



DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2025.02.026>

Байрак Г. Р.<sup>1</sup>

0000-0002-4802-2706

Ковальчук І. П.<sup>2</sup>

0000-0002-2164-1259

<sup>1</sup> Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів

<sup>2</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ

## Концептуальні моделі геоморфогенезу: ретроспектива та сучасні тренди з акцентами на дослідження рельєфу території України

УДК 551.4-047.76(477):504.062:711.14(045)

Схарактеризовано основні концептуальні моделі розвитку рельєфу. Базуючись на них, на прикладі території України виявлено закономірності геоморфогенезу. Концептуальна модель циклічності В. Девіса підтверджена у дослідженнях сучасного морфогенезу русел річок Передкарпаття. Дієвість моделі рельєфотворення В. Пенка перевірена методами лінеаментного аналізу на прикладі 3d-моделі рельєфу височини Опілля. Концепція перерв у висхідному розвитку рельєфу знайшла підтвердження у моделях поверхонь вирівнювання, які спостерігаються в Українських Карпатах, а також в існуванні геоморфологічних рівнів, поширених у рівнинній частині території України. Згідно з концепцією динамічної рівноваги розвиваються флювіальні морфосистеми Карпатського регіону, які виводяться зі стабільного стану екстремальними паводками, але з часом відновлюють свою морфологію. Концепція антропогенного морфогенезу знаходить сьогодні яскраве відображення у формуванні та поширенні белігеративного (створюваного воєнними діями) рельєфу на сході України. Відзначено ряд концептуальних моделей геоморфогенезу, які розробили українські вчені. Врахування концептуальних моделей геоморфогенезу в дослідженнях сучасного рельєфу, перевірка їхньої дієвості дає змогу прогнозувати зміни його станів, оцінювати можливі наслідки його змін як для навколишнього середовища, так і для людини та суспільства, обґрунтовувати комплекс екостабілізаційних заходів, розробляти і впроваджувати моделі оптимального використання ресурсного потенціалу нашої країни, тим самим сприяти її післявоєнному відновленню.

**Ключові слова:** концептуальні моделі, геоморфогенез, флювіальне рельєфотворення, морфодинаміка, сучасні рельєфотвірні процеси, рельєф України.

### Актуальність теми дослідження

Концепції рельєфотворення є теоретичним фундаментом геоморфології, які дозволяють систематизувати знання про еволюцію земної поверхні і створювати цілісну картину розвитку рельєфу. Настав час впорядкувати існуючі підходи до досліджень рельєфу і показати нові тенденції в розвитку геоморфології. Це дозволить краще розуміти механізми виникнення і розвитку небезпечних морфодинамічних процесів,

які впливають на стан рельєфу, ландшафти, людину і суспільство та розробляти заходи з їх попередження чи мінімізації негативних наслідків. Водночас посилення впливу людини на природне середовище і рельєф з другої половини ХХ ст. зумовило активізацію зусиль, спрямованих на забезпечення переходу до сталого розвитку сьогодні, прогнозування і попередження на довгостроковий період цього втручання із оптимальним збереженням довкілля [1].

### Цитування:

Байрак Г. Р., Ковальчук І. П. Концептуальні моделі геоморфогенезу: ретроспектива та сучасні тренди з акцентами на дослідження рельєфу території України. *Український географічний журнал*. 2025. № 2 (130). С. 26–37.

DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2025.02.026>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025.



Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## Мета і методи дослідження

На прикладі рельєфу території України показати закономірності геоморфогенезу, відображені у формі концептуальних моделей, важливих для розуміння тенденцій розвитку морфодинамічних процесів, оцінювання станів та прогнозування майбутніх змін рельєфу і вирішення прикладних завдань геоморфології.

Методи дослідження: історичного аналізу, зіставлення, узагальнення, аналізу взаємозв'язків та взаємообумовленості явищ, регіонального аналізу, 3D-моделювання.

## Виклад основного матеріалу

### Ранні моделі рельєфотворення

Одним із перших, хто почав акцентувати увагу на необхідності вивчення морфодинамічних процесів, був американський геолог Ч. Лайєль (Ch. Lyell, 1830), який спрямовував дослідників на детальне вивчення новітньої динаміки процесів рельєфотворення. Він вважав, що природні сили та фактори діють постійно і повільно протягом геологічної історії, змінюючи пластику земної поверхні поступово, а не завдяки масштабним катастрофам, хоч іноді роль останніх також є дуже суттєвою [2]. Висунута Ч. Лайєлем ідея повільного і неперервного розвитку рельєфу була, по суті, першою концептуальною моделлю геоморфогенезу.

Наприкінці XIX ст. з'явилися погляди В. М. Девіса (Davis, 1899) про циклічність розвитку рельєфу. Він виділив водно-ерозійний, льодовиковий, морський та еоловий цикли розвитку рельєфу. Кожний цикл починається із тектонічної активності, яка зумовлює підняття території і подальше панування денудаційних процесів. Циклічність ерозійного рельєфотворення відбувається у вигляді стадій — від «молодості» і «зрілості» рельєфу до його «старості» і «дряхлості». Сформульовану концепцію ідеалізованих «географічних циклів» В. Девіса, в яких рельєф розвивається через «життєві стадії», створюючи пенеплен, відносять до другої концептуальної моделі геоморфогенезу [3].

Цикл Девіса передбачає аналіз формування рельєфу в геохронологічному порядку, тоді як у сучасному геоморфогенезі циклічність простежується передусім у просторово-часових змінах морфології рельєфу, які фіксуються на геообразженнях (картах, аерофото- і супутникових

знімках) станом на різні роки. Циклічність виразно проявляється на прикладі річкового руслоформування. Під дією флювіальних процесів у найдинамічніших відтинках річок Передкарпаття і Закарпаття, за нашими дослідженнями, відбуваються латеральні зміщення, трансформації типів русел, переформування руслових форм. У результаті, ріка повертається до вихідного стану за приблизно 70–100-річний період, хоч при цьому абсолютної тотожності між початковим і кінцевим станом русла не досягається (рис. 1).

*Модель геоморфогенезу В. Пенка (Penck, 1924)* відзначає суттєву роль тектоніки у розвитку морфології рельєфу і передбачає його розвиток як взаємодію ендегенних та екзогенних факторів. Вона націлює дослідників на вивчення характеру ендегенних рухів як головного чинника у формуванні рельєфу та його співвідношення з екзогенними процесами [4].

Із середини XX ст. ідея впливу геотектоніки на формування рельєфу переросла у поняття морфоструктури, під якою розуміли вираження у рельєфі тектонічної структури. Під час сучасного аналізу морфоструктур території України, В. Палієнко наповнила їхнє значення динамічними характеристиками, зокрема, направленістю, амплітудами та мінливістю в часі неотектонічних рухів [5]. С. Бортник доповнив їхнє визначення як ландшафтно-геоструктурних конформних одиниць, геологічні структури яких (куполи, мульди, складки або розломи) визначають кільцеву чи лінійну впорядкованість форм рельєфу та елементів ландшафту [6].

### Концептуальні моделі геоморфогенезу на етапах активного розвитку геоморфології

*Морфодинамічна модель Л. Кінга (King, 1953, 1967)* базується на поділі земної поверхні на частини, які характеризуються певним вертикальним положенням, нахилом та особливостями динамічного розвитку. Розподіл рельєфу на елементарні поверхні передбачає з'ясування впливу на його стан (морфологію) екзодинамічних чинників їхнього розвитку. Л. Кінг відкидає вирівнювання схилів як загальний процес еволюції ландшафту, а водночас і концепцію пенепленізації Девіса. Приймається еволюція

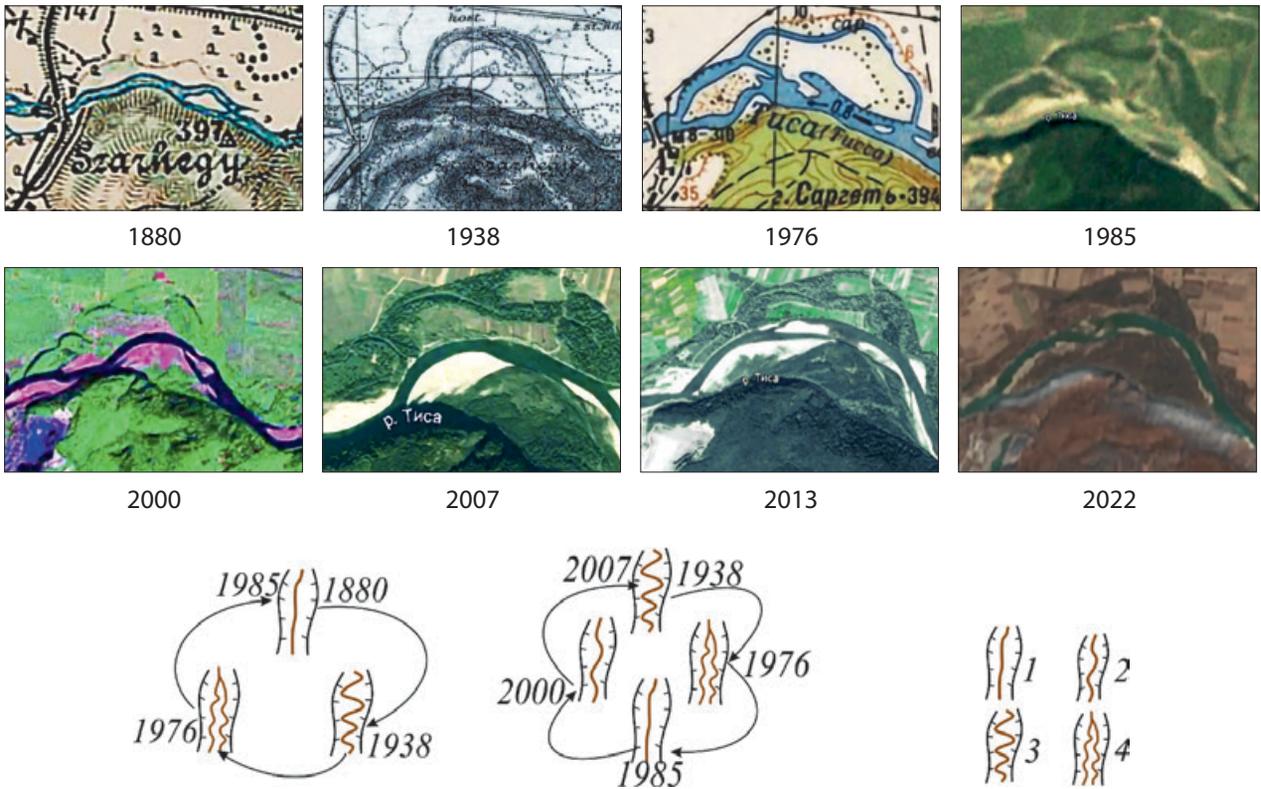


Рис. 1. Морфодинаміка русла р. Тиси на перетині Вулканічного хребта, яка відображає циклічність змін морфології русла. Типи русла: 1 — однорукавне пряме, 2 — однорукавне злегка звивисте, 3 — однорукавне меандруване; 4 — дворукавне злегка звивисте.

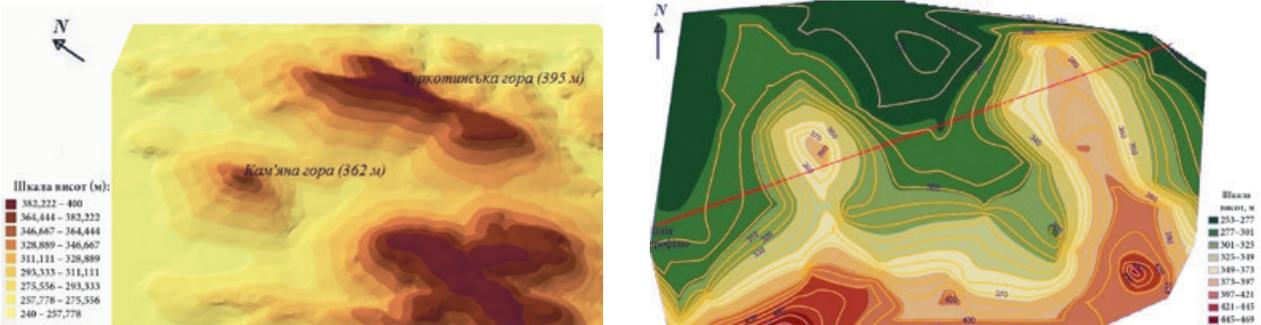


Рис. 2. Формування краю уступу Подільської височини: а — сучасний рельєф; б — карта вершинної поверхні 3-го порядку, яка показує вигляд рельєфу перед сучасним ерозійним врізом (авторська розробка у програмі ArcGIS).

ландшафту шляхом відступання уступів та педиментації і розглядаються її наслідки [3].

Прикладом відступання уступів під дією денудації, зниження вершин відповідно до зниження базисів ерозії та формування обширних педиментів є рельєф краю Подільської височини. Розглянемо цей процес на прикладі одного з її районів — Гологоро-Кременецького пасма. Геоформаційне моделювання, основою якого було виділення вершинних і базисних поверхонь [7], дозволило відтворити і продемонструвати вигляд рельєфу, новітнім етапом розвитку

якого було ерозійне розчленування, поглиблення долин і формування педиментів (рис. 2).

Модель формування геоморфологічних рівнів. Вперше верхній денудаційний рівень (oberes Denudationsniveau) був виокремлений А. Пенком (А. Penck, 1894). Єдину структуру геоморфологічних рівнів обґрунтував К. К. Марков (1948). Він виділив геоморфологічні рівні, які б мали простягатися концентрично навколо земного геоїда (абразійно-аккумулятивний, денудаційний, снігової межі та вершинної поверхні гір). Проте земна кора перебуває у

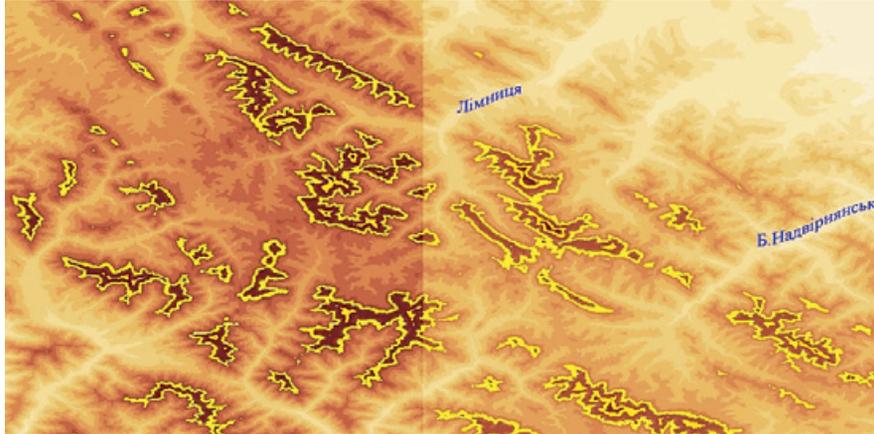


Рис. 3. Рельєф Українських Карпат із залишками Бескидської поверхні вирівнювання у Горганах на висотах 1300–1400 і 1600–1700 м (позначено білим)



Рис. 4. Рельєф Опілля на Подільській височині, сформований тектонічними підняттями неоген-четвертинного періоду і модельований сучасними екзодинамічними процесами (3D-модель рельєфу, масштаб 1:200 000. Позначено лінементи різного порядку, що відповідають тектонічним лініям та орогідрографії регіону)

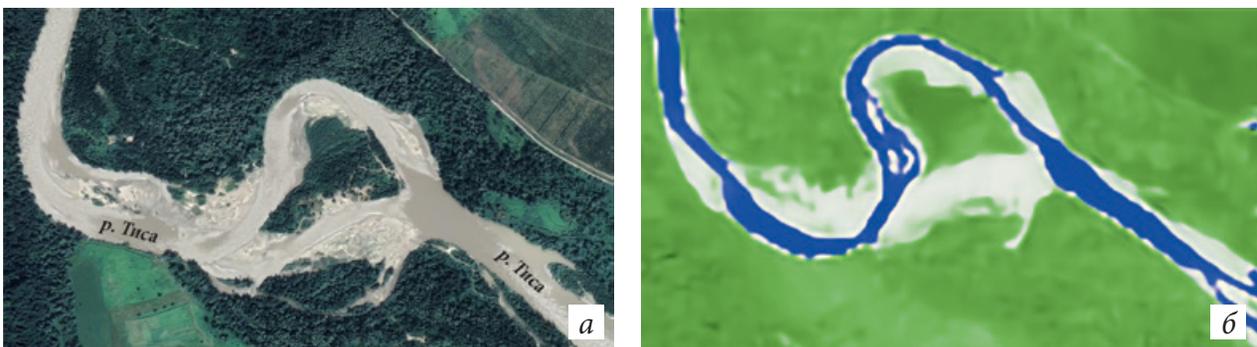


Рис. 5. Формування заплавної-руслового комплексу відтинка р. Тиси:  
а — русло після проходження паводку в липні 2021р. (супутникові дані з ресурсу Google Earth розрізнення 1 м/пікс);  
б — повернення до попереднього стану (жовтень 2024 р., супутникові дані Sentinel-2 з ресурсу EO Browser, розрізнення 10 м/пікс).

постійному коливальному русі й утворити єдину навколосвітню одновисотну поверхню нереально.

Насправді геоморфологічні рівні можна відстежити лише у регіональному плані, де вони утворюють різновисотні поверхні або яруси. Для території України О. Маринич і В. Палієнко (1998) виділили шість геоморфологічних рівнів: подільський, бузько-дніпровський, донецький, південнополіський, придніпровський, причорноморський [8, с. 427]. Описана модель рельєфотворення передбачає формування ярусного рельєфу внаслідок взаємодії ендегенних та екзогенних процесів. Ярусність рельєфу як наслідок нерівномірності тектонічних піднять, формування розломних зон і розвитку морфодинамічних процесів добре простежується також в межах Українського Розточчя [9].

Модель формування поверхонь вирівнювання. У Карпатах поверхні вирівнювання досліджували С. Рудницький (1905), Л. Савицький (L. Sawicki, 1909), М. Клімашевський (1937), П. Цись (1962), І. Гофштейн (1964, 1995) та ін., які виділили декілька їхніх рівнів: Урду (1300–1450 м), Підполонинський (900–1000 м), Бескидський (Srodgórski, 800–1000 м) і Підбескидський (Pogórski, 700–800 м) [10]. Їх вивчали також Е. Палієнко у Копет-Дазі (1964), І. Рослий на Донецькій височині (1968). Залежно від впливу головних екзогенних чинників, поверхням вирівнювання властивий різний генезис — ерозійно-денудаційний, денудаційно-аккумулятивний, абразійно-аккумулятивний, денудаційний. Ця морфодинамічна модель розвитку рельєфу передбачає тривалу дію екзогенних чинників, які зумовлюють вирівнювання рельєфу, створення єдиної одновікової рівнинної або слабонахиленої поверхні. Майбутніми тектонічними підняттями вона може бути піднята на певну висоту і розчленована. Так, в Українських Карпатах у ранньому міоцені відбулися активні підняття, а в пізньому міоцені настав період спокою, під час якого сформувалася Бескидська поверхня вирівнювання (рис. 3). У періоди тектонічного спокою, що чергувалися із диференційованими підняттями, сформувалися ерозійно-денудаційні поверхні Урду, Підполонинська, Підбескидська.

З 60-х років ХХ ст. ряд вчених-геотектоністів (Г. Хес, Ф. Вайн, Дж. Вільсон, Л. Сайкс,

Дж. Олівер, У. Дж. Морган) почали активно розробляти концептуальну модель тектоніки літосферних плит [11], яка дала розуміння геоморфологам, що рухи літосферних плит (зіткнення, розходження і ковзання) є причиною формування первинного рельєфу Землі.

Саме у смугах стикання літосферних плит відбувається активне гороутворення, проявляються вулканізм та землетруси. На основі цієї моделі розвинулися погляди про формування геосинклінальних і платформних областей та структурну зумовленість рельєфу.

В Україні на тектонічну зумовленість рельєфу звернули увагу В. Боднарчук (1949) і К. Геренчук (1960) [5]. Вплив тектоніки на розвиток рельєфу та його структурна зумовленість добре простежується на прикладі району Подільської височини — Опілля. Для нього характерний глибоко і різко розчленований рельєф, особливо добре виражений у порівнянні з сусідніми районами Львівського і Західно-Подільського плато. Неотектонічні підняття, які зумовили значні абсолютні висоти (г. Камула, 471 м), мали тут помітно більшу амплітуду, ніж на сусідніх територіях. У результаті сформувався рельєф із глибокими врізами долинної мережі, крутими, здебільшого випуклими схилами і різкими елементами морфології рельєфу (рис. 4). Формування рельєфу під провідним впливом тектонічних рухів різного рангу відображають прямолінійні відтинки орогідромережі, переважання домінуючого їхнього напрямку простягання, зміни щільності ерозійного розчленування поверхні [12].

#### Сучасні моделі геоморфогенезу

Концептуальна модель динамічної рівноваги у рельєфотворенні. За розумінням Джона Т. Хека, рельєф пристосується до зрівноваженого або «стаціонарного стану» з певними граничними умовами, незважаючи на тектонічне підняття, яке додає матеріал і постійний спектр геоморфологічних процесів, які його видаляють [13]. Він вважав, що після періоду орогенезу рельєф буде знижуватися доти, доки не досягне нового стану рівноваги між розмивною здатністю корінних порід і денудацією. Розвиваючи ідею Гілберта (Gilbert, 1877), Джон Хек розглядав поняття динамічної рівноваги та стійкого стану,

допускаючи, що ландшафт має досягти стійкого стану, за якого форма поверхні суші не змінюється, незважаючи на те, що матеріал поповнюється внаслідок тектонічних піднять та видаляється завдяки морфодинамічним процесам [14, с. 85]. При цьому розрізняють статичну, стабільну, нестабільну, метастабільну, стаціонарну, динамічну і метастабільну динамічну рівноваги. Вони відрізняються між собою характером збурень чи коливань системи, після яких вона досягає стану стабільності або переходить у новий стан [3]. Концепцію динамічної рівноваги на етапі її формування підтримали геоморфологи С. Ollier (1968), I. Douglas (1971), S. Schumm (1979) та ін.

На практиці ідея з виділенням стану динамічної метастабільної рівноваги виявилася найбільш корисною. Вона допускає, що коли ландшафт (або рельєф) збурюватиметься змінами навколишнього середовища чи випадковими внутрішніми флуктуаціями, які викликають перетин внутрішніх порогів, його реакція буде складною [3]. Якщо, наприклад, потік води під дією природних чи антропогенних чинників буде виведений зі стійкого стану, то він з часом пристосується до цих змін. Прикладом моделі рельєфотворення, коли системи виводяться зі стану рівноваги, а згодом пристосовуються до змін, є формування заплавно-руслених комплексів Карпатського регіону після екстремальних паводків. Під час паводків з'являються нові рукави русел, меандри, зміщуються головні рукави, відкладається велика кількість пухкого матеріалу, утворюючи нові руслові форми. Проте через деякий час русла відновлюють свою морфологію при збереженні попередніх умов руслоформування (рис. 5).

*Концептуальна модель нелінійності розвитку явищ чи процесів* останнім часом знаходить підтвердження в ряді наук, таких як фізика, геодинаміка (сейсмічність), біологія, метеорологія і, звичайно, морфодинаміка. Наприклад, важко передбачити місця зсувів порід, оскільки вони залежать від багатьох факторів і можуть відбутися навіть за незначного впливу якого-небудь чинника. Накопичення води у пухкій товщі може тривати довгий час, але в деякий момент часу невелике додаткове зволоження може призвести до активізації і сходження зсуву. Також прикладом нелінійності

розвитку ерозії може бути вплив рослинності, яка моделює поверхні рельєфу і призводить до зростання чи сповільнення темпів розвитку екзогенних процесів на різних елементах рельєфу [15]. Нелінійна модель стверджує, що малі зміни в системі або флуктуації (слабкі коливання стійкості чи зусиль) можуть призвести до великих наслідків. Модель також з'ясовує те, що в багатьох природних середовищах випадкові відхилення від «збалансованого» стану мають тенденцію до самопідсилення [16]. Це пояснює, чому льодовикові цирки мають тенденцію до розширення, карстові лійки збільшуються в розмірах, а поздовжні профілі гірських долин стають ступінчастими.

Для аналізу розвитку рельєфу на сучасному етапі важливо застосовувати *синергетичний підхід*, запропонований Г. Хакеном (Haken, 1971), який описав явище самоорганізації (у просторі і часі) складних нелінійних невриважених дисипативних відкритих систем [17]. На постулати синергетичного підходу опирався Ю. Ющенко (2005), який досліджував морфогенез річкових русел Покутсько-Буковинського Передкарпаття, передбачаючи їхній розвиток внаслідок самоорганізації процесів на принципах домінантності, нелінійності зв'язків [18].

Концептуальна модель антропогенного перетворення рельєфу почала розвиватися з поширенням вчення про ключову роль людини у зміні довкілля, засновником якого в Україні вважаємо В. І. Вернадського. Розуміння впливу людини не тільки на довкілля, але і на рельєф прийшло з середини ХХ ст. з працями Е. Фельса (Fels, 1957) [19]. Сприйняття людини як агента рельєфотворення мало дві тенденції: 1) вивчення змін, викликаних господарським втручанням [20-21] і 2) кількісне та якісне дослідження ресурсів, потенціалу фізичного середовища та оцінка різноманітних регіональних потенціалів [22]. Рельєфотвірні процеси, спричинені людиною, мають головно поширення у міських середовищах, кар'єрно-відвальних комплексах, штучних водоймах, на сільськогосподарських угіддях, а в останні роки — на територіях ведення бойових дій. На сході України масштабним стало розповсюдження белігеративного рельєфу із йому властивими формами і процесами (окопи, бліндажі, траншеї, вирви від вибухів), хоч перед тим він був локально



Рис. 6. Формування белігеративного рельєфу на сході України: а — лінійні виїмки (окопи); б — округла виїмка у рельєфі від фугасної авіаційної бомби (дані з відкритих джерел)

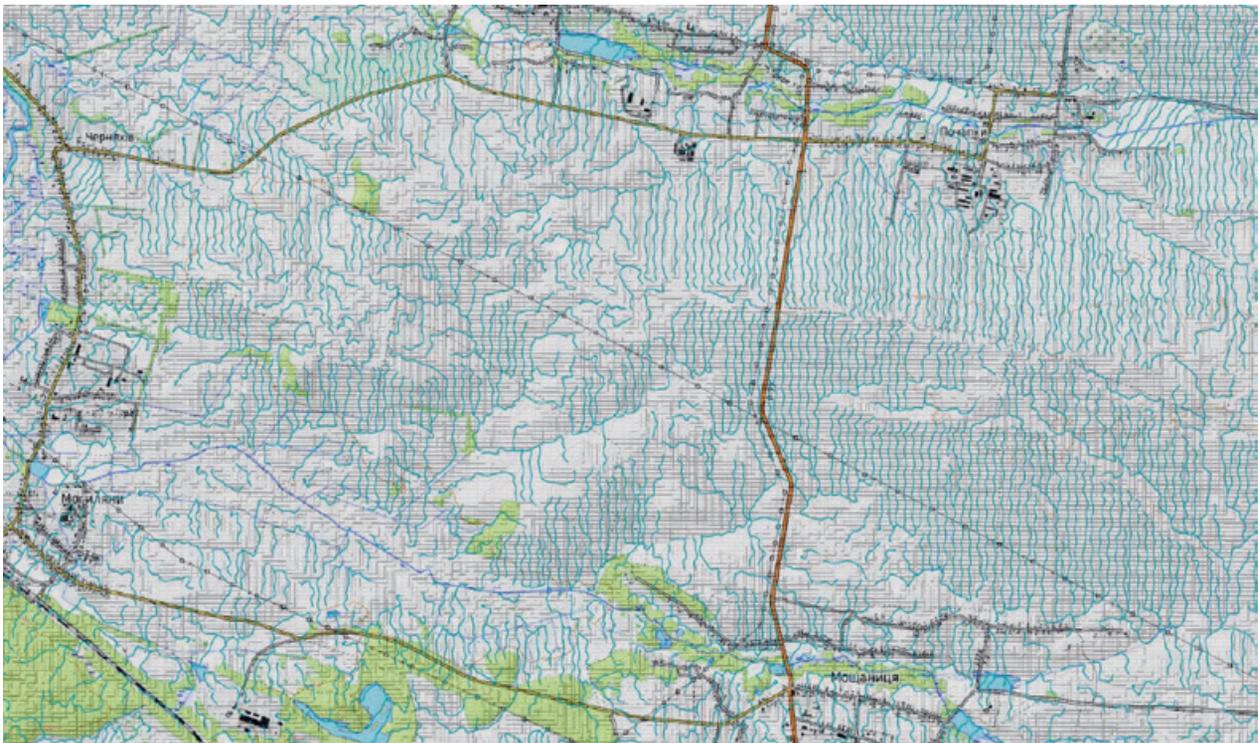


Рис. 7. Приклад гідрологічного моделювання у QGIS із відображенням струменевих потоків на великомасштабній цифровій моделі рельєфу

розвинений лише на військових полігонах [23]. Рельєфотворення у таких районах продовжується і є найбільш динамічним на даному етапі (рис. 6). Спрямованість розвитку антропогенного рельєфотворення повинна відповідати принципу «людина порушила рельєф — людина має його відновити, забезпечити стійкість» і підтримувати рівновагу природного середовища в цілому.

#### *Концептуальні моделі геоморфогенезу українських учених*

Заслужують на увагу концептуальні моделі рельєфотворення, обґрунтовані українськими геоморфологами [24–25]. В. П. Палієнко вказує на те, що синергетичний підхід в аналізі формування геоморфосистем, урахування нестабільності, нерівноваженості і нелінійності

рельєфотвірних процесів допоможе пояснити багатоваріантні шляхи еволюції рельєфу, ритмічність геоморфогенезу, необоротність і прискорення морфодинамічних процесів, нерівномірність темпів їхнього розвитку. Оскільки сучасний геоморфогенез є однією з класичних нелінійних природно-техногенних моделей, то для розуміння його формування і розвитку виникає потреба використання таких базових принципів синергетики, як кумулятивності, самозбереження, узгодженості розвитку та ін. [26].

В. П. Палієнко вважала, що рельєф постійно перебуває в певному динамічному стані, зазнає постійної трансформації, яка відбувається під дією рельєфотвірних процесів. Змінність станів рельєфу окреслює сучасна динаміка рельєфу, яку визначають і направляють зміни чинників рельєфотворення. Ці чинники можуть бути зворотними і незворотними, успадкованими чи неуспадкованими, зазнавати впливу природної або антропогенної складової. Авторка вважає, що на сучасному етапі розвитку рельєфу саме дія антропогенного чинника є визначальною рисою динаміки рельєфу [26].

Рельєф вважається динамічною системою, або геоморфосистемою, здатною суттєво розподіляти потоки речовини та енергії на земній поверхні. Втручання людини все частіше спричинює випадки несподіваних траєкторій руху речовинно-енергетичних потоків, зумовлених її техногенною діяльністю [27]. Це вимагає створення інших геоморфосистемних моделей, за якими можна більш надійно прогнозувати її наслідки. Вирішувати ці завдання дозволяє морфохронодинамічна концепція, сутність якої полягає в тому, що геоморфосистема має історико-динамічні тенденції, що почали розвиватися з архею і які окреслюють взаємодію низхідних і висхідних літопотоків. Алгоритм морфохронодинамічного підходу, на думку її автора — проф. О. Комлева, має вигляд «від статичної до динамічної» — від побудованих картографічних моделей статичної (складу, будови, структури) геоморфолітосфери до інтерпретацій їхньої динаміки (історичної, еволюційної, функціональної). У процесі еволюції геоморфосистеми виникає її ускладнення, збільшення контрастності і розмаїття структурних конфігурацій. Внутрішнім змістом історико-динамічної геоморфосистеми є геоморфолітогенез, який реалізується

механізмами взаємодії диференційованих поверхневих переміщень пухких відкладів і формуванням нерівностей поверхні Землі [28].

Концептуальну модель самоорганізації флювіального рельєфу обґрунтували І. Г. Черваньов та С. В. Костріков (2010) [29]. За їхнім розумінням, рельєф відіграє роль провідного компонента ландшафту, структурні лінії якого диференціюють флювіальні геоморфологічні процеси. Елементи геометрії рельєфу визначають гіпсометричні рівні, якими ландшафтно-геохімічна система ділиться на елементарні системи. Виникає можливість розглядати весь геоморфологічний ландшафт (або рельєф) як мережу різномасштабних русел, якими здійснюється міграція речовини вздовж різних його форм і відповідних схилівих поверхонь. Змодельовати діяльність і спрямованість дрібних потокових струменів можна за допомогою суміщення реальної поверхні геоморфологічного ландшафту (або цифрової моделі рельєфу) із цифровою моделлю місцевості у ГІС. За моделлю можна прослідкувати утворення поверхневого стоку та визначити потужність струменів; складнішою проблемою, на думку авторів, є маршрутизація гідрологічного стоку, тобто з'ясування спрямованості руху відкладів вздовж форм рельєфу. С. Костріковим розроблені алгоритми маршрутизації, які дозволяють відтворювати умови стоку. Це дозволило зімітувати за цифровою моделлю рельєфу ієрархічну структуру поверхневого стоку, визначити фактори його саморегулювання у взаємодії з рельєфом за провідної дії морфології рельєфу.

Зазначимо, що теоретичні та практичні напрацювання авторів реалізовані у модулі SAGA програми QGIS. На основі детальної цифрової моделі рельєфу виконується автоматизоване гідрологічне моделювання і відображення дрібно-струменевої мережі (рис. 7). Зміст моделювання полягає в тому, що віртуальні потоки води стікають з комірки з більшою висотою в сусідню комірку з меншою висотою. Ряд послідовних комірок формують дренажні мережі, які відтворюють напрям стікання струменів води зі схилів [30]. Щільні паралельно-впорядковані струмені ідентифікують ділянки посиленої площинної ерозії, яка перетворює поверхні рельєфу.

Близькі за змістом ідеї розвиває І. П. Ковальчук [20–21], який аналізує трансформаційні процеси у структурі річкових систем через порівняння різночасових зрізів їхнього стану,

відображеного на великомасштабних топографічних картах, та досліджує стаціонарними і напівстаціонарними методами співвідношення ерозії, транзиту й акумуляції наносів, винесення розчинених речовин у системах «схил → заплава → русло», «схили лощинного водозбору → його днище → русло малої річки», а також замулення русел малих річок, їхню деградацію. Він також оцінює еколого-геоморфологічні наслідки природних та антропогенних процесів і пропонує ефективні стратегії вирішення геоекологічних проблем.

В українській геоморфології існують й інші концепції — морфокліматична, морська, морфометрична, еколого-геоморфологічна, геоінформаційна, але про їхню роль — в іншій статті.

### Висновки і перспективи досліджень

Концептуальні моделі геоморфогенезу дають розуміння складних процесів розвитку рельєфу, акцентуючи увагу на окремих факторах впливу або інтегрованому впливі з його синергетичними ефектами, коли взаємодія різних факторів призводить до більшого або меншого наслідку, ніж сума окремих впливів. Ці моделі дозволяють абстрагуватися від деталей та зосереджуватися на ключових моментах – механізмах рельєфотворення, на виділенні провідних морфодинамічних процесів або сукупності процесів, які посилюють дію один одного. Ключовими для досліджень геоморфогенезу вважаємо концепції динамічної рівноваги, постійного та нелінійного розвитку, які підтримуються провідними геоморфологами і свідчать, що процеси в геоморфосистемах відбуваються постійно, прямують до динамічної рівноваги, проте можливі різні варіанти розвитку через непередбачувані фактори, такі як втручання людини, катастрофічне поєднання метеорологічних умов чи змін клімату, не прогнозований вплив ендегенних процесів.

Сучасні моделі рельєфотворення використовують потенціал геоінформаційних систем (ГІС) [31], дистанційного зондування Землі

(ДЗЗ), комп'ютерного графічного моделювання, що дає можливість здійснювати просторово-часове узагальнення наслідків досліджуваних явищ як для природного середовища, так і суспільства. У сучасних концептуальних моделях геоморфогенезу все частіше враховується діяльність людини, яка спонукає до нелінійного розвитку рельєфотвірних процесів і вносить корективи у динамічний стан геоморфосистем. Сучасні теорії у великій мірі базуються на комплексному і глобальному підходах, оскільки науковці отримали доступ до всесвітніх даних природничих спостережень, розташованих на платформах Giovanni, Copernicus, EO Browser, Chelsa, Global Forest Change, Monitoring Cascade Volcanoes (<https://www.usgs.gov/>), Global Volcanism Program (<https://volcano.si.edu/>), Global Seismographic Network та ін.

Огляд концептуальних моделей геоморфогенезу, базований на аналізі еволюції підходів до дослідження рельєфу, виокремленні сучасних моделей та поглядів українських учених на проблеми рельєфотворення свідчить як про значні успіхи у вивченні геоморфогенезу, так і про певні перспективи продовження цих пошуків. Обґрунтування моделей розвитку і формалізація складних морфодинамічних процесів, які розвиваються у геоморфосистемах, дає розуміння наслідків їх розвитку та можливості передбачення негативних впливів на суспільство і довкілля. Дослідження морфодинамічного спрямування мають значні перспективи, пов'язані з необхідністю оцінювання впливу змін клімату на рельєф і сучасні рельєфотвірні процеси, в т.ч. в різних регіонах України, виявлення взаємозв'язків динамічних змін станів рельєфу та екологічного стану компонентів довкілля, дослідження стану та функціонування флювіальних систем в умовах змін клімату і впливу господарської діяльності людини, прогнозування змін рівнів моря та розвитку процесів опустелювання, вивчення змін станів рельєфу під впливом воєнних подій та їхніх екологічних наслідків.

### Література [References]

1. Rudenko, L. G., Lisovskyi, S. A., & Maruniak, Eu. O. (2015). Problems of nature use and sustainable development in the works of the Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*, 2: 3–9. [In Ukrainian]. [ Руденко Л. Г., Лісовський С. А., Маруняк Є. О. (2015). Проблематика природокористування та сталого розвитку в працях Інституту географії Національної академії наук України. *Укр. геогр. журн.* № 2: 3–9. ]. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2015.02.003>

2. Kovalchuk, I. P., Onyshchenko, V. D. (2004). Methodological problems of geomorphological theory. *Kyiv Geographical Yearbook. Scientific Collection. Issue 4*. Kyiv: KV UGT, 2005: 19–35. [In Ukrainian]. [ Ковальчук І. П., Онищенко В. Д. Методологічні проблеми геоморфологічної теорії. *Київський географічний щорічник. Науковий збірник*. Вип. 4. 2004. К.: КВ УГТ, 2005. С. 19–35. ]
3. Huggett, R., Shuttleworth, E. (2022). *Fundamentals of geomorphology*. 5th Edition. Routledge. 682 p. ISBN 9781032169637. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781003251156>.
4. Chorley R. J., Schumm S. A., & Sugden D. E. (2020). *Geomorphology*. © 1984. Routledge. 656 p. ISBN 9780367221874. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780429273636>.
5. Palienko, V. P., Barshchevsky, M. E., Spytzia, R. O., Bagmet, O. B., Bortnyk, S. Yu., Vakhrushev, B. O., Kovalchuk, I. P., Kostrikov, S. V., Kravchuk, Ya. S., Palienko, E. T., Romanenko, G. V., Stetsyuk, V. V., & Chervanov, I. G. (2013). Morphostructural-neotectonic analysis of the territory of Ukraine. Conceptual principles, methods and implementation. Monograph. Kyiv: *Nauk. Dumka*. 267 p. [In Ukrainian].  
[ Палієнко В. П., Барщевський М. Є., Спиця Р. О., Багмет О. Б., Бортник С. Ю., Вахрушев Б. О., Ковальчук І. П., Костріков С. В., Кравчук Я. С., Палієнко Е. Т., Романенко Г. В., Стецюк В. В., Черваньов І. Г. Морфоструктурно-неогектонічний аналіз території України. Концептуальні засади, методи і реалізація. Монографія. К.: Наук. думка, 2013. 267 с. ]
6. Bortnyk, S. Yu., Kovtonyuk, O. V., & Pogorilchuk, N. M. (2014). Classification cartographic materials morphostructural content. *Cartography magazine*, 11: 10–32. [In Ukrainian].  
[ Бортник С. Ю., Ковтонюк Н. М., Погорільчук Н. М. (2014). Типізація картографічних матеріалів морфоструктурного змісту. *Часопис картографії*. Вип. 11. С. 10–32. ]
7. Bayrak, G. R. (2024). Reproduction of the residual hills development of the Podillia Northern edge on geoinformation modeling base. *Bulletin of Lviv University. Geographical Series. Issue 57*: 3–17. [In Ukrainian].  
[ Байрак Г. Р. (2024). Відтворення розвитку останцевого рельєфу північного краю Поділля на основі геоінформаційного моделювання. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*, 57: 3–17. ]
8. Stetsyuk, V. V., & Kovalchuk, I. P. (2005). *Fundamentals of geomorphology : a textbook*. Kyiv. 495 p. [In Ukrainian]. [ Стецюк В. В., Ковальчук І. П. *Основи геоморфології : навч. посібник*. К., 2005. 495 с. ]
9. Hnatyuk, R. M. (2008). Relief and geological structure. Yavoriv National Park. To the 10th anniversary of its creation. Ed. Y. Chornobay, O. Kahalo. Lviv: ZUKC: 20–34. [In Ukrainian].  
[ Гнатюк Р. М. Рельєф і геологічна будова. Яворівський національний парк. До 10-річчя створення. Ред. Ю. Чорнобай, О. Кагало. Львів: ЗУКЦ, 2008. С. 20–34. ]
10. Kravchuk Ya. (2021). *Relief of the Ukrainian Carpathians: monograph*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv. 576 p. [In Ukrainian].  
[ Кравчук Я. Рельєф Українських Карпат : монографія. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 576 с. ]
11. Mizersky V. (2011). *Dynamic geology (general geology): textbook / trans. from Polish by R. Smishko*. 2nd ed., corrected. Lviv: Publishing center of the I. Franko National University of Lviv. 354 p. [In Ukrainian].  
[ Мізерський В. Динамічна геологія (загальна геологія): навч. посібник / пер. з пол. Р. Смішко. Вид. 2-ге, випр. Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2011. 354 с. ]
12. Bayrak, G. R. (2014). Identification and analysis of orographic lineaments of the Upland Opillya based on 3d-terrain models. *Geodynamics*, 2 (17): 86–97. [In Ukrainian].  
[ Байрак Г. Р. Виділення та аналіз оролінементів височини Опілля на основі 3d-моделі рельєфу. *Геодинаміка*. 2014. Вип. 2 (17). С.86–97.]
13. Gallen S.F., Wegmann K.W. (2015). Exploring the origins of modern topographic relief in the southern Appalachians: An excursion through the transient landscape of the Cullasaja River basin, North Carolina, in Holmes, A.E., ed., *Diverse Excursions in the Southeast: Paleozoic to Present: Geological Society of America Field Guide*, 39, p. 145–167. DOI: [https://doi.org/10.1130/2015.0039\(05\)](https://doi.org/10.1130/2015.0039(05))
14. Hack, J. T. (1960). Interpretation of erosional topography in humid temperate regions. *American Journal of Science (Bradley Volume)*, 258-A: 80–97.
15. Brocard, G., Willebring, J. K., & Scatena, F. N. (2023). Shaping of topography by topographically-controlled vegetation in tropical montane rainforest. *PLoS ONE* 18(3): e0281835. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281835>
16. Scheidegger, A. E. (2004). *Morphotectonics*. Berlin, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 197 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-18745-2>
17. Haken, H. (2004). *Synergetics: Introduction and Advanced Topics*, (Vol. 1, 3rd ed.), printing (Springer, Berlin, Heidelberg): 389–758. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-10184-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-10184-1_2)
18. Yushchenko, Y. S. (2005). *Geohydromorphological patterns of river development*. Monograph. Chernivtsi: Ruta. 319 p. [In Ukrainian].

- [ Ющенко Ю. С. Геогідроморфологічні закономірності розвитку русел : Монографія. Чернівці: Рута, 2005. 319 с. ].
19. Kovalchuk, I. (2001). Vectors of development of Ukrainian geomorphology. Geomorphological research in Ukraine: past, present, future: materials of the international conference. Lviv: Publishing center of Ivan Franko National University of Lviv: 192–200. [In Ukrainian].
- [ Ковальчук І. Вектори розвитку української геоморфології. Геоморфологічні дослідження в Україні: минуле, сучасне, майбутнє: матеріали міжнародної конференції. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2001. С. 192–200. ].
20. Kovalchuk, I. P. (1997). Regional ecological and geomorphological analysis. Lviv: Institute of Ukrainian Studies. 440 p. [In Ukrainian].
- [ Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів: Ін-т українознавства, 1997. 440 с. ].
21. Kovalchuk, I. P., & Kurganevych, L. G. (2009). Hydroecological monitoring: a textbook. Lviv: I. Franko Lviv National University. 254 p. [In Ukrainian].
- [ Ковальчук І. П., Курганевич Л. Г. Гідроекологічний моніторинг : навч. посібник. Львів: ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2009. 254 с. ].
22. Szabo, J., David, L., Loczy, D. (eds.) (2010). Anthropogenic Geomorphology: A Guide to man-Made Landforms. SPRINGER Science+Business Media B.V., Dordrecht-Heidelberg-London-New York, 298 p. ISBN 978-90-481-3057-3
23. Bayrak, G. (2020). Modern beligerative relief (on the example of Yavoriv Military Training Ground of Lviv region). Problems of geomorphology and paleogeography of the Ukrainian Carpathians and adjacent territories: *Collected scientific works*, 1(11): 208–229. [In Ukrainian].
- [ Байрак Г. (2020). Сучасний белігеративний рельєф (на прикладі Яворівського військового полігона Львівщини). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій* : збірн. наук. праць. 1(11): 208–229. ]. DOI: <https://doi.org/10.30970/gpc.2020.1.3209>
24. Kovalchuk, I. (2003). Scientific schools of Ukrainian geomorphology. Contemporary problems and trends in the development of geographical science: materials of the international conference on the 120th anniversary of geography at Lviv University (September 24–26, 2003): 58–61. [In Ukrainian].
- [ Ковальчук І. Наукові школи української геоморфології. Сучасні проблеми і тенденції розвитку географічної науки: матеріали міжнародної конференції до 120-річчя географії у Львівському університеті (24–26 вересня 2003 р.). Львів, 2003. С. 58–61. ].
25. Relief of Ukraine. Textbook. (2010). B. O. Vakhrushev, I. P. Kovalchuk, O. O. Komlev, Ya. S. Kravchuk, E. T. Palienko, G. I. Rudko, V. V. Stetsyuk; edited by V. V. Stetsyuk. Kyiv: Publishing House “Slovo.” 688 p. [In Ukrainian].
- [ Рельєф України. Навч. посібник. Б. О. Вахрушев, І. П. Ковальчук, О. О. Комлев, Я. С. Кравчук, Е. Т. Палієнко, Г. І. Рудько, В. В. Стецюк; за заг. ред. В. В. Стецюка. К.: ВД «Слово», 2010. 688 с. ].
26. Palienko, V. P. (2005). Concepts of research of the modern dynamics of the relief of Ukraine. Problem statement. Modern dynamics of the relief of Ukraine. Monograph. Edited by Prof. V. P. Palienko. Kyiv: *Naukova Dumka*: 5–9. [In Ukrainian].
- [ Палієнко В. П. Концепції дослідження сучасної динаміки рельєфу України. Постановка проблеми. Сучасна динаміка рельєфу України. Монографія. За ред. проф. В.П. Палієнко. К.: *Наукова думка*, 2005. С. 5–9. ].
27. Kovalchuk, I. P., & Onyshchenko, V. D. (2004). Axiomatics of planetary geomorphology. Landscape phenomenon: parts— whole—everything. Philosophy and geography. *Problems of post-nonclassical methodologies. Collection of scientific works*. Kyiv. 53–56. [In Ukrainian].
- [ Ковальчук І. П., Онищенко В. Д. Аксиоматика планетарної геоморфології. Феномен ландшафту: частини — ціле — все. Філософія і географія. *Проблеми постнекласичних методологій. Збірник наукових праць*. К., 2004. С. 53–56. ].
28. Komlev, O. O. (2015). Paleogeomorphological Atlas of Ukraine (scientific concept). *Physical Geography and Geomorphology*, 3(79): 11–24. [In Ukrainian].
- [ Комлев О. О. (2015). Палеогеоморфологічний атлас України (наукова концепція). *Фізична географія та геоморфологія*. № 3(79). С. 11–24. ].
29. Kostrikov, S. V., & Chervanov, I. G. (2010). Research on the self-organization of fluvial relief based on the principles of the synergistic paradigm of modern natural science: monograph. Kharkiv: V. N. Karazin KhNU. 144 p. [In Ukrainian].
- [ Костріков С. В., Черваньов І. Г. Дослідження самоорганізації флювіального рельєфу на засадах синергетичної парадигми сучасного природознавства : монографія. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010. 144 с. ].
30. Bayrak, G., & Denysiuk, A. (2024). GIS and remote sensing methods in the investigation of modern soil erosion processes on the Rivne plateau. *GeoTerrace-2024-036*. International Conference of Young Professionals “GeoTerrace-2024” (7–9 October 2024, Lviv, Ukraine). 5 p. <https://openreviewhub.org/geoterrace/paper-2024/gis-and-remote-sensing-methods-investigation-modern-soil-erosion-processes-0>. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024510036>.

31. Bayrak, G. R. (2014). GIS capabilities for displaying relief characteristics and manifestations of modern exodynamics. *Problems of continuous geographical education and cartography*, 19: 3–6. [In Ukrainian.].  
[ Байрак Г. Р. (2014). Можливості ГІС для відображення характеристик рельєфу і проявів сучасної екзодинаміки. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*, 19: 3–6.]

Стаття надійшла до редакції 10.03.2024

Bayrak, G. R.<sup>1</sup>

 0000-0002-4802-2706

Kovalchuk I. P.<sup>2</sup>

 0000-0002-2164-1259

<sup>1</sup> Ivan Franko National University of Lviv, Lviv

<sup>2</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

## Conceptual Geomorphogenesis Models: Retrospective and Modern Trends, with Emphasis on the Relief of the Territory of Ukraine

UDC 551.4-047.76(477):504.062:711.14(045)

**Purpose:** To demonstrate geomorphogenesis patterns reflected in the form of conceptual models using the example of Ukraine's terrain. **Research Methods:** Historical analysis, comparison, generalization, analysis of interconnections and interdependence of phenomena, regional analysis. **Results.** Charles Lyell proposed the concept of slow and continuous relief development. W. Davis developed a conceptual model of the geographical (geomorphological) cycle. The cyclic nature of modern morphogenesis is illustrated through the gradual evolution of riverbed morphology in the Precarpathian region. W. Penck's geomorphic model envisages a significant influence of tectonics on the change of landscape morphology. It is visible on the Opillia upland, which we studied using lineament analysis methods on the 3D-relief model. The concept of prevailing downward development of the relief is embodied in the models of alignment surfaces that are identified in the Ukrainian Carpathians, as well as in the existence of geomorphic levels common in the plain part of Ukraine. J. Hack introduced a conceptual dynamic equilibrium model. We have demonstrated that extreme floods disrupt the stable state of fluvial morphosystems in the Carpathian region, but their morphology eventually recovers. H. Haken founded the synergistic approach to explaining the development of natural processes. Based on this approach, the nonlinearity of the riverbeds' morphogenesis in the Precarpathian region was substantiated. The concept of anthropogenic geomorphogenesis is nowadays confirmed mainly by the spread of beligerative (military) relief in Eastern Ukraine. Several conceptual geomorphogenesis models have been developed by Ukrainian scientists. **Scientific Novelty.** Considering a set of concepts, we can anticipate the complexity and dynamism of geomorphogenesis to predict negative natural phenomena, motivate a set of ecostabilization measures, develop and implement models for the optimal use of our country's resource potential, thereby contributing to its post-war recovery.

**Keywords:** *conceptual models, geomorphogenesis, fluvial landforming, morphodynamics, modern landforming processes.*

### For citation:

Bayrak, G. R., Kovalchuk, I. P. (2025). Conceptual geomorphogenesis models: retrospective and modern trends, with emphasis on the relief of the territory of Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*. No. 2(130): 26–37. [In Ukrainian] DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2025.01.026>

Copyright © 2025 Publishing House *Akadempyodyka* of the National Academy of Sciences of Ukraine.



The article is published under the open access license CC BY-NC-ND license  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>