

СТРУКТУРНО-ПАРАГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ТЕКТОНІЧНИХ СТРУКТУР В СЕРЕДОВИЩІ ГІС

Провідна роль горизонтальних рухів земної кори у формуванні тектонічних структур (у тому числі рудоконтролюючих) визнається багатьма дослідниками [1–5]. У зв'язку з цим останнім часом зріс інтерес до вивчення зсувної компоненти тектонічних рухів [6–11].

Залежно від масштабу прояву, стадії розвитку, швидкості зміщення блоків, фізичних властивостей порід структурно-формаційних зон, в яких відбуваються зсувні дислокації, останні проявляються в винятково різноманітних структурних формах. Разом з тим зсувні дислокації регіонального (субрегіонального) масштабу характеризуються закономірним комплексом тектонічних процесів та явищ. У межах зон зсувних дислокацій закладається закономірна, генетично різнорідна сітка розривних порушень. Просторове розміщення вторинних структур не є випадковим. Деформований об'єкт будь-якого масштабного рівня залишається умовно суцільним середовищем саме за рахунок різних дислокацій, що пов'язані просторово та компенсують взаємні зміщення.

Кожне тектонічне порушення, а тим більше сукупність порушень, несе певну інформацію про розподіл тектонічних сил, переважний характер геологічного переміщення та сумарні реологічні властивості об'єму гірських порід, що деформується. Найбільш інформативним у палеогеомеханічному плані виявляється вивчення не окремо взятих диз'юнктивних структур, а диз'юнктивних сукупностей. Вивчення просторово-генетичних "популяцій" диз'юнктивів, які складають загальну структуру руйнування досліджуваного об'єму, дозволяє широко застосовувати до диз'юнктивів парагенетичний метод структурного аналізу. Він полягає у виділенні закономірних та стійких (так, що повторюються) сукупностей тектонічних порушень різної морфології та орієнтації, але близького положення, віку та генезису [9]. Ці парагенетично пов'язані диз'юнктиви утворюють певні структурні рисунки, дослідження яких дозволяє виявити кінематичні, тектодинамічні і палеореологічні особливості диз'юнктивної деформації даного масштабу.

Для тектоніки, структурної геології парагенетична асоціація або парагенезис – природне сполучення утворень, що походять від одного поля

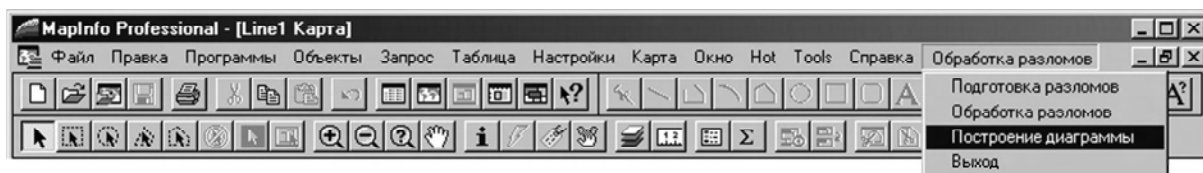
деформацій і тому зв'язані стійкими і закономірними просторово-часовими співвідношеннями [12]. Парагенетичний аналіз диз'юнктивних асоціацій (подібно до парагенетичного аналізу мінеральних асоціацій у мінералогії або асоціацій гірських порід у формаційному аналізі) полягає у встановленні закономірностей спільного знаходження диз'юнктивних порушень різного типу та орієнтування, що мають певні просторово-часові взаємовідношення та пов'язані єдністю геологічної та фізико-механічної обстановки формування.

Природні парагенезиси відрізняються від модельних або аналітично передбачених меншою повнотою, нерівномірністю розвитку та менш чіткою просторовою упорядкованістю, тобто характерне співвідношення структур витримується насамперед статистично. Статистична стійкість структурних парагенезисів природних зсувних зон використовується на стадії інтерпретації структурно-парагенетичного аналізу. Комплексування результатів тектонофізичного моделювання [13] з даними структурно-геологічних методів, зокрема зіставлення структурних емпіричних діаграм з відповідними діаграмами коректних моделей, забезпечує виявлення генетичних структурно-тектонічних закономірностей природних об'єктів – розломних (прирозломних) зон [10].

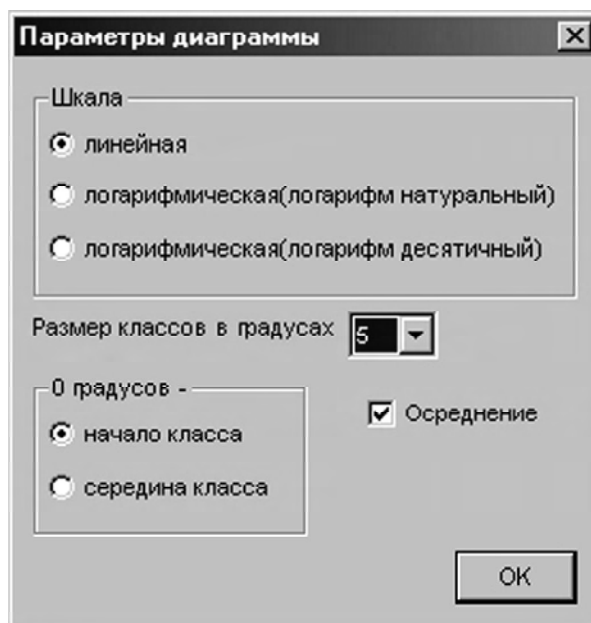
Серед інших складностей застосування структурно-парагенетичного аналізу на практиці треба відмітити трудомісткість процесу підготовки даних та самих підрахунків, результати яких виносять на емпіричні діаграми простягання розломів. Адже для побудови такої діаграми необхідно визначити довжину та азимут простягання кожного з розломів території досліджень, а також сумарну довжину для кожного класу розломів за азимутом простягання. Зазвичай усі ці операції здійснюють за допомогою паперових карт, проміжні результати заносять у таблиці, з яких вже виконують розрахунки.

Для оптимізації процесу підготовки та математичної обробки даних, обрахування результатів та побудови емпіричних діаграм було створено відповідний програмний модуль, написаний мовою програмування *MapBasic*. Він з'являється у вигляді пункту меню *MapInfo* (рис. 1). Необхідно відмітити, що лише частина операцій (підготовка шару розломів, інтерпретація результатів) потребує безпосередньої участі геолога, усе інше (підготовка розломів, їх математична обробка та побудова діаграми) – відбувається в автоматичному режимі. Окрім того, величина території досліджень та інтенсивність тектонічної переробки (кількість розломів, що обробляються) при застосуванні згаданого модуля фактично не впливає на швидкість отримання результатів.

Процес побудови діаграми простягання розломів за допомогою вказаного модуля складається з кількох етапів. Необхідним є виокремлення шару,



а



б

Рис. 1. Интерфейс программного модуля для побудови діаграм простягання розломів: а – меню програмного модуля у середовищі *MapInfo*; б – вікно настройки параметрів діаграми: шкали діаграми, розміру класу в градусах (азимуту простягання), початку класу та наявності згладження

який містить розломи, з електронної карти досліджуваної території, якщо така карта існує (рис. 2). У іншому випадку його треба створити, наприклад, шляхом сканування паперової карти, прив'язки растрового зображення та векторизації розломів (рис. 3).

Підготовка розломів відбувається у автоматичному режимі і полягає у наступному. Розломи, які складаються з кількох відрізків і представлені об'єктами типу “полілінія”, розбиваються на відрізки, що являють собою об'єкти типу “лінія”. Надалі програма працює зі створеними “лініями”, що записуються в робочий (проміжний) файл. Математична обробка також відбувається у автоматичному режимі і полягає у тому, що для кожного з отриманих лінійних об'єктів вираховуються X , Y початку та кінця лінії (із застосуванням функції *ObjectGeography* [14]), довжина лінії (із застосуванням функції *Distance* [14]), довжина лінії у відсотках для даної території, азимут простягання лінії (рис. 4). Власне побудова діаграми простягання розломів відбувається у автоматичному режимі і полягає у наступному. Спочатку визначається сума значень довжини розломів у відсотках для кожного з класів, виділених за азимуту простягання. От-

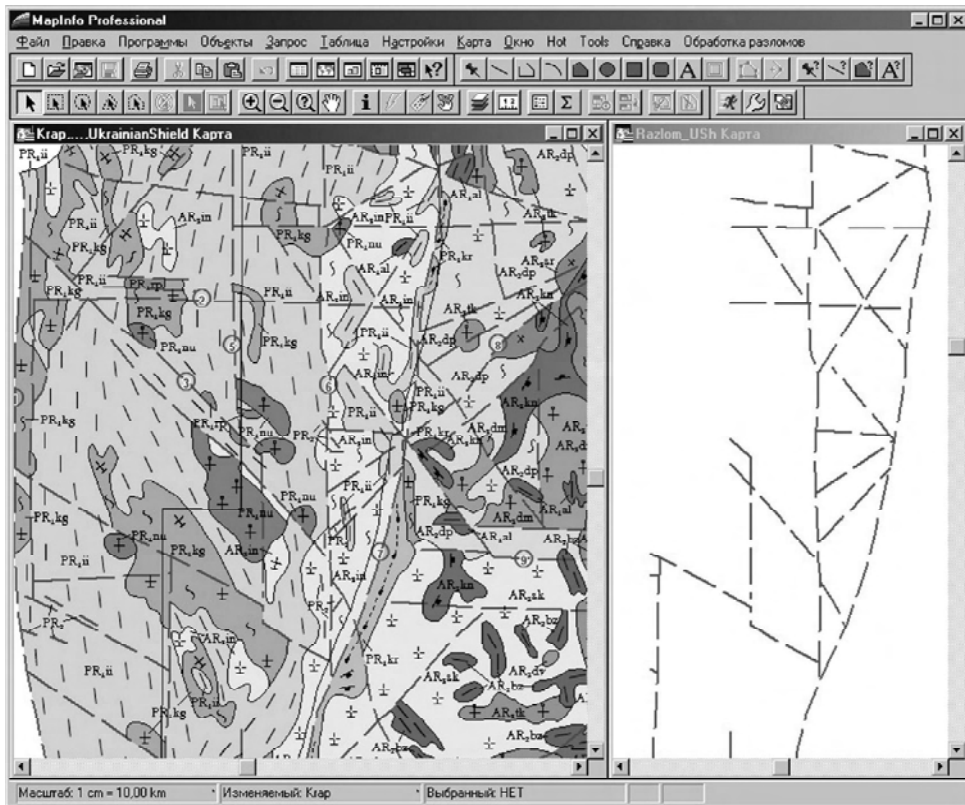


Рис. 2. Електронна карта* УЩ (у лівому вікні) та окремий шар з розломами території досліджень** (у правому): * – створено на основі геологічної карти докайнозойських утворень України під редакцією В.І. Калініна масштабу 1:1 000 000 (2000 р.), ** – у даному випадку застосування структурно-парагенетичного аналізу виконується на прикладі Західно-Інгулецької зони УЩ

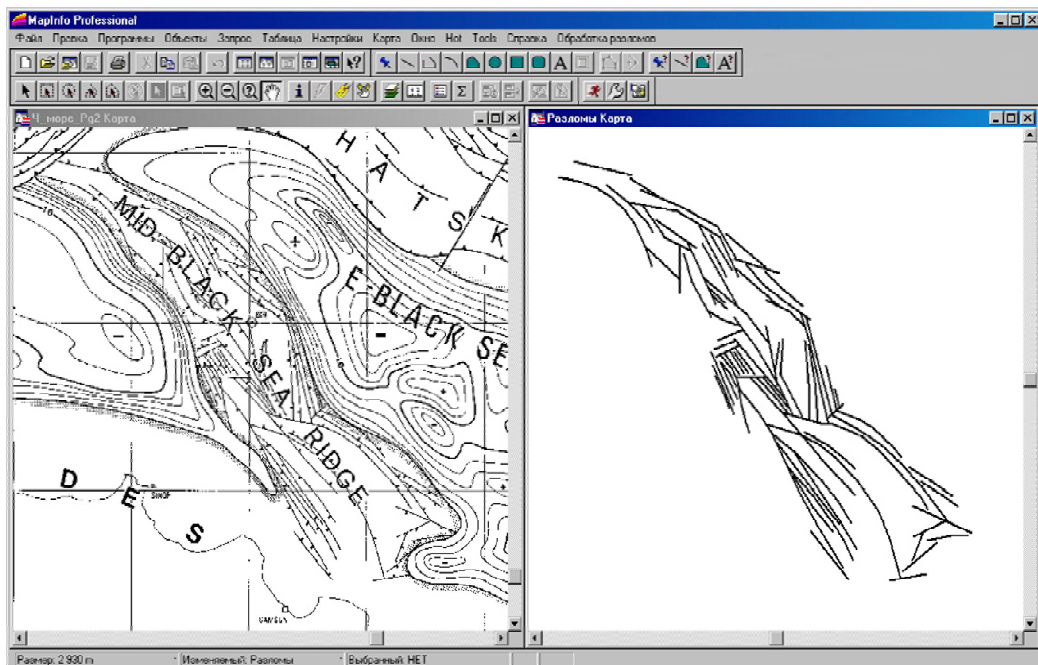


Рис. 3. Растрова карта* Чорного моря (у лівому вікні) та окремий шар з розломами території досліджень** (у правому): * – створено на основі структурно-потужнісної карти Чорного моря [15], ** – у даному випадку застосування структурно-парагенетичного аналізу виконується на прикладі валу Андрусова (*Mid Black Sea Ridge*)

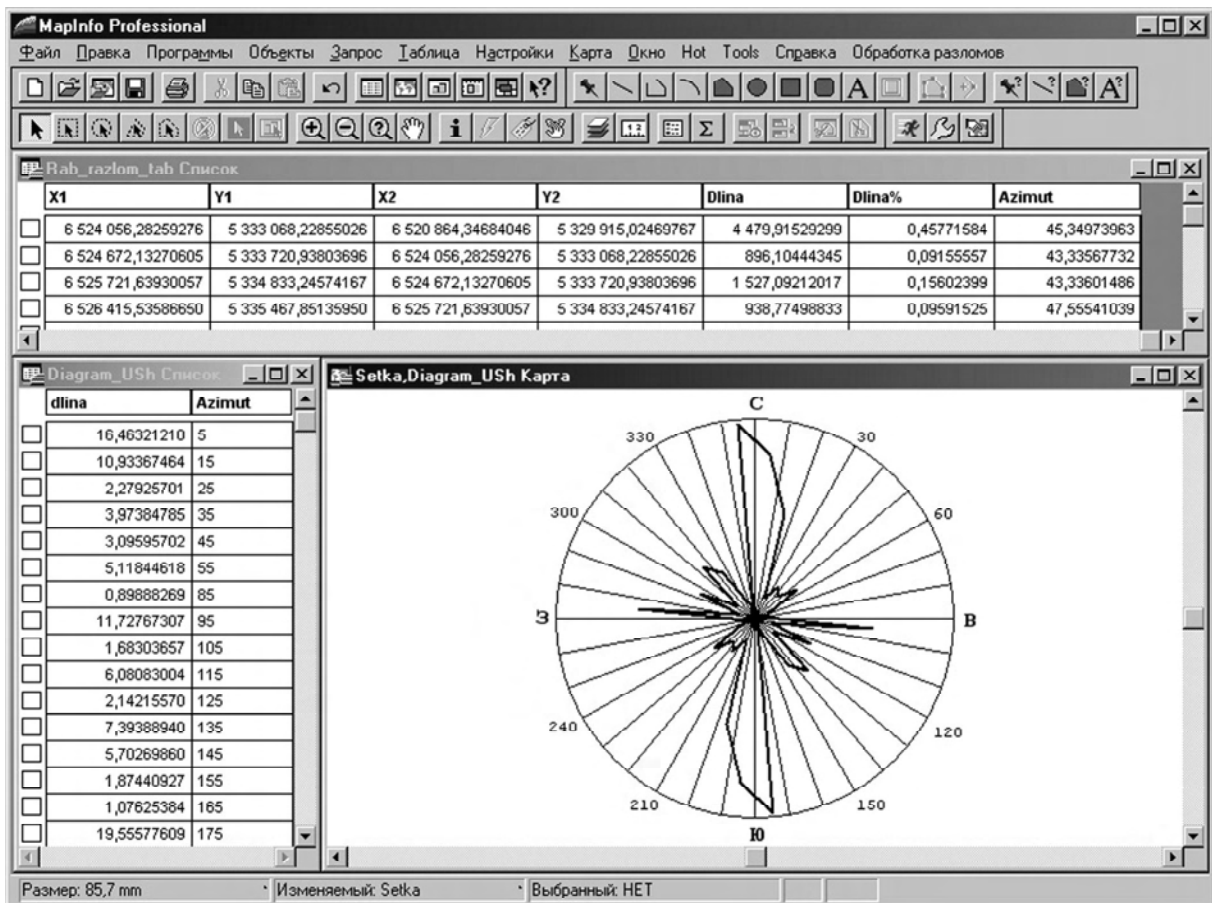


Рис. 4. Математична обробка розломів та побудова діаграми їхнього простягання: у верхньому вікні – таблиця з отриманими параметрами для кожного об’єкту типу “лінія”; у лівому вікні – таблиця з обрахованими сумарними довжинами розломів для кожного класу; у правому вікні – побудована кругова діаграма простягання розломів

римані дані виносяться на кругову діаграму (розу-діаграму), яка, окрім відповідного об’єкту, містить також таблицю з результатами підрахунків (довжина у відсотках для кожного класу, виділеного за азимут простягання) (рис. 4).

За рахунок того, що на кожному етапі побудови діаграм проміжні результати записуються у спеціальні робочі файли (тимчасові таблиці), їх можна перевіряти та за необхідністю корегувати. Можна перевірити кількість незначущих класів або розломів довжиною менше 1 см карти тощо. Також можна виконувати не всю процедуру побудови діаграми поетапно, а лише необхідну частину: побудувати діаграму за наявними підрахунками; порівняти результати щодо довжини у відсотках по класах, виділених за азимут простягання; представити отримані результати підрахунків не у вигляді діаграми, а, наприклад, графіка (рис. 5) тощо.

Для більшої ілюстративності результатів та полегшення їх інтерпретації існує можливість обирати параметри побудови діаграми (рис. 1): масштаб (лінійний, логарифмічний з використанням натурального або десят-

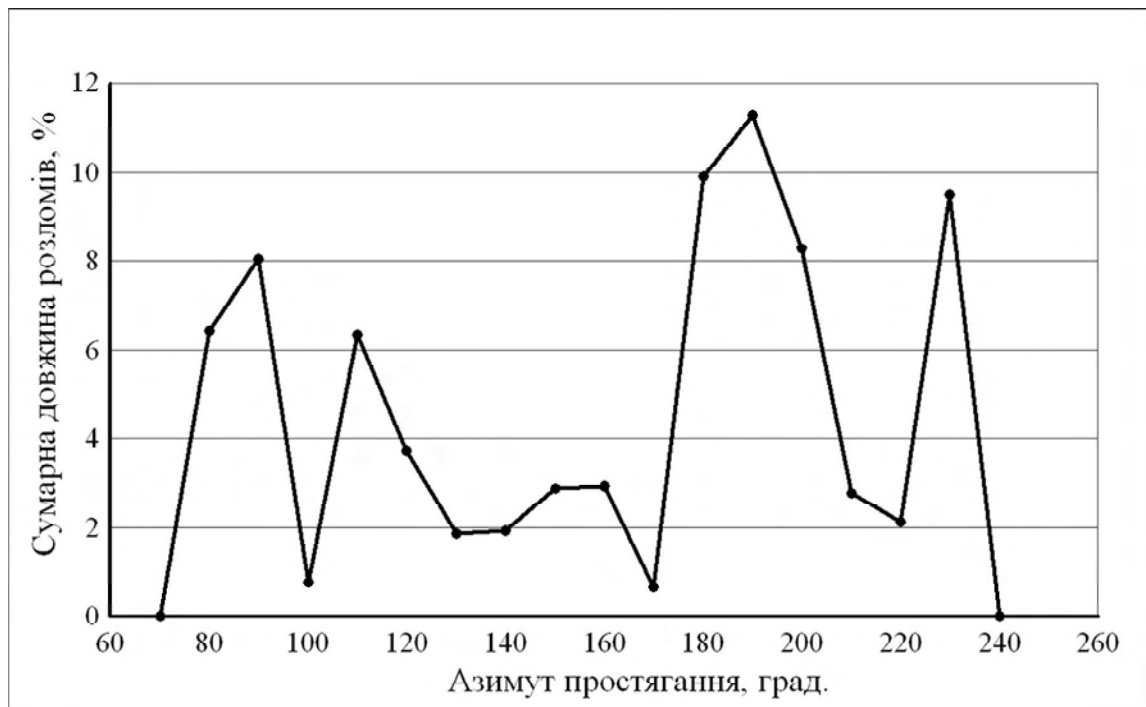


Рис. 5. Графік залежності сумарної довжини розломів від азимуту їхнього простягання, Західно-Інгулецька зона УЩ (створено на основі геологічної карти докайнозойських утворень України під редакцією В.І. Калініна масштабу 1:1 000 000 (2000 р.))

кового логарифму); розмір класів у градусах (5° або 10°); визначити початок класу та наявність згладження. Так, наприклад, якщо обрати розмір класу 10° , а 0° – як середину класу, то всі розломи з азимутом простягання від 355° до 5° буде віднесено до першого класу, з азимутом від 5° до 15° – до другого класу і т. д. Усі ці настройки дають можливість чіткіше виявити характерні риси даної емпіричної діаграми для більш точної її інтерпретації (рис. 6).

Важливим нюансом можна вважати також той факт, що результуюча діаграма не є кінцевим продуктом, який не підлягає редагуванню: на ній можна змінювати будь-які атрибути (шрифти, стилі та кольори ліній, їхню товщину тощо). Існує можливість накладення побудованої діаграми простягання розломів на еталонну діаграму для полегшення інтерпретації результатів, або на діаграму цієї ж території, побудовану за іншими даними для їхнього порівняння (рис. 7).

Описаний програмний модуль, як втілення алгоритму структурно-парагенетичного аналізу тектонічних структур на площині, виводить на новий за швидкістю та зручністю рівень дослідження кінематичних, геодинамічних та палеореологічних особливостей геологічних утворень. Але при цьому він не є уособленням методу, а лише сучасним і зручним інструментом його виконання.

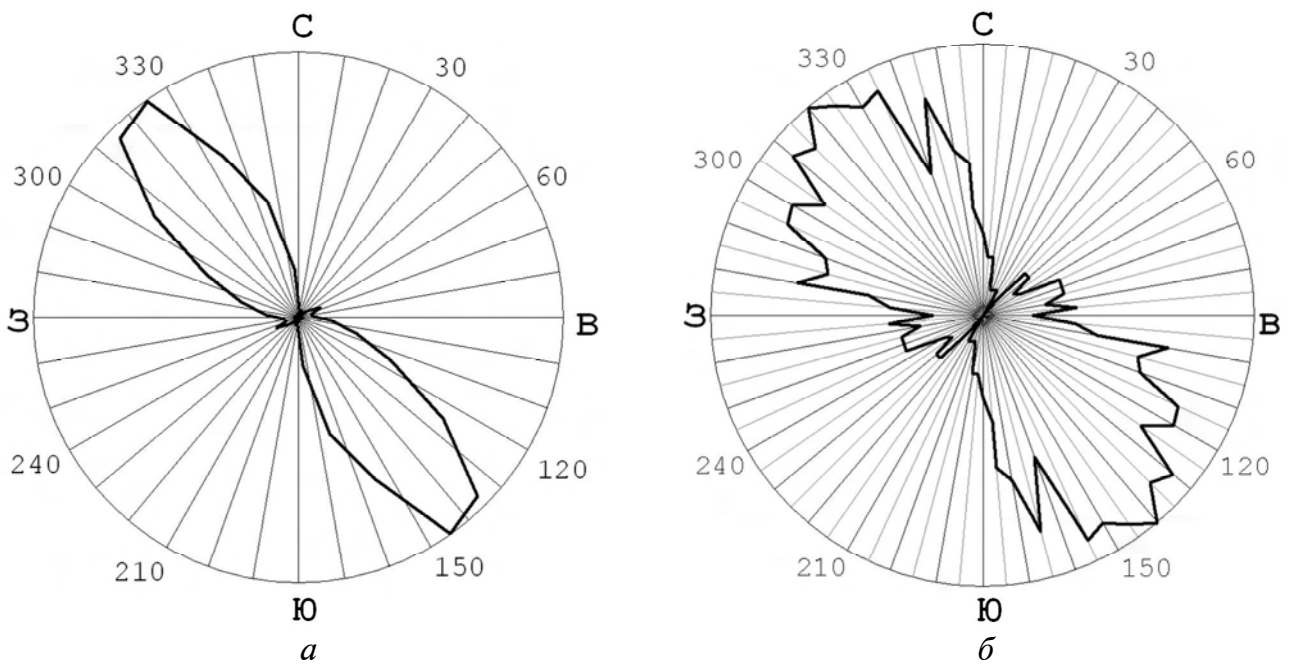


Рис. 6. Діаграми простягання розломів валу Андрусова Чорного моря: *a* – лінійний масштаб; розмір класу – 10° , без згладження; *б* – логарифмічний масштаб з використанням десятичного логарифму, розмір класу – 5° , зі згладженням

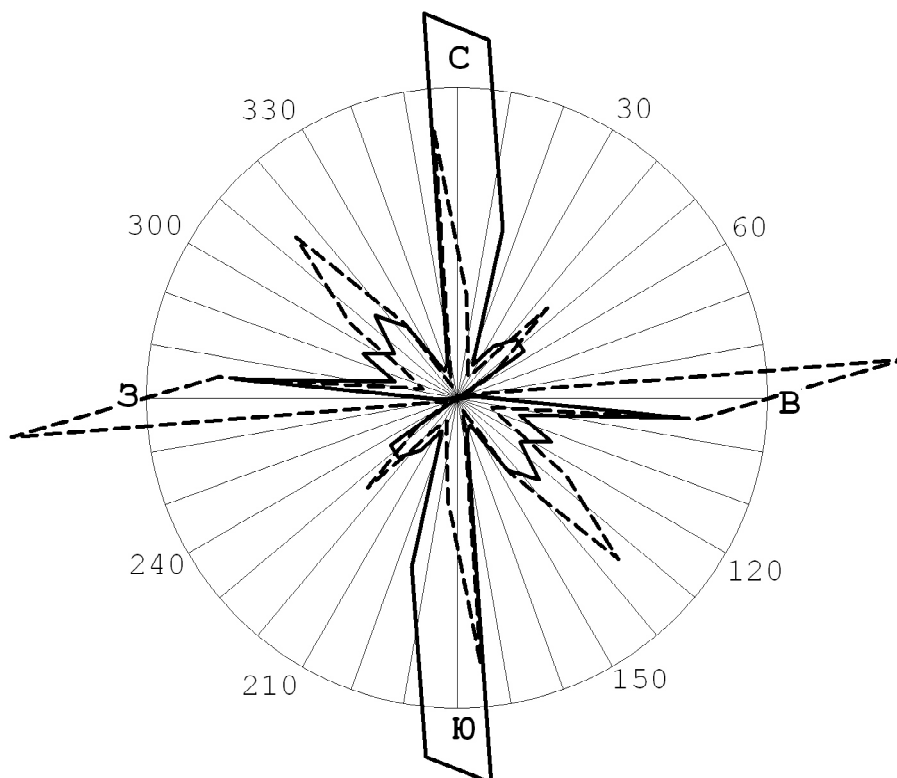


Рис. 7. Накладені діаграми простягання розломів Західно-Інгулецької зони УЩ, побудовані на основі карт різних авторів: суцільною лінією – на основі геологічної карти докайнозойських утворень України під редакцією В.І. Калініна масштабу 1:1 000 000 (2000 р.), пунктирною – на основі тектонічної карти одного з останніх геологічних звітів (Мякшило В.Д. та ін., 2001 р.)

1. Муди Дж., Хилл М. Дж. Сдвиговая тектоника // Вопросы современной зарубежной тектоники. – М.: ИЛ, 1960. – С. 265–333.
2. Пейве А.В. Разломы и их роль в строении и развитии земной коры // Структура земной коры и деформации горных пород. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 65–72.
3. Павлинов В.Н. Глубинные сдвиги и парагенетически сопряженные с ними дизъюнктивные структуры // Изв. вузов. Геология и разведка. – 1977. – № 8. – С. 3–14; № 9. – С. 3–13.
4. Wilson J.T. A new class of faults and their bearing on continental drift // Nature. – 1965. – № 207. – P. 343–347.
5. Wilcox R.E., Harding T.R., Seely D.R. Basic wrench tectonics // Am. Ass. Pet. Geol. Bull., 1973. – V. 26. – P. 74–96.
6. Уткин В.П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. – М.: Наука, 1989. – 166 с.
7. Шахтыров В.Г. Методические рекомендации по изучению сдвигов при поисково-съёмочных и разведочных работах. – Магадан: СВКНИИ ДВО АН СССР. – 1987. – 67 с.
8. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А. и др. Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига. – Новосибирск: Наука (СО), 1991. – 228 с.
9. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы геологии и физики тектонических процессов. – Ч. II. – М., 1987. – С. 121–235.
10. Занкевич Б.О., Крамар О.О. Структурно-тектоніфізичні фактори уранового зруденіння альбітитів Кіровоградської розломної зони // Зб. наук. пр. ІГНС НАН та МНС України. Геохімія та екологія. – К.: 2003. – Вип. 8. – С. 228–241.
11. Тевелев А.В. Сдвиговая тектоника. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 254 с.
12. Лукьянов А.В., Щерба И.Г. Парагенетический анализ структур как основа тектонического районирования и составления среднemasштабных структурных карт складчатых областей // Тектоника Сибири. – Т. 5. – М.: Наука, 1972. – С. 15–24.
13. Стоянов С.С. Механизм формирования разрывных зон. – М.: Недра, 1977. – 144 с.
14. MapBasic. Версия 7.8. Справочник. – MapInfo Corporation, 2004. – 663 с.
15. Finetti I., Bricchi G., Del Ben A. et al. Geophysical Study of the Black Sea // Bolletino di Geofisica. Teorica ed applicata. Monograph on the Black Sea. – Vol. XXX. – 1988. – P. 197–324.