

ГОЛОВНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ТА АКТИВІЗАЦІЇ ГРАВІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У МЕЖАХ КИЇВСЬКОГО ПРИДНІПРОВ'Я

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол.-мінералог. наук, проф. В.В. Шевчуком)

Інтегрована оцінка та аналіз впливу гравітаційних геологічних процесів на техногенні об'єкти здійснюється на основі системного підходу до аналізу стану геологічного середовища; створення геологічних, математичних і просторових моделей і розробки розрахунково-аналітичних засобів. Комплексне застосування геолого-геоморфологічних методів (структурно-морфометричного аналізу, методу порівняльної тектоніки й структурного аналізу), даних дистанційного зондування Землі та ГС-технологій надало можливість підтвердити генетичний зв'язок між процесами геоморфогенезу та тектогенезу в межах Київського Придніпров'я, визначити фактори формування та активізації гравітаційних геологічних процесів, а також побудувати низку просторових моделей, що характеризують вплив геоморфологічних і тектонічних чинників на потенційний розвиток небезпечних геологічних процесів. На основі аналізу структурно-морфометричних показників було зафіксовано тектонічні структури, що найбільш прилідніяті в рельєфі. За допомогою карти залишкового рельєфу, що лежить вище базисних поверхонь відповідних порядків, виділено структурні зони, що відображають взаємозв'язок тектонічних та денудаційно-ерозійних і акумулятивних процесів. Цифрові моделі базисних поверхонь і залишкового рельєфу, направлені на виявлення локальних структур і спрямовані на дослідження схлипових процесів території, дозволили простежити неотектонічні рухи не тільки локального, але й регіонального характеру. Залишковим рельєфом оконтурено додатні форми рельєфу приурочені до антиклінальних складок, які належать до позитивних аномалій сили тяжіння.

Ключові слова: небезпечні геологічні процеси, просторовий аналіз даних, структурна морфометрія, залишковий рельєф, дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системи.

Вступ і постановка проблеми. Територія України характеризується значною ландшафтно-орографічною диференціацією та наявністю регіонів із різною геологічною будовою, що обумовлює суттєву різницю в інтенсивності та екстенсивності прояву низки небезпечних геологічних процесів. Серед них найкатастрофічнішими є сейсмічні процеси, водні, гравітаційні, водно-гравітаційні, гравітаційно-водні явища та процеси комбінованого характеру, які здійснюють негативний вплив на техногенні об'єкти різного призначення (Рудько, 2015).

У межах Середнього Придніпров'я серед небезпечних геологічних процесів найбільший розвиток отримали гравітаційні процеси, що обумовлені різними геолого-геоморфологічними та гідрометеорологічними чинниками (Menshov et al., 2010). Загальний аналіз просторово-часових закономірностей гравітаційних процесів у межах цього регіону підтверджує багатофакторний характер їхнього формування, однак, на перший план виходять питання пріоритетності дії кожного з факторів, а також їхня взаємозалежність за певних обставин із різною комбінацією літолого-стратиграфічних умов території, тектонічних процесів, геоморфологічної будови, гідрогеологічної ситуації тощо.

Проблемам прояву гравітаційних явищ у межах Середнього Придніпров'я присвячено низку наукових публікацій, у яких визначаються типи гравітаційних процесів різних класифікаційних категорій і груп, причини їхнього формування, а також особливості їх механізму та динаміки. Однак ці явища залишаються проблемою з невирішеними питаннями як теоретичного, так і практичного напрямку. Проведення детальних досліджень із вивчення сучасного режиму, статичних і динамічних умов формування гравітаційних явищ у межах Київського та Канівського Придніпров'я дало можливість визначити корелятивні взаємозв'язки між різними факторами розвитку гравітаційних явищ та здійснити аналіз їхня вагових значень при дії цих процесів у різних зонах. При цьому комплексне застосування геологічних та геоморфологічних методів

(структурно-морфометричного аналізу, методу порівняльної тектоніки та структурного аналізу), а також методів просторового ГС-аналізу надало можливість підтвердити генетичний зв'язок між процесами геоморфогенезу і тектогенезу в межах Середнього Придніпров'я, між формами земної поверхні та структурами земної кори. Застосування даних дистанційного зондування Землі забезпечило якісну інтерпретацію геолого-геоморфологічних даних та дозволило побудувати низку геологічних і геоморфологічних моделей, які служать основою для прогнозування небезпечних геологічних процесів у межах дослідженої території.

Головні чинники формування та активізації гравітаційних процесів. Просторовий та часовий прогноз розвитку гравітаційних процесів виконується за різними підходами і методичним забезпеченням, де враховано чинники та особливості їхнього формування на регіональному та локальному рівні. Так, теоретичні обґрунтування прогнозів і механізмів зсувів із використанням різних принципів і підходів розглянуто в роботах Г.І. Рудька, Г.С. Золотарьова, І.Ф. Єриша, І.К. Фоменка, Є.О. Яковлева та ін. Дослідження небезпечних геологічних процесів підкреслює ефективність сучасних ГС-методик, інтерпретації даних дистанційного зондування Землі та моделювання у попередженні та прогнозуванні негативного впливу гравітаційних процесів (Pelletier, 2008; Foster et al., 2008; Saha et al., 2005). Методи моделювання та ГС використовуються для прогнозного картування, отримання оцінки ймовірного розвитку небезпечних геологічних процесів, створення моделей багатофакторної просторової оцінки тощо (Ivanik et al., 2018).

У Середньому Придніпров'ї процеси гравітаційної природи мають значні відмінності в Київському та Канівському районах (Беспалова, 2003; Ржаніцин, 1996; Климчук та ін., 2008). У даній статті головна увага звертається на формування гравітаційних процесів у межах Київського Придніпров'я, територія якого в тектонічному відношенні розташована в межах Білоцерківського (Фастівського) блока на північному схилі Українського

щита. В межах Київського Придніпров'я закартовано та досліджено понад 150 сучасних і давніх стабілізованих зсувів, активізація більшості з яких відбулася у березні 2013 року (рис. 1).

Аналіз факторів формування водно-гравітаційних процесів і просторовий прогноз їхнього виникнення потребували створення реляційної бази геоданих, яка містила поєднану картографічну та атрибутивну інформацію щодо прогнозних ознак виникнення зсувів (рис. 1). Морфометричні параметри зсувних тіл з характеристиками їхньої форми, ширини, довжини, об'єму зсувних мас, площі поширення, характеристик зсувних схилів, часу їхнього виникнення тощо становили основу атрибутивної таблиці даних щодо зсувів, створеної на основі власних польових спостережень та фондових матеріалів. Для визначення прогнозно-еталонних ознак зсувів, пріоритетності та інформативності факторів їх формування було використано технології геоінформаційних систем, що передбачають створення інформаційної бази концептуальної моделі регіону із сукупністю картографічних шарів і баз атрибутивної інформації, відповідною

організацією даних щодо можливих факторів виникнення сучасних екзогенних небезпечних геологічних процесів. Для цього використано програмний продукт ArcGIS фірми ESRI та його спеціалізовані модулі, перевага яких полягає в добре розвинутому інструментарії створення та обробки растрових і векторних моделей даних, особливо в області засобів оверлейного аналізу та алгебри карт, які й були використані в даних дослідженнях.

На основі поглибленого геологічного аналізу із залученням натурних даних досліджено роль літолого-стратиграфічного, структурно-тектонічного і геоморфологічного факторів формування та активізації гравітаційних процесів. Для цього створено низку просторових моделей (геологічних, геоморфологічних, структурно-морфометричних та ін.).

Одним із провідних факторів розвитку небезпечних геологічних процесів є *літолого-стратиграфічний чинник*. Зони розвитку небезпечних геологічних процесів приурочені до певних формаційних комплексів, що мають складну просторово-часову структуру з відповідними фізико-механічними властивостями породних комплексів.

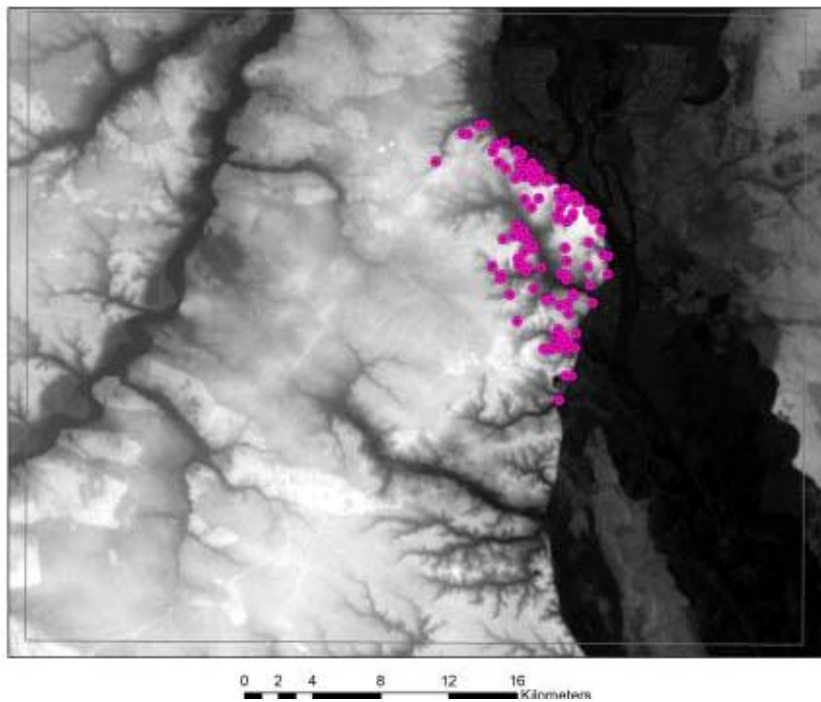


Рис. 1. Карта поширення зсувів у межах Київського Придніпров'я (крапками показано місця локалізації зсувів)

У стратиграфії району виділяються відклади палеогенової, неогенової та четвертинної систем. Наявність у розрізі мергелів київської світи, алевролітів обухівської світи та пісків берекської та межигірської світ палеогену, пісків новопетрівської світи та строкатих глин неогену, неоген-нижньочетвертинних бурих і червоно-бурих глин, а також суглинків лесоподібних четвертинного віку створює передумови для формування структурних зсувів у неоднорідному середовищі багатоярусної будови. Яскравим прикладом таких процесів є зсуви у м. Київ та його околицях (рис. 2).

Головними характеристиками *рельєфу*, що впливають на розвиток гравітаційних і водно-гравітаційних явищ, є *крутість та висота схилів*. Для визначення цих параметрів засобами ArcGIS проведено оцифрування рельєфу досліджуваного регіону і визначено їхні основні морфометричні показники. Побудовано карту тривимірного зображення рельєфу, карту кутів нахилу земної поверхні та

карту експозиції схилів. Визначено абсолютні відмітки положення зсувних тіл. Найбільш зсувонебезпечними є схили південної експозиції та крутістю 15–20°, цей параметр є одним із визначальних для їхнього формування.

Гідрогеологічні умови зсувонебезпечних схилів пов'язані із водоносними горизонтами у верхньо-, середньонеоплейстоценових алювіальних відкладах, у середньонеоплейстоценових та еоплейстоценових алювіальних і озерних відкладах, у середньонеоплейстоценових водно-льодовикових, озерно-льодовикових суглинках, нижньонеоплейстоценових еолово-делювіальних суглинках, у межигірсько-берекських і новопетрівських відкладах, еоценових відкладах. Літолого-стратиграфічні, геоморфологічні та гідрогеологічні умови у поєднанні з гідрометеорологічним чинником зумовлюють інтенсивний розвиток екзогенних процесів, серед яких переважають гравітаційні та ерозійні процеси.

Проведення структурних досліджень у межах Київського Придніпров'я, а також ГІС-аналіз підтвердили вагомий вплив *структурно-тектонічного* фактора на формування гравітаційних процесів. У межах цього регіону кристалічний фундамент розбитий серією розломів субмеридіального, субширотного, північно-східного та північно-західного простягання. У неотектонічному плані найактивнішими є регіональні структури з різницею показників сумарних амплітуд рухів до 60 м. Зоні найбільшого, Київського розлому, відповідають значні показники

середніх градієнтів швидкостей неотектонічних рухів – понад 0,01 (см/км)/тис. років. Із застосуванням функції відстаней модуля Spatial Analyst підтверджено вагому роль розломних зон у формуванні зсувів та їхній безпосередній зв'язок із тектонічними процесами. Установлено співвідношення зсувів та зон розломів, доведено їх просторові співвідношення, побудовано карту відстаней положення зсувів відносно розломів.



Рис. 2. Формування консеквентних зсувів (Київ, озеро Глинка)

Новітні та сучасні рухи земної кори мають чітку зональність прояву у рельєфі Київського Придніпров'я та чіткий вплив на створення передумов для інтенсифікації несприятливих геологічних явищ. У зв'язку з цим окрема увага приділялась проведенню *структурно-морфометричних досліджень*, що надають можливість оцінки впливу тектонічного фактора на розвиток та активізацію гравітаційних процесів. Структурна морфометрія, що спрямована на дослідження різномасштабних тектонічних структур і виявлення вертикальних рухів земної кори, є інструментом установлення генетичного зв'язку між геоморфологічними та тектонічними процесами, між формами земної поверхні та структурами земної кори. За методикою В.П. Філософова (Філософов, 1975), що полягає в графічному розкладанні рельєфу на базисні, залишкові, вершинні й ерозійні поверхні відповідно до порядків долин і вододільних ліній, для території Середнього Придніпров'я побудовано карти порядків долин і вододілів, карти базисних поверхонь десяти порядків та карти залишкового рельєфу відповідних порядків. Основою всіх побудов є карти порядків долин (рис. 3) і вододілів. Карти базисних поверхонь являють собою складні поверхні, які об'єднують місцеві базиси ерозії,

а карти вершинних поверхонь є складними поверхнями, що проходять через вододільні лінії. Базисні поверхні виражають сумарні рухи земної кори за різні проміжки часу. Створення базисних поверхонь для території дослідження здійснювалося за методикою побудови монобазисних поверхонь. На основі карти порядків долин було побудовано монобазисні поверхні десяти порядків, а на основі карт порядків вододільних ліній для території досліджень побудовано моновершинні поверхні семи порядків.

Карта долин вищих порядків відображає дочетвертинний період формування палеорельєфу Середнього Придніпров'я. Долини вищих порядків приурочені до нижніх структурних ярусів і закладаються переважно по розломних зонах та розривних порушеннях. Долини Росі та Дніпра відповідають восьмому-десятому порядкам, гідрографічна сітка має відцентровий характер, окреслюючи окремі тектонічні структури. Долина Дніпра в Середньому Придніпров'ї має найвищий 10-й порядок, що засвідчує її дочетвертинне формування. Такі долини мають велику довжину та зберігаються протягом тривалого періоду.

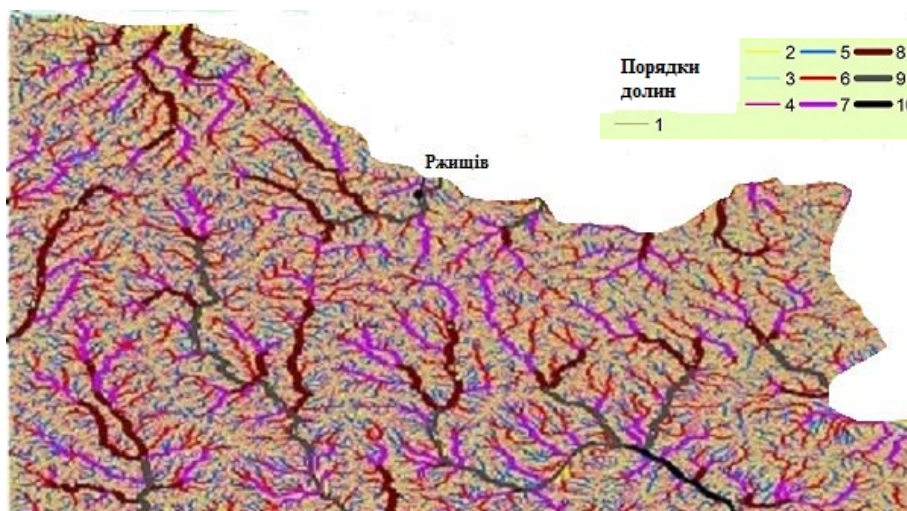


Рис 3. Фрагмент карти порядків долин Середнього Придніпров'я

Карти базисних поверхонь і карти вершинних поверхонь є статичними, що дають можливість проаналізувати зв'язок між морфометричними поверхнями та тектонічними структурами.

Найбільш інформативними з точки зору аналізу потенційного розвитку небезпечних геологічних процесів та їхнього прогнозу є карти залишкового рельєфу, за допомогою яких фіксується об'єм гірських порід, що може бути видалений у майбутньому денудаційними процесами за аналогічних геологічних і фізико-географічних умов. Розрізняється фоновий та локальний залишковий рельєф (який може бути явним і скритим). Карти залишкового рельєфу розглядають також як карти вертикального розчленування рельєфу. З метою створення карт залишкового рельєфу та локального розмиву використано дані SRTM. На основі знімка горизонталі рельєфу побудовані шляхом використання інструмента 3D Analyst (Raster Surface) в ArcGIS 10.4 з кроком 20 м.

Кожна базисна поверхня характеризується своїми значеннями залишкового рельєфу. Чим вищий порядок базисної поверхні, тим більші об'єми гірських порід переходять у

залишкові. Карта залишкового рельєфу будується шляхом віднімання базисної поверхні від гіпсометричної за методикою запропонованою П.О. Рижовим. Вона полягає в графічному накладанні базисної поверхні на гіпсометричну, обрахунку в місцях перетину різниці між числовими значеннями горизонталей та ізобазит. Далі точки з однаковими значеннями з'єднують ізолініями залишкового рельєфу, що називаються ізогіпсопахітами.

На основі карти порядків долин для дослідженої території Середнього Придніпров'я побудовано десять карт базисних поверхонь і дев'ять карт залишкового рельєфу. У ході досліджень було проаналізовано карти залишкового рельєфу сьомого-другого порядків (рис. 4), у межах яких зафіксовано низку локальних структур, розташованих уздовж правого схилу долини Дніпра, із відносною висотою (товщиною) скритого рельєфу від 10 до 25 м. Карти залишкового рельєфу восьмого та дев'ятого порядків не аналізувались, оскільки на них представлено залишковий рельєф, що покриває всю територію і не відрізняється диференціацією значень.

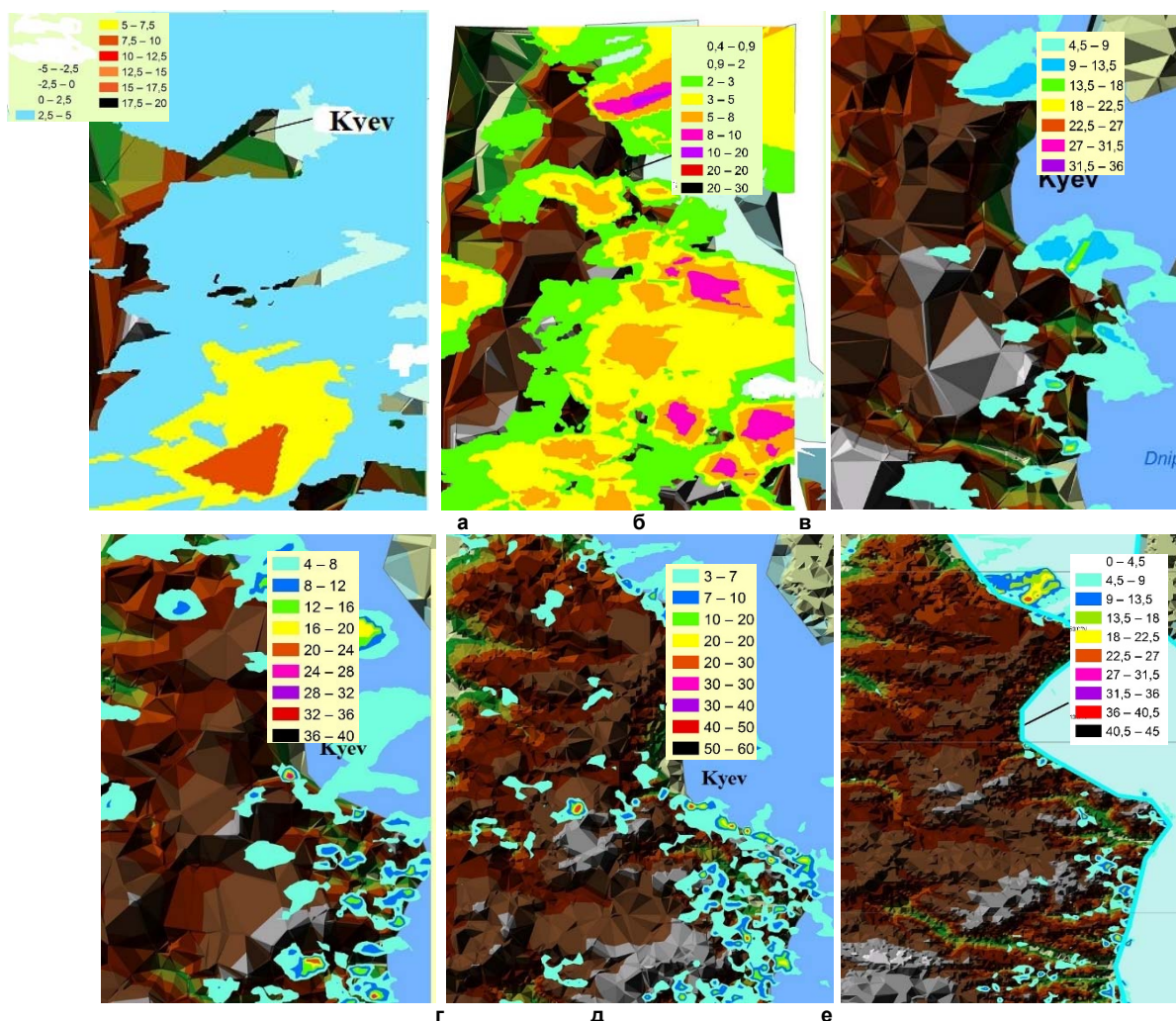


Рис 4. Карти базисних поверхонь та залишкового рельєфу 7-го (а), 6-го (б), 5-го (в), 4-го (г), 3-го (д) та 2-го (е) порядків Київського Придніпров'я

У межах Київського Придніпров'я найдавнішою є базисна поверхня сьомого порядку, що характеризує неотектонічну стадію розвитку рельєфу. Базис долини Дніпра того часу становив 90 м, перевищення у рельєфі сягало 100 м із максимальними відмітками 190 м, характерними для ділянок, що розташовані на південний захід

від Києва. Карта базисної поверхні сьомого порядку засвідчує, що русло р. Дніпро розташовувалося східніше сучасного, підтвердженням цьому є морфологічний абрис району. За картою залишкового рельєфу цього порядку простежується невелика потужність мас (до 10 м), що характерні для схилових ділянок із вищими висотними

показниками. Незначні товщі залишкового рельєфу з потужністю до 4 м покривають майже всю територію Київського блока.

На карті базисної поверхні шостого порядку фіксуються незначні зміни в тектонічному плані. Територія Київського блока сьогодні піднімається на 5 м. Простежуються підняття з висотними показниками 125–148 м на південних ділянках м. Київ. Разом із підняттям території все більше породних мас (потужністю до 20 м) переходять у залишковий рельєф, що фіксується у північній частині Києва. Максимальні товщі залишкового рельєфу є характерними для нижчих гіпсометричних рівнів, зберігаючи при цьому ті ж самі потужності. У межах морфоструктур із максимальними висотними показниками зберігаються невеликі за площею форми залишкового рельєфу з потужністю до 2 м.

На наступній стадії формування Київського Придніпров'я активність тектонічних рухів зберігається, що фіксується на карті базисної поверхні 5-го порядку. Відбувається зниження базису ерозії до 85 м та формування ділянок із висотними показниками до 200 м. Зберігається тенденція підняття локальних структур (до 5 м) у межах північних і південних схилів. Коливальні тектонічні рухи та ерозійно-денудаційні процеси призводять до руйнування нещільних гірських порід. На картах базисних поверхонь і залишкового рельєфу цього порядку в межах усього правобережжя Дніпра на висотах понад 180 м зафіксовано низку великих за площею структур із потужністю скритого рельєфу до 10 м.

Карта базисної поверхні четвертого порядку демонструє активізацію висхідних рухів, що виражається у зміні максимальних висот до 210 м. Під впливом тектонічної діяльності активізуються ерозійно-денудаційні процеси. Відбувається вривання долин і розчленування рельєфу на невеликі структури з різною крутизоною схилів. Такі процеси характерні для південних частин Києва, де долина відокремилася структуру, яка сформувалася в дочетвертинний час (карта базисних поверхонь шостого порядку). Такі зміни відбуваються і на північ від м. Київ. Залишковим рельєфом фіксуються локальні структури на новоутворених схилах розчленованого палеорельєфу з потужністю до 15 м (місцями до 20 м). Вони характерні для північних схилів Києва та південної частини Київського Придніпров'я.

Карта базисної поверхні третього порядку відображає стабільність тектонічних рухів. На цій стадії висотні показники не змінюються, спостерігається лише активізація ерозійних процесів. Весь південний схил долини Дніпра має розгалужену дрібну ерозійну сітку, що розчленовує великі структури між собою. Це фіксується на картах залишкового рельєфу; маси порід, які знаходилися на схилах і мали значну потужність на попередній стадії, зменшилися за площею та змінили своє гіпсометричне положення. На основі аналізу карти залишкового рельєфу для цього періоду виділено ділянки з малопотужними відкладами, що спостерігаються переважно в підніжжях схилів.

Найбільша відносна висота залишкового рельєфу – до 50 м, спостерігається на картах базисної поверхні та залишкового рельєфу третього порядку вздовж правого схилу р. Дніпро в районі м. Київ (північні та південні ділянки) (рис. 4) та в районі північних околиць м. Ржищів, із відмітками до 170 м. Ці дані збігаються із сучасними ділянками активного розвитку гравітаційних процесів.

Передостанню стадію формування Київського блока фіксують карти базисної поверхні та залишкового рельєфу другого порядку (рис. 4, с). Відновлюється тектонічна активність району, відбувається перебудова долини Дніпра, базис ерозії знижується до 80 м, збільшуються висотні показники на 5 м, максимальні відмітки сягають 215 м. Ак-

тивізується ерозійно-денудаційна діяльність. Деякі структури, що існували на схилах правобережжя Дніпра протягом попередньої стадії неотектонічного розвитку і розташовувалися на різних висотах, були зруйновані, інші зайняли понижене положення і спостерігаються переважно в підніжжі схилів із незначною потужністю залишкового рельєфу до 10 м. Карти цього порядку дають прогнозу оцінку сучасному розвитку небезпечних геологічних процесів у межах правобережних схилів долини Дніпра.

Тектонічні порушення лінійного типу у вигляді витягнутих форм скритого залишкового рельєфу зафіксовано на всіх картах, вони розташовані вздовж правого схилу долини Дніпра та відповідають зоні регіональних розривних порушень. Аналіз карт залишкового рельєфу підтвердив інтенсифікацію тектонічних піднять протягом неоген-четвертинного етапу та виявив локальні ділянки з максимальною активною ерозійно-денудаційною діяльністю. На основі проведених досліджень встановлено інтегральну картину впливу тектонічних рухів і локальних геологічних факторів на розвиток денудації та ерозії.

Висновки. У межах Київського Придніпров'я визначено фактори формування та активізації гравітаційних процесів. Створено базу геоданих, яка поєднує картографічну та атрибутивну інформацію щодо прогнозних ознак виникнення небезпечних геологічних процесів. На основі поглибленого геологічного аналізу, структурно-морфометричних досліджень, ГІС-аналізу, систематизації фактичного матеріалу із залученням натурних даних досліджено роль літологічного, стратиграфічного, структурно-тектонічного та геоморфологічного факторів у формуванні різногенетичних небезпечних геологічних процесів у межах даного регіону. Зони розвитку цих процесів приурочені до певних формаційних комплексів, що мають складну просторово-часову структуру з відповідними фізико-механічними властивостями породних комплексів. Як свідчить аналіз картографічних і натурних даних, найбільш небезпечно геологічні процеси характерні для зон, де спостерігається поєднання декількох факторів. Доведено, що прояв несприятливих явищ будь-якого типу та категорії потребує комплексної інтегральної оцінки чинників їхнього формування із визначенням важливих складних взаємозв'язків між компонентами геологічного середовища та з'ясування особливостей взаємозалежностей між ними.

Список використаних джерел

- Беспалова, О.М. (2003). Динаміка зсувного процесу Середнього Придніпров'я на прикладі ділянки Трипілля-Канів. *Автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.07 - Інженерна геологія*. Київ.
- Климчук, Л. М., Білінов, П. В., Величко, В. Ф. та ін. (2008). Сучасні інженерно-геологічні умови України як складова безпеки життєдіяльності. К.: ВПЦ "Експрес".
- Ржаніцин, В.О. (1996). Прояви найновішої та сучасної тектоніки в геологічній будові Канівських дислокацій. *Конф до 90-річчя П.К. Загоря "Сучасний стан та перспективи розвитку геоморфології антропогену України"*, 20-22 травн. 1996 р., Київ, 96-97.
- Рудько, Г.І., Осіюк, В.А. (Ред.). (2012). *Інженерна геодинаміка України і Молдови (оползневые геосистемы)*. Т.1, Т.2.
- Рудько, Г.І. (Ред.). (2015). Наукове супроводження геологічних об'єктів з метою оптимізації використання ресурсів надр (моніторинг надкористування). Київ, Чернівці.
- Філософов, В.П. (1975). *Основи морфометрического метода поисков тектонических структур*. Саратов.
- Foster, C., Gibson, A., Wildman, G., (2008). The new national Landslide Database and Landslide Hazard Assessment of Great Britain. *First World Landslide Forum, 18-21 Nov., 2008, Tokyo, Japan*. Отримано з <http://nora.nerc.ac.uk/4694/>.
- Ivanik, O., Shevchuk, V., Kravchenko, D., Yanchenko, V., Shpyrko, S., Gadiatska, K. (2019). Geological and Geomorphological Factors of Natural Hazards in Ukrainian Carpathians. *Journal of Ecological Engineering*, 20(4), 177-186. doi:10.12911/22998893/102964.
- Ivanik, O., Shevchuk, V., Lavrenyuk, M., Ivankevich, G., (2018). Regional and local forecasting of landslides and debris flows and assessment of their impact on infrastructure objects. *Abstracts of 11th International Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the*

Environment, 13-16 Nov. 2018, Kyiv, Ukraine. Отримано з <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=91316>

Menshov, O., Sukhorada, A. (2010). Magnetic properties of Ukraine soils and their informational content. *72nd EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2010*.

Pelletier, J., (2008). Quantitative modelling of Earth processes. Cambridge.
Saha, K., Arora, M. K., Gupta, R.P. et al. (2005). GIS-based route planning in landslide-prone areas. *International Journal of Geographical Information Science*, 19, 10, 1149-1175.

References

Bespalova, O.M. (2003). The dynamics of the Middle Dnieper landslide process by the example of the Trypillian-Cannes section. *Extended abstract ... Cand. Geol. Sciences thesis: 04.00.07 - Engineering Geology*. Kyev. [in Ukrainian]

Foster, C., Gibson, A., Wildman, G., (2008). The new national Landslide Database and Landslide Hazard Assessment of Great Britain. *First World Landslide Forum, 18-21 Nov., 2008, Tokyo, Japan*. Retrieved from <http://nora.nerc.ac.uk/4694/>.

Ivanik, O., Shevchuk, V., Kravchenko, D., Yanchenko, V., Shpyrko, S., Gadiatska, K. (2019). Geological and Geomorphological Factors of Natural Hazards in Ukrainian Carpathians. *Journal of Ecological Engineering*, 20(4), 177-186. doi:10.12911/22998993/102964.

Ivanik, O., Shevchuk, V., Lavrenyuk, M., Ivankevich, G., (2018). Regional and local forecasting of landslides and debris flows and assessment of their impact on infrastructure objects. *Abstracts of 11th International Conference on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the*

Environment, 13-16 Nov., 2018, Kyiv, Ukraine. Retrieved from <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=91316/>

Klimchuk, L.M., Blinov, P.V., Velichko, V.F. et al. (2008). Modern engineering and geological conditions of Ukraine as a component of life safety. K.:VPTS "Ekspres". [in Ukrainian]

Menshov, O., Sukhorada, A. (2010). Magnetic properties of Ukraine soils and their informational content. *72nd EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2010*.

Pelletier, J., (2008). Quantitative modelling of Earth processes. Cambridge.

Philosophov, V.P. (1975). Fundamentals of the morphometric method for the search for tectonic structures. Saratov. [in Russian]

Rudko G.I. (Eds.). (2015). *Naukove suprovodzhennya geologichnikh obektiv z metoyu optymizatsiyi vykorystannya resursiv nadr (monitoring nalrokorystuvannya)*. Kyiv, Chernivtsi. [in Ukrainian]

Rudko, G.I., Osuyuk, V.A. (Eds.). (2012). *Inzhenerna geodinamika Ukrainy i Moldovi (opolznevye geosistemy)*. Chernovtsi: Bukrek, V. 1, V. 2. [in Ukrainian]

Rzhanitsin, V.O. (1996). Manifestations of the latest and modern tectonics in the geological structure of the Kaniv dislocations. *Conf. to the 90th anniversary P.K. Zamoriya "The current state and prospects of the development of geomorphology of the anthropogen of Ukraine"*, 20-22 may, 1996, Kyev, 96-97. [in Ukrainian]

Saha, K., Arora, M. K., Gupta, R. P. et al. (2005). GIS-based route planning in landslide-prone areas. *International Journal of Geographical Information Science*. 19, 10, 1149-1175.

Надійшла до редколегії 24.12.19

O. Ivanik, Dr. Sci. (Geol.), Prof.,

E-mail: om.ivanik@gmail.com;

L. Tustanovska, PhD (Geol.),

E-mail: ljume4@ukr.net;

K. Hadiatska, Engineer,

E-mail: katkravchuk@gmail.com

Taras Shevchenko National University of Kyiv,

Institute of Geology, 90 Vasylykivska Str., Kyiv, 03022, Ukraine

MAIN CAUSES OF GRAVITATION PROCESSES WITHIN THE MIDDLE DNIEPER REGION

Integrated assessment and analyses of gravitational geological processes impact on the technogene objects is based on a systematic approach to the analysis of the geological environment; creation of geological, mathematical and spatial models of the geological environment, development of analytical tools. The complex application of geological and geomorphological methods (structural-morphometric analysis, comparative tectonics and structural analysis), remote sensing data and GIS technologies made it possible to identify the relationship between the processes of geomorphogenesis and tectogenesis within the Middle Dnieper area, identify the causes of gravitational geological processes, and build a series of spatial models. These models describe the impact of geomorphological and tectonic processes on the natural hazards. Based on the analysis of structural and morphometric indices, the tectonic structures, which are most elevated in relief, were recorded. Using the residual relief map, located above the baseline surfaces of the respective orders, structural zones are highlighted, reflecting the relationship of tectonic and erosion and reservoir erosion processes. Digital models of base surfaces and residual topography are aimed at the detection of local structures and the study of slope processes of the territory. Neotectonic movements of not only local but also regional character were allowed to follow. The residual relief outlines the positive forms of relief confined to anticlinal folds, which refer to the positive anomalies of gravity.

Keywords: natural hazards, spatial data analysis, structural morphometry, residual terrain, remote sensing data, geoinformation systems.

Е. Иваник, д-р геол. наук, проф.,

E-mail: om.ivanik@gmail.com;

Л. Тустановская, канд. геол. наук,

E-mail: ljume4@ukr.net;

К. Гадыцкая, инж.,

E-mail: katkravchuk@gmail.com

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,

УНИ "Институт геологии", ул. Васильковская, 90, Киев, 03022, Украина

ГЛАВНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ И АКТИВИЗАЦИИ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРЕДЕЛАХ КИЕВСКОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ

Комплексная оценка и моделирование влияния гравитационных геологических процессов на техногенные объекты осуществляется на основе системного подхода к анализу состояния геологической среды; создания геологических, математических и пространственных моделей, а также разработки расчетно-аналитических средств. Комплексное применение геологических и геоморфологических методов (структурно-морфометрического анализа, метода сравнительной тектоники и структурного анализа), данных дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий позволило подтвердить генетическую связь между процессами геоморфогенеза и тектогенеза в пределах Среднего Приднпровья, определить факторы формирования и активизации гравитационных геологических процессов, а также построить ряд геологических и геоморфологических моделей, характеризующих влияние геоморфологических и тектонических факторов на потенциальное развитие опасных геологических процессов. На основе анализа структурно-морфометрических показателей были зафиксированы тектонические структуры, наиболее приподнятые в рельефе. С помощью карты остаточного рельефа, лежащие выше базисных поверхностей соответствующих порядков выделено структурные зоны, отражающие взаимосвязь тектонических и денудационно-эрозионных, а также аккумулятивных процессов. Цифровые модели базисных поверхностей и остаточного рельефа, направленные на выявление локальных структур и на исследование склоновых процессов территории, позволили проследить неотектонические движения не только локального, но и регионального характера. Остаточным рельефом оконтурены положительные формы рельефа, приуроченные к антиклинальным складкам, которые относятся к положительным аномалиям силы тяжести.

Ключевые слова: опасные геологические процессы, пространственный анализ данных, структурная морфометрия, карты базисных поверхностей, остаточный рельеф, оползневые процессы, дистанционное зондирование Земли, геoinформационные системы.