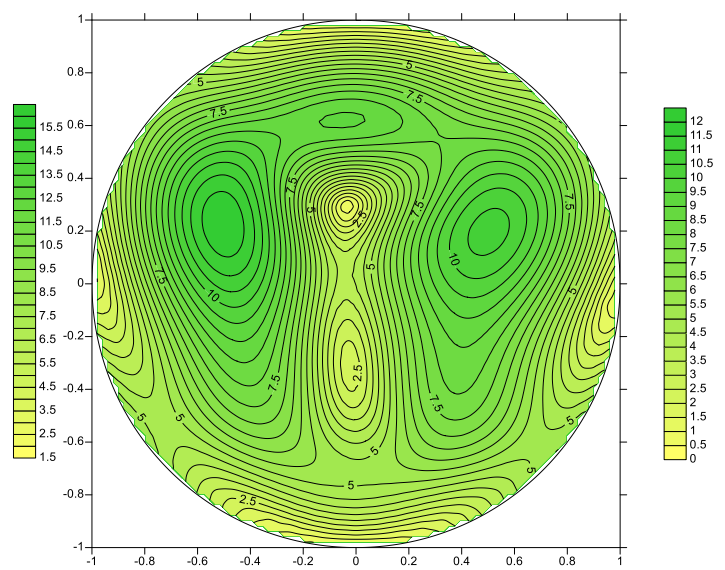


Г)

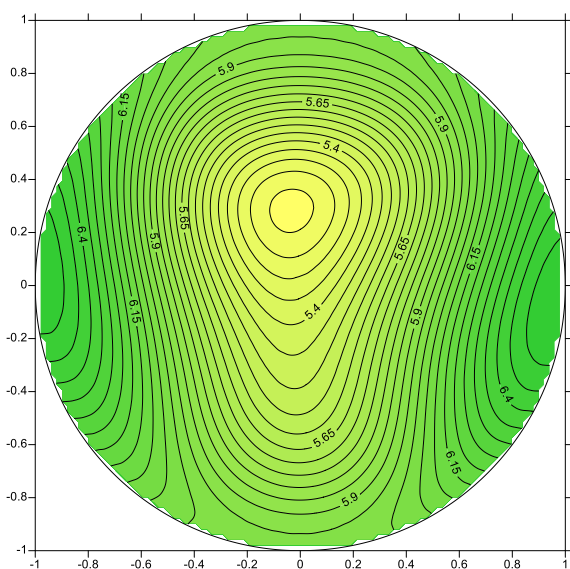
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №155 свердловини 16883, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей "швидкої" і "повільної" квазіпоперечних хвиль (км/с).



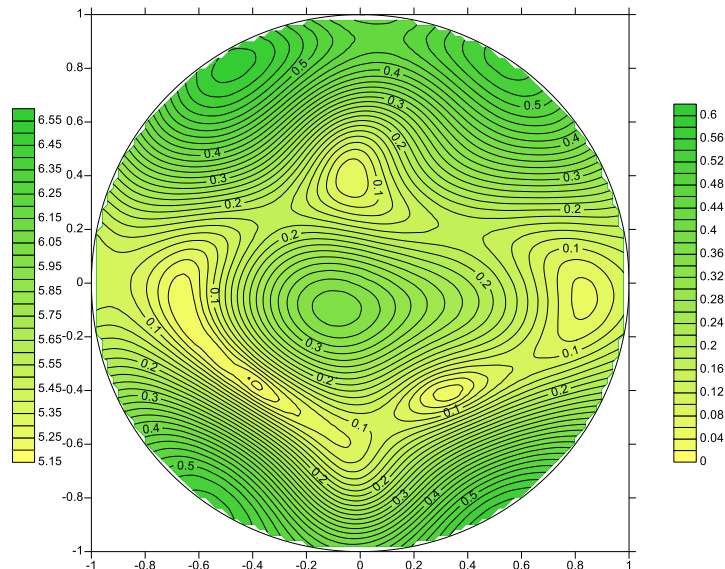
А)



Б)

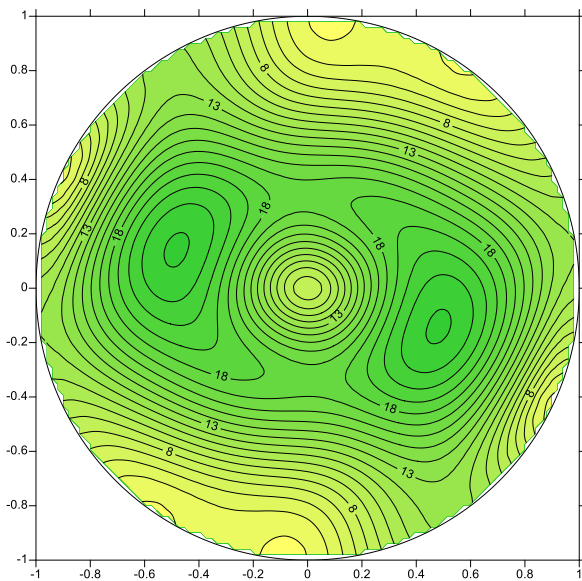


В)

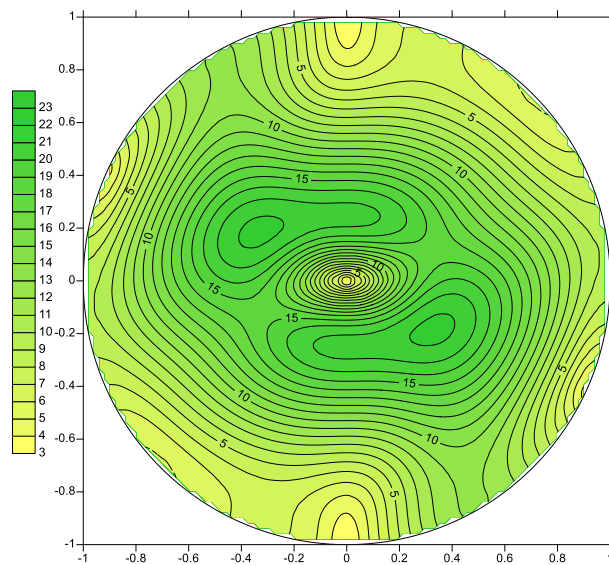


Г)

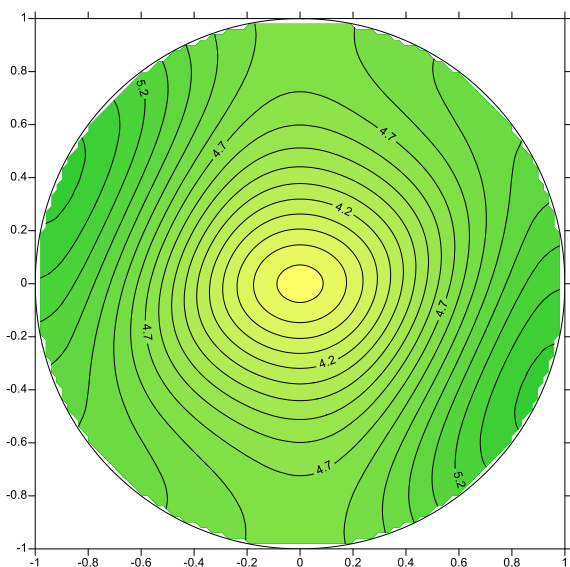
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №158 свердловини 16883, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



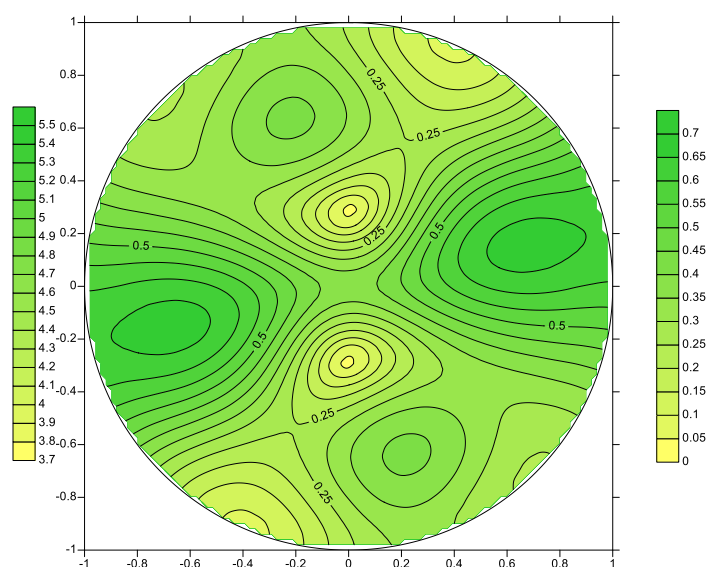
А)



Б)

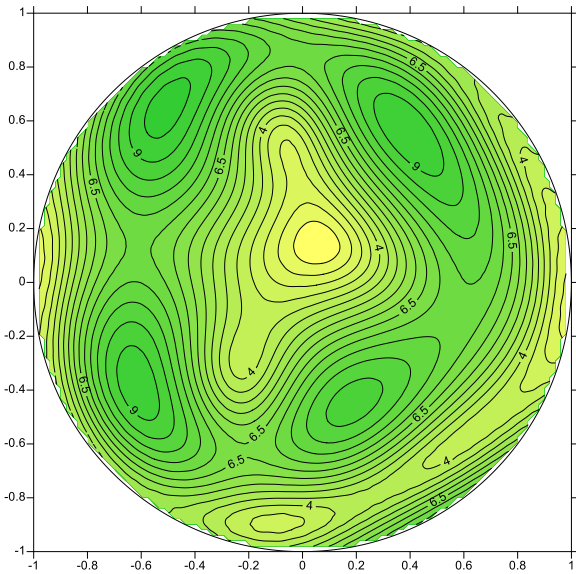


В)

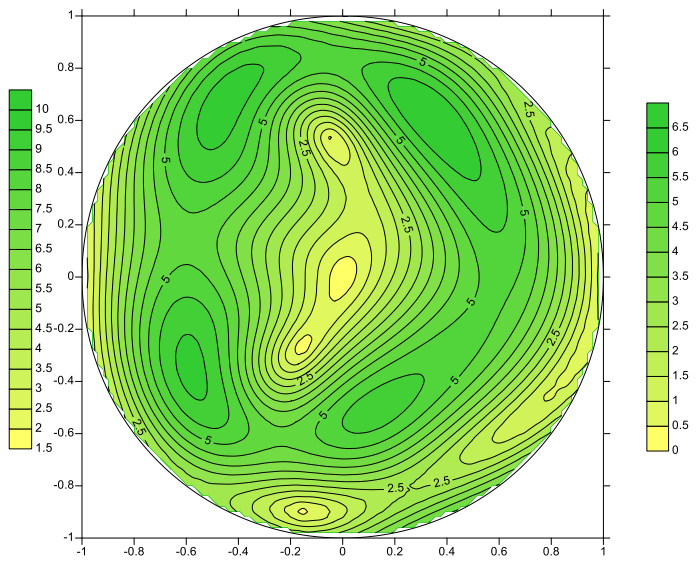


Г)

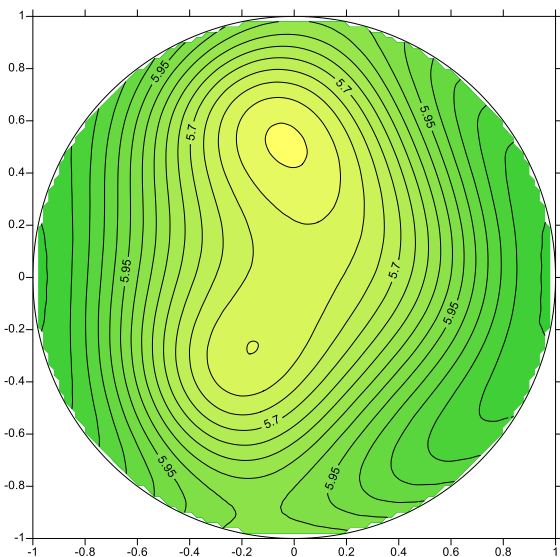
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №177 свердловини 16883, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



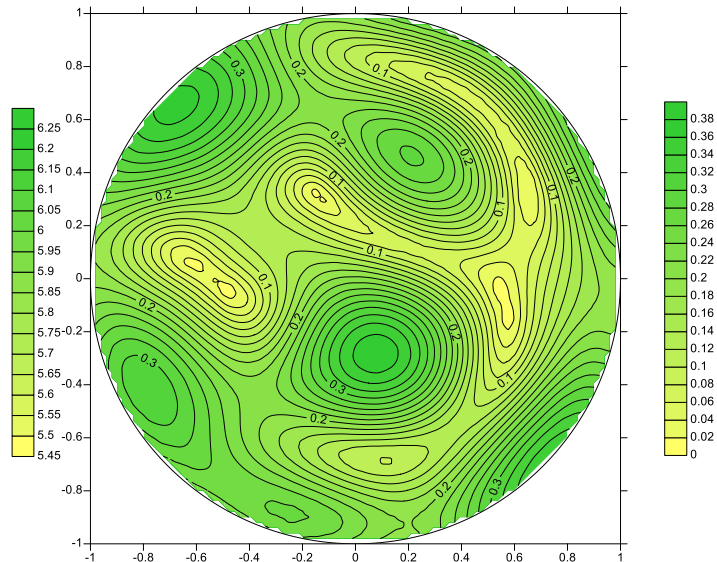
А)



Б)

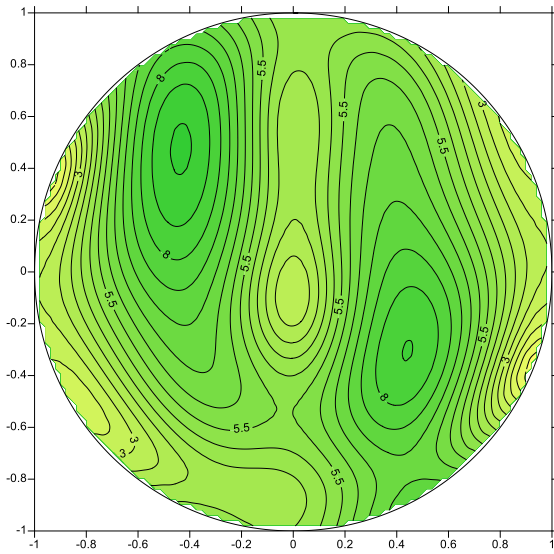


В)

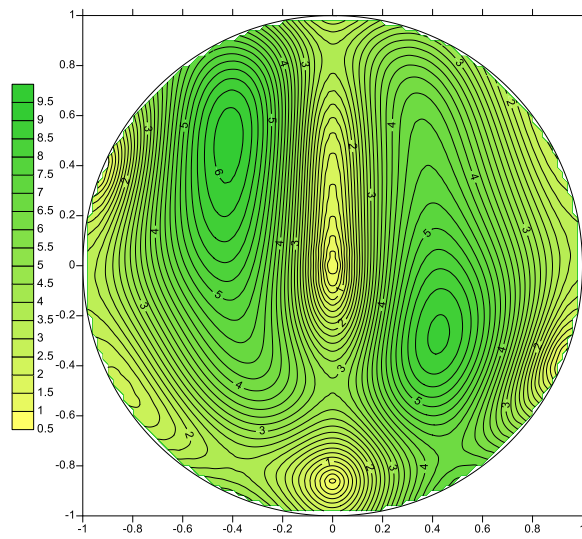


Г)

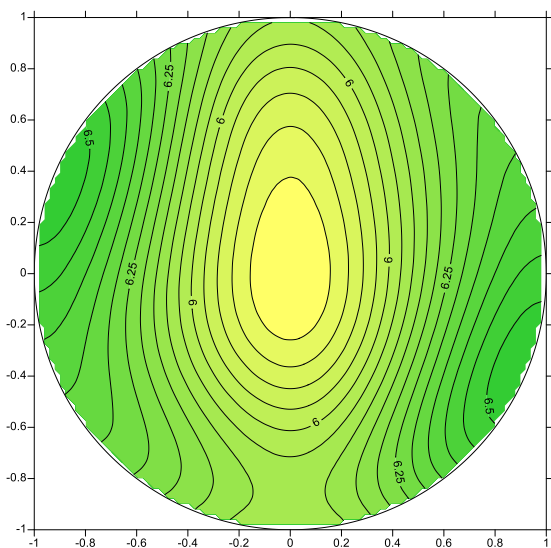
Стереопроєкції ізоліній значень параметрів анізотропії зразків №181 свердловини 16883, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжної хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжної хвилі (км/с); Г – різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).



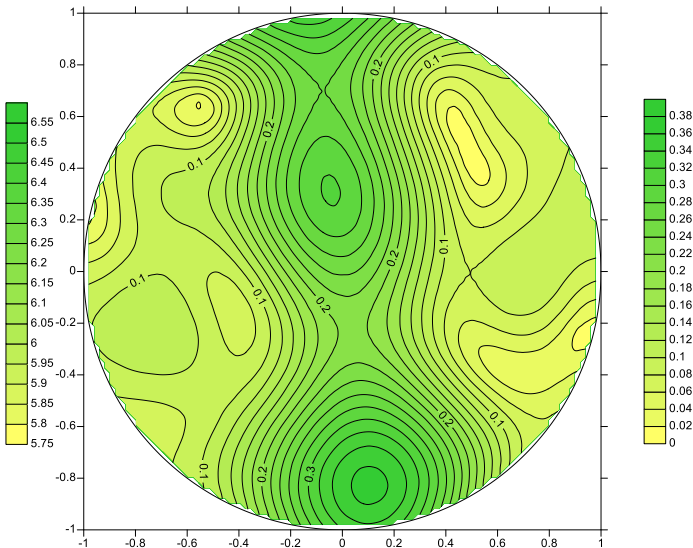
А)



Б)



В)



Г)

Стереопроєкції ізолій значень параметрів анізотропії зразків №189 свердловини 16883, А – коефіцієнту диференціальної пружної анізотропії (%); Б – кута відхилення вектора пружних зміщень квазіповздовжньої хвилі від напрямку хвильової нормалі (град); В – швидкості квазіповздовжньої хвилі (км/с); Г– різниці значень фазових швидкостей “швидкої” і “повільної” квазіпоперечних хвиль (км/с).

