

ДИСКУСІЇ

УДК 332:528.11

О.О. Тадєєва

Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне)

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТЕРИТОРІЙ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ДЕФОРМАЦІЇ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

© Тадєєва О.О., 2013

Обґрунтовано необхідність оцінки деформованого стану земної поверхні як складової частини кадастрової оцінки територій з активними геодинамічними процесами. Запропоновано методику систематизації таких територій за показниками деформації і наведено деякі попередні результати її апробації.

The necessity of deformed earth's surface assessment as a part of cadastral assessment of areas with active geodynamic processes has been grounded. The methods these areas of systematization according to deformation indices have been suggested and some preliminary results of its approbation have been provided.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Значна частина території України обтяжена чи є потенційно небезпечною з погляду впливу активних геодинамічних процесів. Здебільшого вони проявляються у формі зсувів земної поверхні. Залежно від походження, характеру прояву і масштабності виділяють такі регіони найбільшої активності цих процесів [2,9]. 1) *Карпатський регіон.* Тут зареєстровано 6,5 тисяч зсувних ділянок та 216 селенебезпечних струмків з 15 тисяч та 250 відповідно, які загалом зафіксовано в Україні. З огляду на умови та чинники утворення геодинамічних процесів регіон посідає особливе місце. При формуванні цих процесів домінуючими визнано геолого-геоморфологічні, гідрологічні і тектонічні фактори. 2) *Крим.* Загалом на півострові зафіксовано 1553 зсуви, понад половини з них – на південному березі. Встановлено, що їх активність визначається 13–16-річною періодичністю. Переважно зсуви відбуваються на фоні аномально великих об'ємів атмосферних опадів та інтенсифікації сейсмічної активності. 3) *Правобережжя річок Дніпро і Дністер, узбережжя Чорного (у тому числі Крим) та Азовського морів.* Особливість виникнення та розвитку зсувних процесів тут пов'язана з інтенсивністю обводнення та ерозією берегових схилів, а також режимом водоносних горизонтів як безпосередньо у прибережних річкових смугах, так і вздовж берегів штучних водосховищ, які утворені перегороджуванням русел греблями та дамбами. 4) *Донбас та інші промислово розвинені регіони.* Виникнення зсувів спричинили бурхливий промисловий розвиток і пов'язане з ним глобальне освоєння територій, викликане інтенсивною розробкою родовищ корисних копалин, масовим промисловим, цивільним, гідротехнічним, транспортним та ін. будівництвом. Такі зсуви, викликані діяльністю людини, називають техногенними. Масштаби зсувних явищ, розміри та форма зсувів, характер і швидкість переміщення земельних мас, а також фактори, що їх зумовили, різняться між собою для різних регіонів. Згідно з міжнародною статистикою, до 80 % сучасних зсувів є техногенними.

Активні геодинамічні процеси, зокрема зсуви змінюють існуючу геоecологічну рівновагу і викликають деформації поверхні, які становлять загрозу безпечній експлуатації цивільних і промислових споруд та інженерних комунікацій, а часом зумовлюють їх повне руйнування. Вони завдають великої матеріальної шкоди та вимагають значних фінансових витрат на ліквідацію

наслідків та розроблення протизсувних заходів. Своєчасне планування таких заходів є запорукою захисту земель та розташованої на них інфраструктури. Це передбачає запровадження системи постійно діючого всебічного моніторингу земель, обтяжених геодинамічними процесами, яка б передбачала не лише їх облік, а й встановлення параметрів напружено-деформованого стану земної поверхні та прогнозу оцінку розвитку таких процесів. З метою ефективного вирішення цих завдань вони повинні стати невід'ємною складовою кадастрової оцінки територій. Лише за таких умов можливе планування дієвих заходів з організації та інженерного захисту територій у межах цільових державних програм і відповідне оптимальне використання земель.

Аналіз досліджень та невирішені частини проблеми. З погляду вивчення геодинамічних процесів як природного явища можна було б нескінченно перераховувати наукові розробки як комплексного, так і прикладного галузевого характеру, кожна з яких є гідним внеском у дослідження явища. Одержані сьогодні результати посвідчують як численні факти наявності явища у різних регіонах України, так і диференційований розподіл його кількісних та якісних показників у межах окремих територій, підтверджують неперервність розвитку геодинамічних процесів у часі та забезпечують описування напружено-деформованого стану обтяжених ними територій і навіть дають змогу встановлювати ступені ризику з погляду безпеки життєдіяльності у межах таких територій. За сучасними технологіями моніторингу Землі можна неперервно одержувати і оперативно опрацьовувати практично будь-яку числову інформацію, яка необхідна для просторово-часового описування явища. Однак з огляду системного вирішення у розрізі окресленої проблеми геодинамічні процеси позбавлені належної уваги. Запроваджена нині система ведення Державного земельного кадастру лише окремими нормативними актами передбачає можливість врахування означених процесів. Іменуючи явище як небезпечні геологічні процеси, враховують лише факт їх наявності, наприклад, при нормативній грошовій оцінці земель, а розподіл просторово-часових показників та їх урахування при вирішенні поставленої проблеми загалом нормативно не регламентується. Разом з тим, у постанові [5] читаємо: "Моніторинг земель – це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів". Отже, констатуємо необхідність запровадження дієвої системи ведення Державного земельного кадастру, яка б, серед іншого, на територіях з активними геодинамічними процесами передбачала надійну оцінку напружено-деформованого стану земної поверхні, систематизацію таких територій за показниками деформації та прогнозу оцінку їх розвитку з перспективою відповідної організації територій та їх об'єктивної грошової оцінки, планування заходів інженерного захисту і попередження ймовірних катастрофічних наслідків.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є спроба вироблення однозначного методичного підходу до вирішення поставленої проблеми. З метою досягнення її ефективного вирішення для територій з активними геодинамічними процесами необхідно запровадити надійну оцінку їх деформованого стану, яка має забезпечити систематизацію територій за показниками деформації земної поверхні з генералізацією і представленням результатів відповідними картографічними матеріалами. Обґрунтування та деякі аспекти вирішення поставленого завдання наведено у роботі [8].

Виклад основного матеріалу досліджень. Фізичне походження геодинамічних процесів дає підстави застосовувати для їх описування теорію деформації суцільного середовища. Якщо вважати земну кору суцільним середовищем і виміряти зміщення її поверхні, можна встановити тензор деформації. Останній є носієм інформації про деформований стан ділянки земної поверхні, описуючи його такими числовими параметрами, як дилатація θ , максимальне E_1 та мінімальне E_2 розширення (розтяг і стиснення), напрям φ дії максимального розширення (головна вісь деформації), зсув γ_m та обертання ω ділянки як абсолютно твердого тіла. Сьогодні визначають ці параметри за методом скінченних елементів. Використовуючи як вихідні дані результати повторних спостережень геодезичних мереж і беручи за основу теорію лінійної деформації, за цим методом можна визначити зазначені параметри аналітичним розв'язанням системи лінійних рівнянь у межах симплексів [3]. Спробуємо використати метод скінченних елементів для вирішення поставленого завдання.

Насамперед потрібно взяти до уваги той факт, що визначення параметрів лінійної деформації методом скінченних елементів в умовах земної поверхні є аналітичним рішенням лише гіпотетично. Враховуючи мінімально необхідне число пунктів (вершин симплексу) і відповідних лінійних рівнянь, їх розв'язок можна вважати аналітичним лише за умови, що лінійна кореляція зміщень пунктів характеризується коефіцієнтом ± 1 , а їх залежність є функціональною. В протилежному випадку підстави для аналітичного розв'язку в межах лінійної моделі немає. Цей факт свідчить про необхідність попередньої перевірки лінійної функціональної залежності зміщень у межах симплексу. Адже апріорі закон деформації поверхні невідомий, і застосування методу без обґрунтування лінійної деформації є сумнівним з погляду достовірності кінцевих результатів. Отже, формальне визначення компонент тензора деформації за геодезичними даними – це по суті числовий розв'язок, який передбачає визначення параметрів лінійної емпіричної формули. Але симплекс – це лише найпростіша геометрична форма скінченного елемента. Застосування його складніших форм у межах лінійної моделі деформації унеможлиблює аналітичний розв'язок, але не заперечує числового. Числових розв'язків, пов'язаних із встановленням параметрів лінійної емпіричної формули, можна досягти апроксимацією лінійної функції методом найменших квадратів. Єдиними умовами при такому розв'язанні є наявність надлишкових вимірних величин (число пунктів повинно перевищувати число коефіцієнтів лінійної емпіричної формули) і обґрунтованість лінійної апроксимації.

Загальновідомо [4], що лінійна емпірична формула ототожнюється з відповідним рівнянням регресії за умови достатньої тісноти кореляційного зв'язку емпіричних даних. Таку її властивість можна використати для обґрунтування лінійної апроксимації. Якщо, наприклад, горизонтальні зміщення пунктів $\Delta x_i, \Delta y_i$ ($i = \overline{1, n}$; n – число пунктів) вважати взаємно незалежними двовимірними випадковими величинами, то у випадку їх нормального розподілу коефіцієнт кореляції r цілком визначає ступінь їх залежності: $r = 0$ тоді і лише тоді, коли величини незалежні; $r = \pm 1$ тоді і лише тоді, коли величини пов'язані лінійною залежністю загального вигляду $Ax + By + C = 0$. Якщо ж кореляція величин $\Delta x_i, \Delta y_i$ відрізняється від нормальної, то коефіцієнт r може дорівнювати нулю навіть з ознаками залежності величин. За невідомих теоретичних параметрів функції нормального розподілу в кореляційному аналізі допускається встановлення лінійної залежності емпіричних даних за оцінкою коефіцієнта кореляції

$$\tilde{r} = \frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \Delta_x)(\Delta y_i - \Delta_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i - \Delta_x)^2 \sum_{i=1}^n (\Delta y_i - \Delta_y)^2}}, \quad (1)$$

де $\Delta_x = \sum \Delta x_i / n$ і $\Delta_y = \sum \Delta y_i / n$. Для цього із заданою ймовірністю p визначається мінімальне значення $r_v(Q)$ для емпіричної оцінки \tilde{r} , коли теоретичний коефіцієнт $r = 0$. Величина $r_v(Q)$ є розв'язком рівняння $p(\tilde{r} < r_v) = 1 - \frac{2Q}{100}$ при числі $v = n - 2$ для оцінки \tilde{r} відповідно двостороннього критерію з рівнем значимості Q ($0 < Q < 100\%$); $r_v(Q)$ можна також визначити з таблиць [1, с. 248]. Лінійна залежність величин $\Delta x_i, \Delta y_i$ підтверджується з рівнем значимості Q , якщо

$$|\tilde{r}| > r_v(Q). \quad (2)$$

За умови виконання вимоги (2) скінченим елементом можна вважати будь-яку замкнену геометричну фігуру, яка окреслює ділянку земної поверхні з числом $n \geq 3$ геодезичних пунктів. При $n = 3$ одержуємо симплекс у двовимірній прямокутній системі координат, у межах якого можна реалізувати аналітичне розв'язання задачі. При $n > 3$ розв'язок знаходять за методом найменших квадратів [4]. Невідомі компоненти тензора деформації $e_{11}, e_{12}, e_{21}, e_{22}$ є розв'язком системи рівнянь

$$\left. \begin{aligned} A^T P_x A E_x - A^T P_x V_x &= 0 \\ A^T P_y A E_y - A^T P_y V_y &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

де зміщеннями $\Delta x_i, \Delta y_i$ сформовані вектори V_x та V_y з відповідними діагональними ваговими матрицями P_x, P_y , а матрицю коефіцієнтів A утворюють значення частинних похідних лінійних функцій за невідомими $E_x = (e_{11} \ e_{12} \ c)$ чи $E_y = (e_{21} \ e_{22} \ d)$. Точність розв'язку системи виражають кореляційні матриці

$$M_{E_x}^2 = \mu_x^2 Q_x; \quad M_{E_y}^2 = \mu_y^2 Q_y, \quad (4)$$

де μ_x, μ_y – середні квадратичні похибки апроксимації лінійної функції за складовими зміщень Δx та Δy ; $Q_x = (A^T P_x A)^{-1}$; $Q_y = (A^T P_y A)^{-1}$, а точність параметрів деформації – кореляційна матриця

$$M^2 = \mu_x^2 Q_{F_x} + \mu_y^2 Q_{F_y}. \quad (5)$$

Її розмірність визначає число необхідних для обчислення параметрів. У формулі (5) $Q_{F_x} = F_x Q_x F_x^T$, $Q_{F_y} = F_y Q_y F_y^T$ – вагові матриці, які залежать від значень частинних похідних параметрів деформації за компонентами тензора E_x та E_y як їхніх функцій. Вони формують відповідні матриці F_x та F_y .

Якщо лінійну залежність у межах утвореного скінченного елемента виражає коефіцієнт кореляції $r = \pm 1$, то кореляційні матриці (4) та (5) – нульові. У протилежному випадку їхні діагональні елементи є дисперсіями параметрів деформації, значення яких цілком визначає розбіжність \tilde{r} і $r_v(Q)$. Беручи до уваги, що $r_v(Q)$ ототожнюється з теоретичним значенням $r = 0$, при виконанні умови (2) деформацію поверхні слід визнати однорідною і постійною для усіх фізичних точок земної поверхні у межах скінченного елемента у визначеному напрямі. Істинність такої гіпотези посвідчує закономірність деформації, яка відповідає вимогам лінійної кореляційної залежності. За такої умови залишається невирішеним лише питання формування скінчених елементів для конкретної реалізації геодинамічного процесу. Його можна вирішити способами перевірки статистичних гіпотез. Зокрема, для перевірки сформульованої гіпотези доцільно скористатись способом, який ґрунтується на властивостях функції F-розподілу (критерієм Фішера). Він забезпечує перевірку рівності двох незалежних статистичних вибірок шляхом порівняння оцінок їх дисперсій. Якщо вибірки сформувати складовими зміщень земної поверхні довкола окремих геодезичних пунктів у визначеному радіусі усереднення R і обчислити відповідні цим пунктам оцінки дисперсій, то гіпотеза про рівність вибірок вважається істинною, якщо вони підпорядковані нормальному закону розподілу і співвідношення дисперсій вибірок менше за критичне значення функції F-розподілу. Критичні значення функції при заданому рівні значимості Q можна вибрати з таблиць [1, с. 200–215]. У разі задоволення вимоги критерію зміщення пунктів з практично рівними дисперсіями можна вважати однорідними. Отже, переходячи послідовно від одного пункту до іншого і порівнюючи віднесені до них оцінки дисперсій, цими пунктами можна сформувати області однорідних зміщень поверхні. За умови підтвердження для окремої області лінійної кореляційної залежності складових зміщень пункти, віднесені до неї, окреслюють ділянку земної поверхні скінчених розмірів і визначеної геометричної форми, яка підлягає подальшій оцінці її деформованого стану.

Розкрита вище методика забезпечує систематизацію території, яка обтяжена впливом геодинамічних процесів, за показниками деформації земної поверхні у рамках її лінійної моделі. Практично втілюючи методику, потрібно враховувати деякі особливості, які є наслідком її імовірнісно-статистичного походження і не передбачають строгого рішення. По-перше – неоднозначність вибору рівня значимості Q при порівнянні оцінок дисперсій зміщень за критерієм Фішера і при встановленні допустимого значення $r_v(Q)$ для емпіричної оцінки коефіцієнта кореляції. Величина Q визначає ступінь довіри до результатів систематизації, тому повинна встановлюватись із розрахунку їх практичної достовірності. По-друге, неврегульованість підходу до встановлення радіуса усереднення R при обчисленні оцінок дисперсій. Величина R визначає ступінь деталізації кінцевих результатів. Отже, вона повинна визначатись змістом завдання на етапі його постановки, але з урахуванням відповідності кінцевих результатів канонам лінійної теорії деформації. Обидві особливості запропонованої методики

можна інтерпретувати як її недоліки. Але з іншого боку – це переваги методики, оскільки вони зумовлюють можливість порівняння кінцевих результатів опрацювання і вибору альтернативи. З цього погляду запропоновану систематизацію можна вважати одним з різновидів ситуаційного моделювання. Ще одне невирішене питання пов'язане з проблемою прямої систематизації векторних полів, а зміщення геодезичних пунктів якраз і формують векторні поля. Це питання легко врегулювати шляхом розділення векторного поля на скалярні поля складових зміщень вздовж осей координат та їх роздільної систематизації за критерієм Фішера. Області однорідних зміщень, які відповідають векторному полю, утворюються накладенням результатів систематизації скалярних полів одне на одне.

Об'єктом апробації методики обрано територію Карпатського геодинамічного полігону, який є еталонним з погляду всебічних досліджень геодинамічних процесів у зоні тектонічних розломів, а також масштабність поширення зсувів поверхні. У межах полігону пролягає траса магістрального нафтопроводу Броди – Ужгород. На її 262-му кілометрі поблизу с. Пасіка Свалявського району Закарпатської області у зоні одного з активних зсувів у 1976 р. закладено спеціальну мережу геодезичних пунктів. З метою виявлення зміщень тіла зсуву і трубопроводу загалом проведено 127 серій повторних спостережень планового положення пунктів. На рис. 1 показано вектори горизонтальних зміщень 25 пунктів мережі станом на жовтень 2002 р. Ця серія спостережень є показовою з огляду на те, що в цей період внаслідок сильних проливних дощів зафіксовано значну активізацію зсуву. Максимальні зміщення пунктів мережі сягають понад 10 метрів, а середнє зміщення поверхні – 1,9 метра.

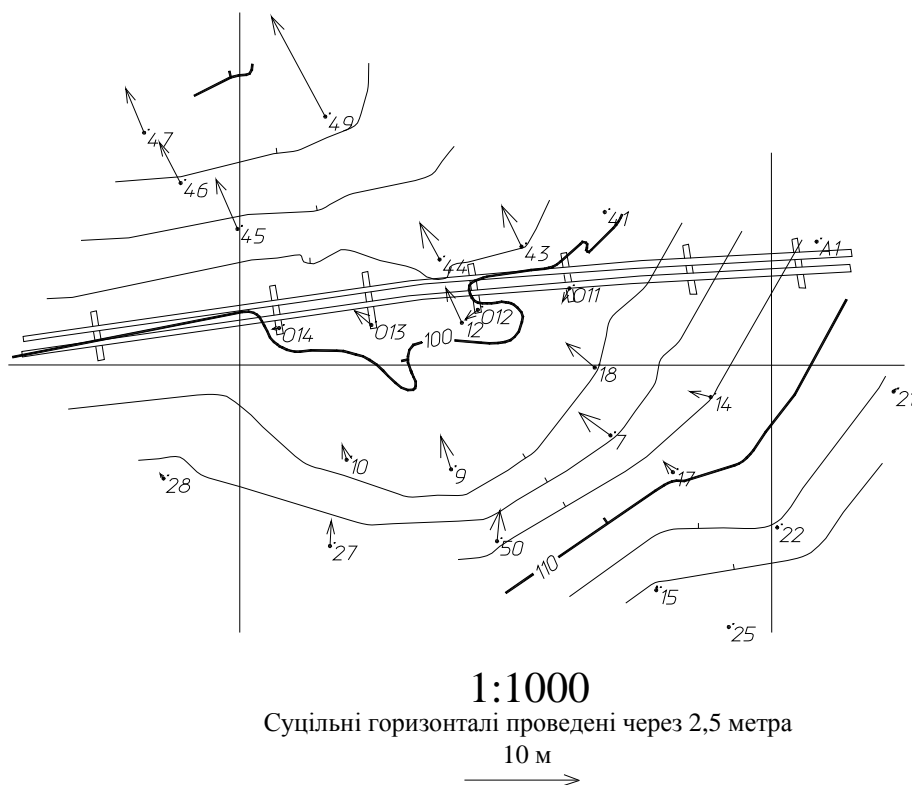


Рис. 1. Схема векторів зміщень

Опрацьовували результати спостережень за різних рівней значимості Q критерію Фішера і за встановлення допустимої величини $r_v(Q)$. Із зміною рівня значимості для встановлення допустимості оцінок коефіцієнта кореляції в результатах опрацювання суттєвих відмінностей не виявлено. Що ж стосується критерію Фішера, то порівняння одержуваних результатів показало неефективність вибору екстремальних значень величини Q : при $Q_{\min} = 0.05\%$ згладжування експериментальних даних не забезпечує поділ території на скінченні елементи, тоді як при $Q_{\max} = 50\%$ досягається надмірна деталізація, що зумовлює втрату значної частини вихідних даних (однорідні області формуються числом

пунктів $n < 3$ і вони не можуть розглядатись як скінченні елементи). З цих причин оптимальною визначено величину $Q = 5\%$. Протилежний ефект спричинили екстремальні значення радіуса усереднення дисперсій R . Графіки рис. 2 ілюструють динаміку числа утворених однорідних областей та числа пунктів, які їх окреслюють, а також відповідних областям середніх дисперсій складових зміщень за зміни радіуса R з кроком 1 м. Аналіз одержаних результатів дає підстави прийняти наступні рішення.

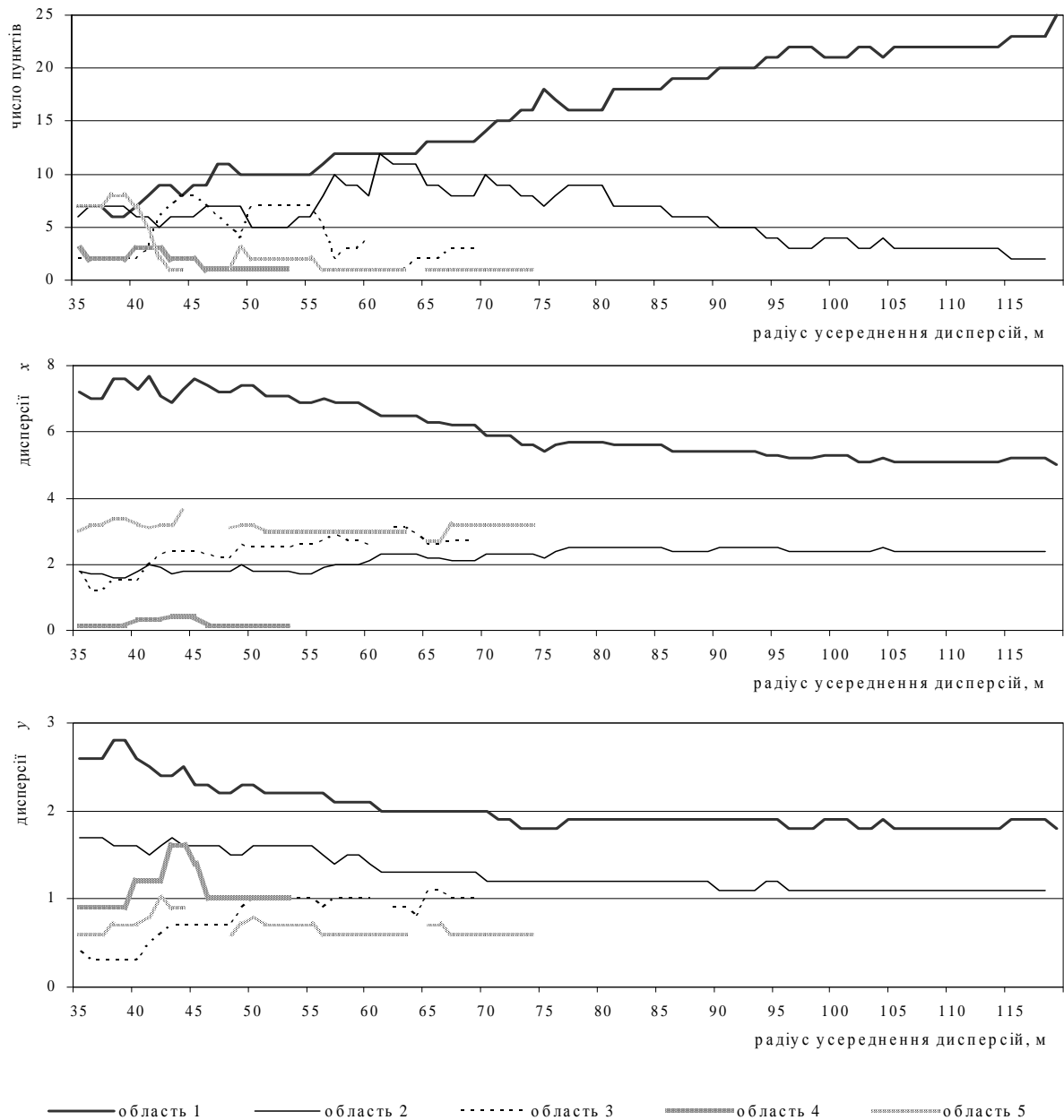


Рис. 2. Динаміка числа пунктів та середніх дисперсій зміщень однорідних областей при зміні радіусу усереднення

1. Деталізація рішень при $R < 35$ м спричиняє втрату вихідних даних і не забезпечує достатнє їх число у радіусі усереднення, щоб оцінки дисперсій вважати надійними та ефективними. Тому одержані при таких радіусах результати не брали до уваги.

2. З усіх можливих рішень при $35 \leq R \leq 119$ (м) до розгляду прийнято такі, котрі одержано за значень радіуса в інтервалах $58 \div 60$ м, $65 \div 69$ м, $90 \div 93$ м та 119 м. Параметри деформації поверхні однорідних областей, одержані за радіусів перших двох інтервалів, відрізняються в межах точності

обчислень, а межі областей практично незмінні. Результати розрахунків за цих умов зведено до таблиці. Інші рішення недоцільні, оскільки при систематизації території з відповідними їм радіусами не у всіх однорідних областях підтверджується лінійна кореляційна залежність зміщень.

Параметри деформації поверхні у межах таких областей не репрезентативні: середні квадратичні похибки параметрів перевищують відповідні їм абсолютні значення.

Результати опрацювання даних в областях однорідних деформацій

| Радіус R , м | № області | Число пунктів | Середні дисперсії, m^2 | | Коефіцієнт кореляції | | Параметри деформації та їх середні квадратичні похибки | | | | | |
|-------------------|--------------|------------------|-----------------------------|-------|-------------------------|--------------|---|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | | | D_x | D_y | \tilde{r} | $r_v(0,5\%)$ | θ | E_1 | E_2 | γ_m | φ° | ω° |
| 60 | 1 | 12 | 6,7 | 2,1 | -0,89 | 0,71 | 0,131 $\pm 0,057$ | 0,137 $\pm 0,048$ | -0,006 $\pm 0,021$ | 0,143 $\pm 0,049$ | 344,1 $\pm 10,0$ | -0,84 $\pm 0,02$ |
| | 2 | 8 | 2,1 | 1,4 | -0,91 | 0,83 | 0,037 $\pm 0,025$ | 0,049 $\pm 0,022$ | -0,013 $\pm 0,016$ | 0,062 $\pm 0,030$ | 320,5 $\pm 11,8$ | -1,17 $\pm 0,02$ |
| | 3 | 4 | 2,6 | 1,0 | -0,24 | 0,96 | -0,049 | 0,001 | -0,050 | 0,050 | 28,7 | -3,12 |
| | 5 | 1 | 3,0 | 0,6 | | | $\pm 0,030$ | $\pm 0,012$ | $\pm 0,022$ | $\pm 0,019$ | $\pm 16,1$ | $\pm 0,01$ |
| 90 | 1 | 20 | 5,4 | 1,9 | -0,74 | 0,56 | 0,031 $\pm 0,023$ | 0,049 $\pm 0,018$ | -0,018 $\pm 0,012$ | 0,067 $\pm 0,021$ | 337,2 $\pm 10,0$ | -0,44 $\pm 0,01$ |
| | 2 | 5 | 2,5 | 1,1 | -0,99 | 0,96 | 0,056 $\pm 0,018$ | 0,057 $\pm 0,018$ | -0,001 $\pm 0,008$ | 0,057 $\pm 0,020$ | 36,0 $\pm 8,2$ | -0,35 $\pm 0,01$ |
| 119 | 1 | 25 | 5,0 | 1,8 | -0,77 | 0,51 | 0,033 $\pm 0,018$ | 0,046 $\pm 0,012$ | -0,012 $\pm 0,011$ | 0,058 $\pm 0,014$ | 333,6 $\pm 9,2$ | -0,46 $\pm 0,01$ |

3. Порівняння результатів, які показано у таблиці, дає змогу такі зробити висновки. При $R_{max} = 119$ м територія не поділяється на скінченні елементи. Однак оцінка коефіцієнта кореляції підтверджує наявність лінійної залежності зміщень усіх пунктів, що дає підстави вважати параметри лінійної деформації такими, що виражають тренд – систематичну частину деформації території загалом. Параметри деформації поверхні обох однорідних областей, одержані при $R = 90 \div 93$ м, практично не відрізняються. Це свідчить про надмірне згладжування вихідної інформації, тому такі результати не можна розглядати як достатньо інформативні. Тож оптимальним з погляду систематизації території за представленою методикою приймаємо рішення при $R \approx 60$ м. Потрібно зауважити, що параметри, котрі виражають деформацію поверхні відносно областей № 3, 5, є приблизними, оскільки оцінка коефіцієнта кореляції тут не дає підстав вважати деформацію лінійною. Це підтверджується також низькою точністю обчислення параметрів. Цікавою з огляду проведення аналізу результатів масового застосування методики є така емпірична (можливо, й випадково одержана) закономірність: $R \approx 60$ м – це половина R_{max} і третина найбільшої віддалі між пунктами геодезичної мережі, котра становить ≈ 179 м і визначає собою розміри досліджуваної території.

Генералізація результатів систематизації дає змогу подати їх графічно у вигляді карт або схем розподілу параметрів деформації території. Такі графічні матеріали, забезпечуючи наочність одержуваних результатів, повинні бути уніфікованими носіями інформації про деформований стан території і враховувати перспективи їх використання при вирішенні поставленої у роботі проблеми. В зв'язку з цим вони повинні відповідати вимогам до тематичних картографічних матеріалів, які відображають якісні характеристики об'єктів Державного земельного кадастру. Вимоги до таких матеріалів регламентує постанова [6] в частині відображення даних еколого-економічного походження за критерієм “рівень перетворення природного середовища, його стійкості до антропогенного навантаження та ступеня ураженості території негативними геологічними процесами”. З цією метою пропонується: 1) відображати межі однорідних областей, а параметри деформації відтворювати відносно цих меж; 2) поділити усі параметри деформації на дві групи, віднісши до першої дилатацію θ , до другої – параметри E_1 , E_2 та φ ; зсув γ_m обов'язковому відображенню не підлягає, оскільки він є похідним від E_1 та E_2 . Параметри γ_m та ω можна використати як допоміжні засоби інтерпретації деформування території; 3) дилатацію у межах областей відображувати

кольоровим тонуванням або штриховкою відповідно до супровідної експлікації; 4) другу групу параметрів відобразити еліпсом спотворень або двосторонніми направляючими відрізками у заданому масштабі відповідно до розтягу та стиснення і напрямку головної осі деформації. На рис. 3 показано схему розподілу параметрів деформації досліджуваної території, складену відповідно до сформульованих пропозицій за розкритими вище результатами систематизації.

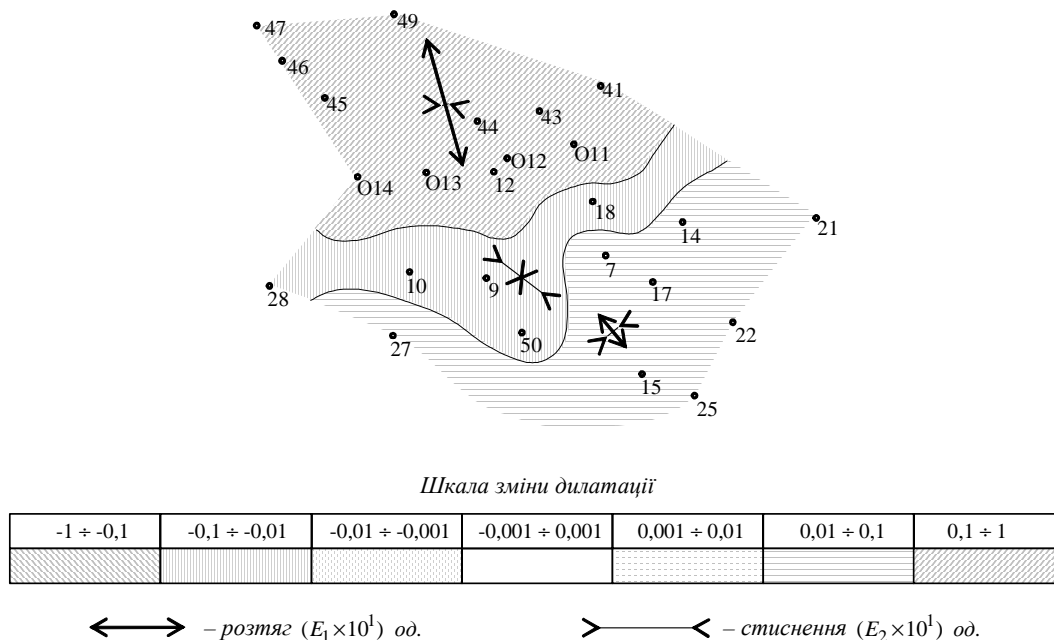


Рис. 3. Схема розподілу параметрів деформації поверхні

Висновки. Одержані результати ілюструють достатню інформативність та наочність обраного підходу і перспективність його застосування для вирішення поставленої проблеми. Систематизація, проведена згідно із запропонованими критеріями, задовольняє вимоги еколого-економічного районування земель відповідно до статті 26 Закону України “Про охорону земель” [7]. Результати систематизації дають змогу встановити рівень перетворення та ступінь ураженості територій, обтяжених геодинамічними процесами, і відповідні ризики з погляду безпеки життєдіяльності. Враховуючи взаємозв’язок показників деформації зі стійкістю земної поверхні та об’єктів розташованої на ній інфраструктури, розкрито можливості планування адекватних заходів з організації та інженерного захисту територій та прогнозування їх розвитку. Подібні дослідження повинні стати складовою частиною кадастрової оцінки означених територій.

1. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 416 с. 2. Демчишин М.Г. Современная динамика склонов на территории Украины / М.Г. Демчишин. – К.: Наукова думка, 1992. – 256 с. 3. Есиков Н.П. Тектонофизические аспекты анализа современных движений земной поверхности / Н.П. Есиков. – Новосибирск: Наука, 1979. – 173 с. 4. Мазмишвили А.И. Способ наименьших квадратов / А.И. Мазмишвили. – М.: Недра, 1968. – 440 с. 5. Положення про моніторинг земель / Постанова Кабінету Міністрів України від 20 серпня 1993 р. № 661 // ЗП України. – 1994. – № 1. – С. 5. – 2003. – № 52. – С. 2809; 2011. – № 79. – С. 2916. 6. Порядок здійснення природно-сільськогосподарського, еколого-економічного, протиерозійного та інших видів районування (зонування) земель / Постанова Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 р. № 681 // www.zakon2.rada.gov.ua/laws/show/681-2004-n. 7. Про охорону земель / Закон України від 19.06.2003 р. №962-IV // www.zakon4.rada.gov.ua/laws/show/962-15. 8. Тадєєв О.А. Методологічні основи оцінки земель у районах активних сучасних рухів та зсувів поверхні / О.А. Тадєєв, О.О. Тадєєва // Вісник Нац. ун-ту водного господарства та природокористування. “Технічні науки”. – 2011. – № 3(55). – С. 233–241. 9. Шевчук В. Умови формування структурних зсувів та їх класифікація для цілей моделювання зсувної небезпеки / В. Шевчук, О. Іванік // Геологія. – 2011. – № 52. – С. 17–20.