

УДК 332:528.11

Тадєєва О. О., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВПОРЯДКУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ З АКТИВНИМИ ГЕОДИНАМІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ДЕФОРМАЦІЇ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

Розглянуто аспекти кадастрової оцінки територій з активними геодинамічними процесами. Обґрунтовано необхідність оцінки деформованого стану поверхні як складової частини інвентаризації земель. Розкрито методику і деякі попередні результати рішення задачі.

Ключові слова: районування, деформація поверхні, картографування.

Постановка проблеми. Близько 10% території України є потенційно небезпечною з точки зору впливу активних геодинамічних процесів. Вони проявляються переважно у формі зсувів земної поверхні. Зсуви – це зміщення вниз вздовж ухилу під дією сили тяжіння великих ґрунтових мас, що формують схили гір, річок, озерних та морських терас. Зсуви викликані природними і штучними причинами. До природних відносять значну крутизну схилів, підмив їх основи морською чи річковою водою, особливості геологічної будови, сейсмічність тощо. Штучними причинами є розробка корисних копалин, руйнування схилів дорожніми канавами, вирубкою лісів, неправильним вибором агротехніки і способів обробітку та контурно-меліоративної організації сільськогосподарських угідь. Формування зсувів має багатофакторний характер. Однак аналіз кожного з факторів дозволяє визначити домінуючий вплив одних і підпорядковану роль інших. Залежно від походження, характеру прояву і масштабності виділяють такі регіони найбільшої активності зсувів: Карпати, Крим, правобережжя річок Дніпро і Дністер, узбережжя Чорного та Азовського морів, Донбас та інші регіони інтенсивної розробки родовищ корисних копалин та промислового розвитку.

Аналіз останніх досліджень. Разом з вивченням статичної структури земної поверхні в геодинамічних дослідженнях намітився важливий напрямок, який полягає у описуванні її сучасних рухів та зсувів. Він включає прями спостереження над геологічними рухами і процеса-

ми. Такі спостереження дозволяють визнати їх фізичними, для яких можуть бути виміряні швидкості руху та зміни речовини. Тут особливе місце посідають геодезичні методи визначення планового і висотного положення точок земної поверхні. Вони передбачають повторні спостереження, кількісну обробку і аналіз накопичених даних. Геодезичні спостереження є найбільш доступним і практично єдиним джерелом кількісної інформації про зміщення поверхні, поширення і розвиток геодинамічних процесів. Єдиним їх недоліком є дискретність інформації про досліджуване явище. Зміщення земної поверхні зазвичай розділяють на горизонтальну і вертикальну складові частини. Безумовно, відбуваються просторові рухи, а їх поділ на складові частини обумовлений виключно зручністю інтерпретації результатів або наявністю окремо проведених вимірювань у планових та висотних мережах [1, 3].

Постановка завдання і методика досліджень. Завдання обліку, прогностичної оцінки та врахування геодинамічних процесів з метою належної організації територій і попередження ймовірних катастрофічних наслідків має беззаперечну актуальність. Досягнення ефективного результату рішення такого завдання можливе за умови всебічного моніторингу та кадастрової оцінки територій і вироблення однозначного методологічного підходу до вирішення проблеми, у тому числі методики оцінки деформованого стану земної поверхні. Оцінка деформованого стану поверхні як складова кадастрової оцінки території має забезпечити її впорядкування за показниками деформації з перспективою відповідної організації і планування заходів з інженерного захисту.

Вирішення окресленої проблеми пропонується виконувати у кілька етапів.

1. Систематизація території за величинами зміщень поверхні. Методологічні основи систематизації територій та можливі шляхи реалізації розкриті у роботі [4]. Систематизацію запропоновано виконувати методом районування території за принципом практичної постійності зміщень поверхні. Тут виникає проблема, пов'язана з тим, що немає математичних способів районування векторних полів, а зміщення геодезичних пунктів якраз і формують векторні поля. Цю проблему можна вирішити шляхом розділення векторного поля на скалярні поля складових зміщень вздовж осей координат і районування скалярних полів. Області практично сталих зміщень, а отже, й однорідних деформацій поверхні як результат районування утворюються накладенням результатів районування скалярних полів одне на одне. Важливо, щоб обраний спосіб районування забезпечував можливість деталізації чи

узагальнення вихідних даних. Це зумовлює перспективи порівняння кінцевих результатів та вибору альтернативи і дає право вважати районувannya різновидом моделювання.

2. Оцінка деформованого стану земної поверхні. Фізичне походження геодинамічних процесів дає підстави застосувати для їх описування теорію деформації суцільного середовища. Якщо вважати земну кору суцільним середовищем і виміряти зміщення її поверхні, розкриваються можливості встановлення тензору деформації. Останній є носієм інформації про деформований стан земної поверхні, описуючи його числовими параметрами, які називають інваріантними характеристиками. Інваріантними характеристиками, себто незалежними від вибору системи координат, її початку чи переносу, вважають дилатацію, максимальне та мінімальне розширення (розтяг і стиснення), напрям максимального розширення (головна вісь деформації) і зсув ділянки як абсолютно твердого тіла. Визначення характеристик деформації має зміст виключно за умови однорідної деформації [1]. Тож з метою оцінки деформованого стану території пропонується обчислювати означені характеристики у межах виділених завчасно однорідних областей.

3. Картографування території. Генералізація результатів районування та обчислення інваріантних характеристик деформації дозволяють представити їх графічно у вигляді карт або схем розподілу відповідних характеристик. Такі графічні матеріали повинні забезпечити наочність одержаних результатів і врахувати перспективи їх використання з метою планування заходів з організації та інженерного захисту територій.

Об'єктом досліджень обрано Карпатський геодинамічний полігон. Він є еталонним з огляду на різносторонні дослідження геодинамічних процесів у зоні тектонічних розломів, а також масштабність поширення зсувів поверхні. У межах полігону поблизу с. Пасіка Свалявського району Закарпатської області у зоні одного з активних зсувів пролягає траса магістрального нафтопроводу Броди – Ужгород. З метою виявлення зміщень тіла зсуву і трубопроводу тут на площі близько 5 га закладено спеціальну мережу геодезичних пунктів; всього проведено 127 серій повторних спостережень. На рис. 1 показано вектори горизонтальних зміщень 29 пунктів мережі станом на жовтень 2002 р., коли внаслідок сильних проливних дощів було зафіксовано значну активізацію зсуву, у порівнянні з 1984 р. Максимальні зміщення пунктів сягають понад 10 метрів, середнє зміщення поверхні – 1,9 метра. Такі результати прийнято до наступного опрацювання.

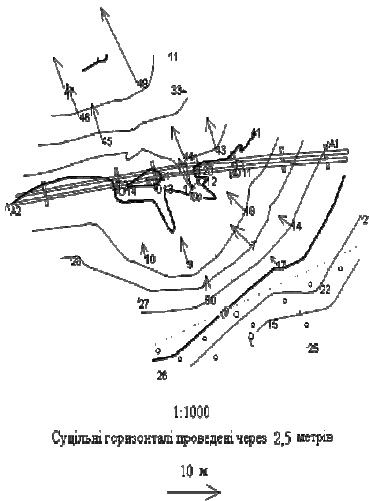
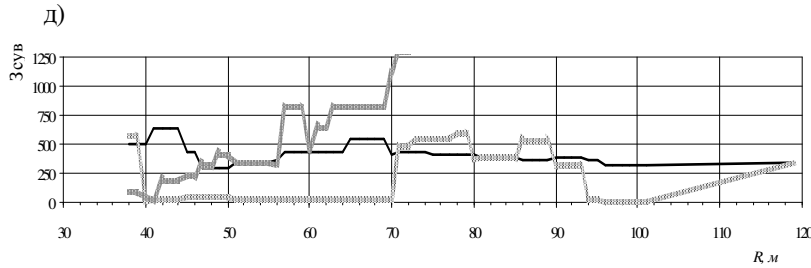
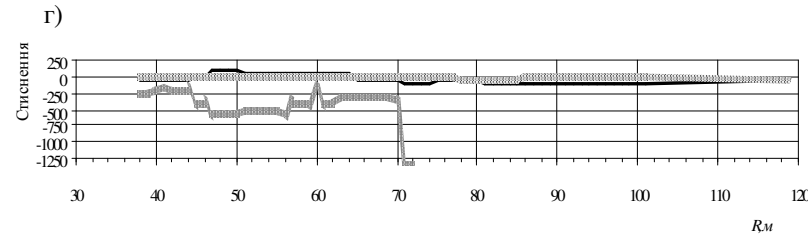
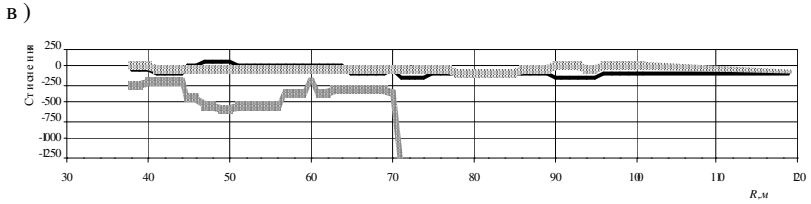
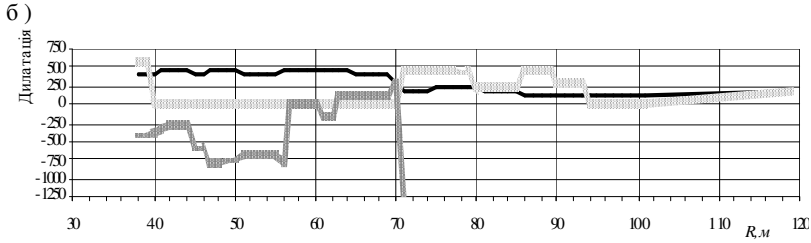
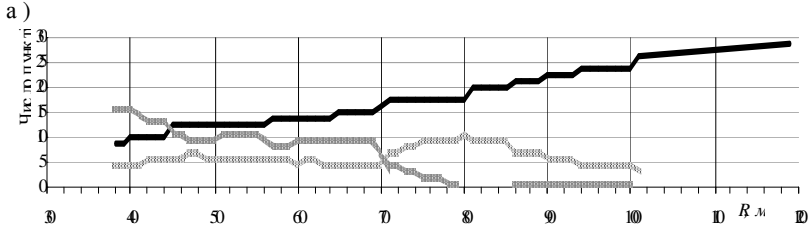


Рис. 1. Схема векторів зміщень

Разом з тим його величина має забезпечити достатнє число даних у радіусі усереднення, щоб оцінка дисперсії була надійною та ефективною. Збільшення радіусу зумовлює згладжування результатів районування. Значення R слід обирати з урахуванням щільності пунктів, детальності досліджень та попередньої інформації про характер деформації. Крім того, за оптимальну приймають таку величину радіусу R , коли результат районування практично незмінний при відхиленнях $\pm\Delta R$ у певному чисельному діапазоні.

Для обраних вихідних даних встановлено, що при $R < 38$ м оцінки дисперсій зміщень неефективні. З метою визначення оптимальної величини радіусу проведено районування при $R \geq 38$ м з кроком 1 м, кожного разу виділяючи області однорідних деформацій і обчислюючи відповідні їм інваріантні характеристики. У діапазоні $38 \leq R \leq 72$ (м) з достатньою ефективністю та надійністю виділялось три області, при $73 \leq R \leq 101$ (м) – дві області, при $R > 101$ м – одна область, а при $R \geq 119$ м внаслідок надмірного згладжування інформації територія полігону вже не поділялась на однорідні області. Динаміку числа пунктів у однорідних областях та відповідних параметрів деформації поверхні при збільшенні величини радіусу усереднення дисперсій виражають графіки а) – е) на рис. 2.

Результати досліджень. На першому етапі опрацювання проведено систематизацію території полігону за величинами зміщень її поверхні. Обрано статистичний спосіб [4], в основу якого покладено порівняння дисперсій зміщень на предмет їх практичної сталості за критерієм Фішера. Такий спосіб районування часто називають алгоритмом ковзаючої дисперсії [2]. Цей спосіб має таку властивість, що результати районування змінюються залежно від величини радіусу R усереднення дисперсій. Щоб оцінити локальну дисперсію і, тим самим, деталізувати результат районування, величина R повинна бути малою. Разом з тим його величина має забезпечити достатнє число даних у радіусі усереднення, щоб оцінка дисперсії була надійною та ефективною. Збільшення радіусу зумовлює згладжування результатів районування. Значення R слід обирати з урахуванням щільності пунктів, детальності досліджень та попередньої інформації про характер деформації. Крім того, за оптимальну приймають таку величину радіусу R , коли результат районування практично незмінний при відхиленнях $\pm\Delta R$ у певному чисельному діапазоні.



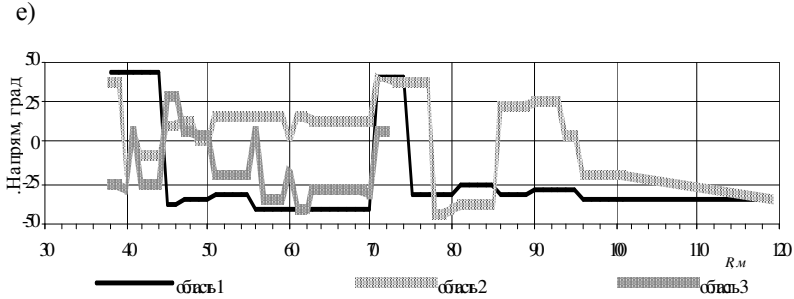


Рис. 2. Динаміка числа пунктів і параметрів деформації однорідних областей

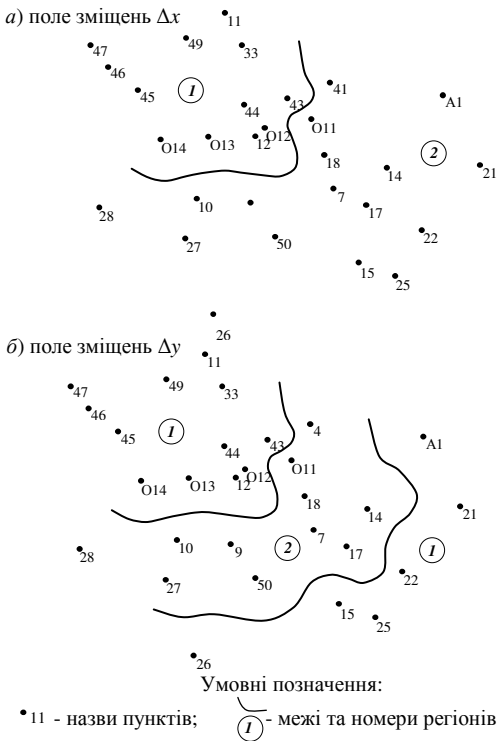


Рис. 3. Схема стаціонарних регіонів

діусі R .

На рис. 3 зображено схему регіонів, стаціонарних за дисперсіями змі-

Аналіз результатів, відображених на графіках, дозволяє виділити чотири діапазони значень величини R , у межах яких результати районування незмінні: 1) $42 \div 44$ м; 2) $51 \div 55$ м; 3) $57 \div 59$ м; 4) $65 \div 69$ м. З них другий та четвертий – найбільшої протяжності. Однак за останнім слідують значної амплітуди коливання параметрів деформації, з одного боку, та зміна числа областей, з іншого. Це дає підстави визнати величину $R=51 \div 55$ (м) оптимальним значенням радіусу усереднення.

Розкриємо результати рішення завдання при встановленому ра-

цень Δx та Δy ; до таблиці 1 поміщені їх статистичні параметри. Результати посвідчують, що проведене районування зумовлює систематизацію скалярних полів складових Δx та Δy за принципом практичної сталості дисперсій.



Рис. 4. Схема однорідних областей

Разом з тим цей принцип забезпечує виділення регіонів, стаціонарних і за іншими статистичними параметрами. Виділені регіони можна вважати регіонами з однорідним розподілом характеристик відповідних полів зі статистичної точки зору. Результат систематизації вихідного векторного поля зміщень поверхні відображено схемою на рис. 4; статистичні параметри областей зведено до таблиці 2. Насамкінець, у таблиці 3 показано результати обчислення характеристик деформації поверхні однорідних областей – чисельні значення та відповідні середні квадратичні помилки. Розрахунки проведено методом скінченних елементів [1] у видозміненій формі [3] за умови однорідної лінійної деформації поверхні.

Таблиця 1

Основні статистичні параметри стаціонарних регіонів полів зміщень Δx та Δy

№ регіону	Число пунктів	Зміщення (м)				Дисперсії (м ²)			
		min	max	серед	діапазон	min	max	серед	діапазон
поле зміщень Δx									
1	12	-2,47	7,38	1,06	9,85	5,51	13,35	7,63	7,83
2	17	-3,07	1,56	-0,75	4,64	1,40	3,01	2,23	1,61
поле зміщень Δy									
1	18	-4,70	2,16	0,00	6,85	0,82	4,19	2,18	3,37
2	11	-2,28	1,18	0,01	3,46	0,58	1,38	1,03	0,80

Таблиця 2

Основні статистичні параметри областей однорідних деформацій

№ області	Число пунктів	Поле	Зміщення (м)				Дисперсії (м ²)			
			min	max	серед	діапазон	min	max	серед	діапазон
1	12	Δx	-2.47	7.38	1.06	9.85	5.51	13.35	7.63	7.83
		Δy	-4.70	2.16	-0.57	6.85	2.21	4.19	2.64	1.99
2	6	Δx	-1.49	-1.32	-1.42	0.17	1.40	2.62	1.65	1.22
		Δy	1.03	1.22	1.12	0.19	0.82	1.66	1.26	0.85
3	11	Δx	-3.07	1.56	-0.38	4.64	2.10	3.01	2.54	0.91
		Δy	-2.28	1.18	0.01	3.46	0.58	1.38	1.03	0.80

Таблиця 3

Інваріантні характеристики деформації поверхні однорідних областей

№ області	Дилатація θ ($\times 10^{-4}$)		Розтяг E_1 ($\times 10^{-4}$)		Стиснення E_2 ($\times 10^{-4}$)		Зсув γ ($\times 10^{-4}$)		Напрямок φ , град.	
	знач.	скп	знач.	скп	знач.	скп	знач.	скп	знач.	скп
1	404	± 249	376	± 0.3	27	± 299	349	± 333	-33	± 27
2	11	± 11	20	± 13	-9	± 0.1	29	± 12	16	± 9
3	-688	± 119	-182	± 74	-515	± 118	333	± 155	-21	± 10

Графічним відображенням сукупності усіх одержаних результатів є схема розподілу характеристик деформації. З одного боку, вона повинна бути уніфікованим носієм інформації про деформований стан території, з іншого – наочно відображувати її упорядкування за показниками деформації. З цією метою пропонується: 1) відобразити на схемі межі однорідних областей, а параметри деформації відтворювати відносно цих меж; 2) поділити усі характеристики деформації на дві групи, віднісши до першої дилатацію θ , до другої – параметри E_1 , E_2 та φ ; зсув γ обов'язковому відображенню не підлягає, оскільки він є похідним від E_1 та E_2 ; 3) дилатацію у межах областей відображувати кольоровим тонуванням або штриховкою відповідно супроводжуючій експлікації; 4) другу групу параметрів відображувати еліпсом спотворень (принцип його побудови відображено на рис. 5). Схема розподілу характеристик деформації поверхні полігону, побудована відповідно до перелічених вимог, зображена на рис. 5.

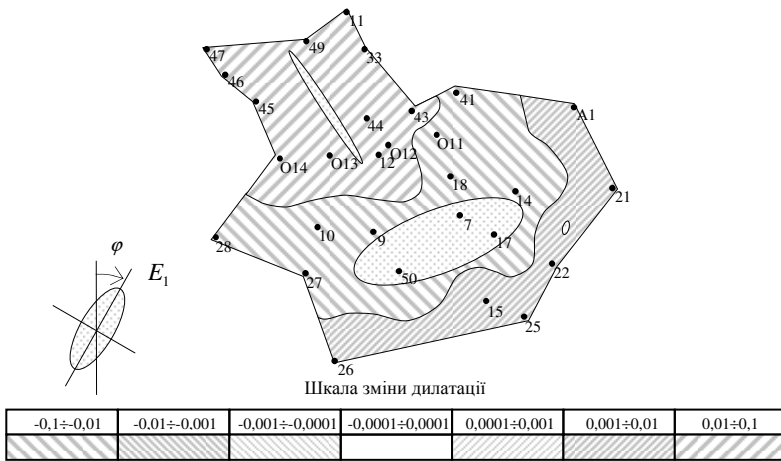


Рис. 5. Схема розподілу характеристик деформації поверхні

Висновки. Запропоновано рішення завдання оцінки деформованого стану території та її упорядкування за показниками деформації. Одержані результати посвідчують достатню інформативність та наочність обраного способу рішення. Подібні дослідження повинні стати складовою частиною кадастрової оцінки означених територій на етапі інвентаризації земель.

1. Есиков Н. П. Тектонофизические аспекты анализа современных движений земной поверхности / Н. П. Есиков. – Новосибирск : Наука, 1979. – 173 с.
2. Лебедев С. В. Методика определения корреляционной функции аномального гравитационного поля Земли для локальных участков / С. В. Лебедев, Ю. М. Нейман // Межвуз. сб. науч. тр. по геодезии. – 1977. – Т. 1(41). – С. 87-91.
3. Мещеряков Г. А. Изучение, прогнозирование и картирование современных горизонтальных движений земной поверхности по геодезическим данным / Г. А. Мещеряков, В. В. Киричук, А. А. Тадеев // Изучение Земли как планеты методами геофизики, геодезии и астрономии : Тр. II Орловской конф. – Киев, 1988. – С. 189-192.
4. Тадеев О. А. Методологічні основи оцінки земель у районах активних сучасних рухів та зсувів поверхні / О. А. Тадеєв, О. О. Тадеєва // Вісник НУВГП. Зб. наук. праць. – Вип. 3(55). – Рівне, 2011. – С. 233-241.

Рецензент: д.т.н., професор Черняга П. Г. (НУВГП)