

УДК 551.244

Т. Андрієць, асп.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ СТРУКТУРНО-МОФРОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГІРСЬКОГО РЕЛЬЄФУ (НА ПРИКЛАДІ КАРПАТСЬКОГО МОДЕЛЬНОГО ПОЛІГОНУ)

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мін. наук, проф. О.І. Лукієнком)

Наведено характеристику базових принципів структурно-морфометричного аналізу для дослідження новітнього тектогенезу. Продемонстровано можливість застосування класичної методики до гірських регіонів з використанням функціональних можливостей середовища ГІС (просторовий аналіз та моделювання). На прикладі Українських Карпат проведено визначення базових морфометричних характеристик рельєфу. Аналіз базисних поверхонь дозволив простежити особливості прояву в рельєфі локальних тектонічних структур, їх конфігурацію в плані на різних гіпсометричних рівнях.

Постановка проблеми. Вивчення неотектонічних процесів, а саме вертикальних і горизонтальних рухів земної кори, сейсмічності, що формують нові тектонічні та структури, які контролюють різноманітні корисні копалини, а також призводять до прояву екзогенних геологічних процесів, дає можливість не лише ґрунтовно теоретичного пізнання геологічного середовища, але має значну практичну цінність. Дані з геодинамічного розвитку земної кори неотектонічного та сучасного етапів важливі для інженерних робіт різного призначення, під час пошуків корисних копалин, для проведення моніторингу небезпечних геологічних процесів в природно-техногенних системах. Оскільки Українські Карпати – регіон з досить складною геологічною будовою та довготривалою історією розвитку, до сьогодні немає однозначних відповідей на питання просторового взаєморозташування тектонічних структур, розвитку цих структур в періоди тектономагматичної активізації, а саме в новітній час. Існують численні методи та методики, які вирішують ці питання, але характеризуються різним рівнем інформативності і достовірності. У зв'язку з цим актуальним є застосування структурно-морфометричного аналізу, розробленого В.П. Філософовим [3], який дозволяє з високим ступенем детальності досліджувати еволюцію розвитку рельєфу й проаналізувати етапи новітнього тектогенезу для різних регіонів, однак для Українських Карпат такі дослідження проводяться вперше.

Принципи застосування структурно-морфометричного аналізу для Українських Карпат. Вирішення питання динаміки тектонічних структур Карпат у неотектонічну епоху здійснювалось та проводиться зараз багатьма методами. Вивченню цієї проблеми присвячено велику кількість праць таких вчених, як І.Д. Гофштейн, В.Г. Кузнецова, П.М. Цись, В.І. Сомов, В.П. Палієнко та багато інших. За декілька десятиліть досліджень Карпат накопичено цінний матеріал, та разом з тим, сповнений гіпотез та протиріч, що стосуються часу початку неотектонічних процесів, періодів тектономагматичної активізації, глибинних тригерів цих процесів. Важливими питаннями залишаються вивчення просторових характеристик зон активізації, взаємодії з тектонічними структурами, амплітуд неотектонічних рухів та їх відображення в рельєфі території. Погляди більшості дослідників подібні лише в одному: неотектонічні рухи, що проявилися та проявляються в Карпатах, мають диференційований характер, наявні деформації різних типів. Однак питання, які стосуються вивчення етапності тектонічної еволюції, залишаються остаточно не вирішеними.

Як відомо, неотектоніка найбільш тісно пов'язана з геоморфогенезом, оскільки є головним "конструктором" рельєфу. В свою чергу, рельєф є інтегральною характеристикою прояву різноманітних ендегенних та екзогенних факторів, саме вивчення рельєфу слід застосовувати для дослідження неотектоніки та сучасних рухів земної

кори. Найбільш поширеними серед геоморфологічних методів є численна група морфометричних, направлених на вивчення геометричних властивостей земної поверхні шляхом створення математичної моделі рельєфу з наступною інтерпретацією. Геологічна інтерпретація спрямована на виявлення взаємозв'язків між геоморфологічними та неотектонічними процесами, між формами земної поверхні та тектонічними структурами, між висотами рельєфу, рухами та потужністю земної кори.

Метод структурної морфометрії ґрунтується на геофізичній основі, а саме на гравіметричних законах. Техніка використання методу пов'язана з картометрією та гірничою геометрією, результати яких інтерпретуються генетичною геоморфологією, геотектонікою та неотектонікою. За базову фізичну величину приймається геопотенціал, тобто елементарна робота на одиницю маси в полі сили тяжіння Землі [4]. Геопотенціал d_w пов'язується з висотою виразом і визначається як добуток

$$d_w = gdh_w \quad (1)$$

прискорення сили тяжіння g та елементарного переміщення за висотою dh_w . Внаслідок додавання цих елементарних змін геопотенціалу вздовж якогось окремого відрізка між крайніми точками можна визначити різницю геопотенціалів в цих точках шляхом інтегрування $\int gdh_w$. Якщо жодна з цих точок змінює своє положення але залишається на тій самій рівневій поверхні, величина інтегрування, тобто різниця геопотенціалів, у цих точках не зміниться. Чим складніша геологічна будова, тим більш неоднорідне гравітаційне поле, і очевидно, різноманітніший геопотенціал. З цього випливає, що саме геопотенціал має найбільш вагоме значення під час інтерпретації морфометричних показників. У результаті процеси ерозії, денудації та акумуляції також залежать від різниці геопотенціалів, а різниця геометричних висот входить як складова частина. Ці уявлення становлять методологічну основу всіх морфометричних побудов, що полягають в розкладанні рельєфу на рівневі поверхні з різними значеннями геопотенціалу. Положення рівневих поверхонь змінюється в результаті рухів земної кори, формування тектонічних структур, що призводить до процесів денудації та акумуляції, відповідно, чим більші значення градієнта між цими рівневими поверхнями, тим інтенсивніші ці процеси. В структу-

рній морфометрії такими рівневими поверхнями є карти базисних та вершинних поверхонь. Методика їх побудови продемонстрована на прикладі басейну річки Латориця, Українські Карпати.

В адміністративному відношенні територія досліджень охоплює Свалявський та Мукачівський райони Закарпатської області (складає близько 320 км²) і є частиною Карпатського геодинамічного полігону. В геологічному відношенні – це зона, що розмежовує Зовнішні та Внутрішні Карпати, і включає такі структурно-фаціальні одиниці: Магурський та Рахівський покрови, зони Мармароських та Пенінських скель, а також перекритий Вигорлат-Гутинським вулканічним пасмом Закарпатський прогин. Регіон характеризується динамічністю свого розвитку та складністю структурного плану. Підтвердженням сучасної активності є сейсмічність та значний розвиток небезпечних екзогенних процесів, таких як зсуви та селі.

Для аналізу рельєфу території використовуються топографічні карти масштабу 1:50 000 та 1:100 000. Всі побудови й аналітичні операції проводяться в середовищі ГІС, ArcGIS 9.3 (ESRI), що передбачають ряд етапів: 1. оцифрування топографічних карт регіону дослідження; 2. злиття відповідних аркушів та їх підгонка; 3. створення геореляційної бази даних, яка містить картографічну й атрибутивну інформацію щодо різнопорядкових долин та різногенетичних поверхонь рельєфу; 4. створення цифрової моделі рельєфу; 5. побудова серії морфометричних карт; 6. аналіз та інтерпретація ізолінійних та грид-поверхонь [1–2]. Побудова морфометричних карт починається з визначення на топографічній основі порядків долин та вододільних ліній за принципом подвоєння елементарних долин з наступним збільшенням порядку. Оскільки регіон має гіпсометричні відмітки більше 1000 м і розвинену ерозійну мережу, це дозволило виділити до шести порядків тальвегів та вододільних ліній, карти яких є основою для виконання наступних картометричних побудов (рис. 1). На основі отриманих карт порядків долин було побудовано базисні поверхні п'яти порядків, без урахування долин першого порядку через їх максимальну подібність до горизонталей на топографічній основі. Базисні поверхні – це сукупність складних кривих, що огинають поверхню, проведену через тальвеги долин, які є її остовом.

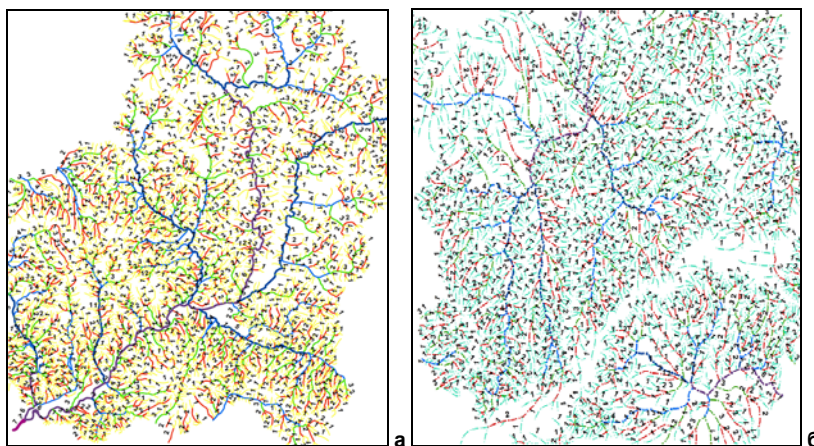


Рис. 1. Карти порядків долин (а) та вододільних ліній (б)

Ці поверхні можуть мати ізолінійне представлення та накладатися на геологічну, структурну чи карти геофізичних полів, що дає можливість паралельної інтерпретації рисунка ізобазит (рис. 2).

Також можна використовувати спеціалізовані модулі (3D Analyst и Spatial Analyst) для побудови отриманих поверхонь у вигляді TIN-, RASTR-моделей (рис. 3). TIN-моделі дозволяють розглядати поверхні в 3D просторі як об'ємні тіла [5].

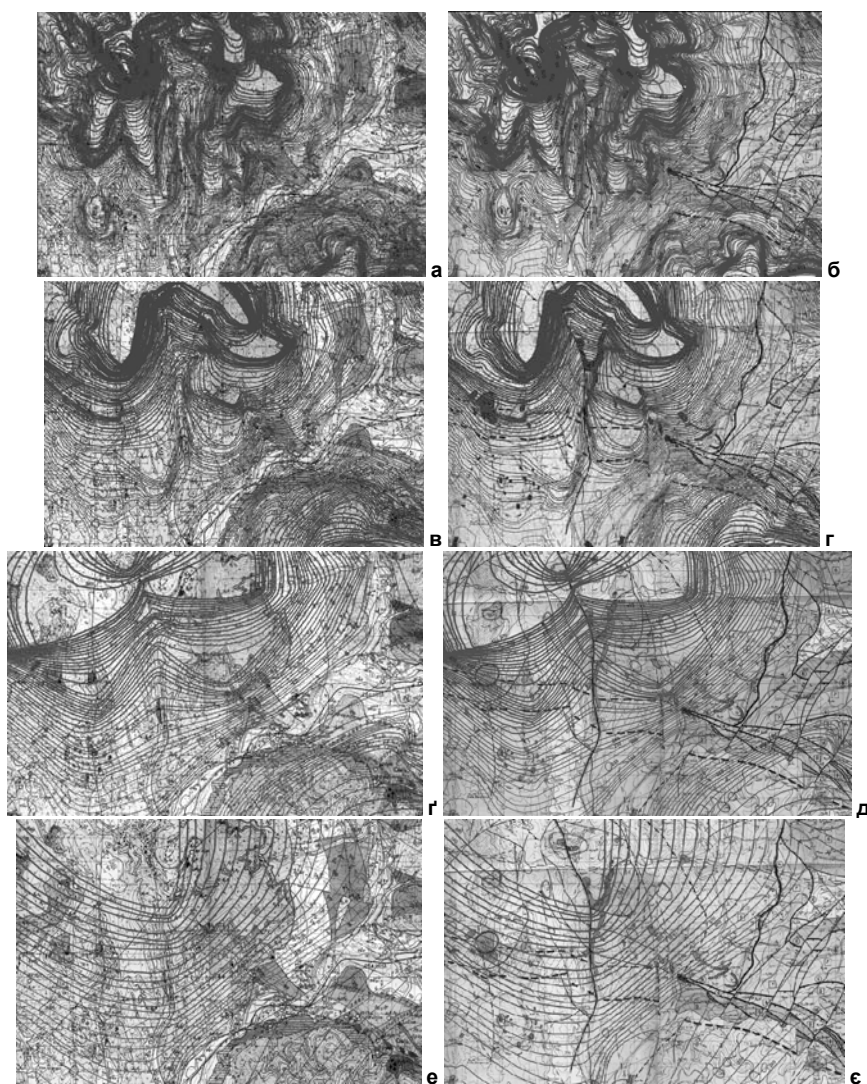


Рис. 2. Фрагменти ізолінійних карт базисних поверхонь, накладених на геологічну та структурно-тектонічну схеми: базисна поверхня 2-го порядку з геологічною (а) та структурно-тектонічною (б) схемами; базисна поверхня 3-го порядку з геологічною (в) та структурно-тектонічною (г) схемами; базисна поверхня 4-го порядку з геологічною (г) та структурно-тектонічною (д) схемами; базисна поверхня 5-го порядку з геологічною (е) та структурно-тектонічною (е) схемами

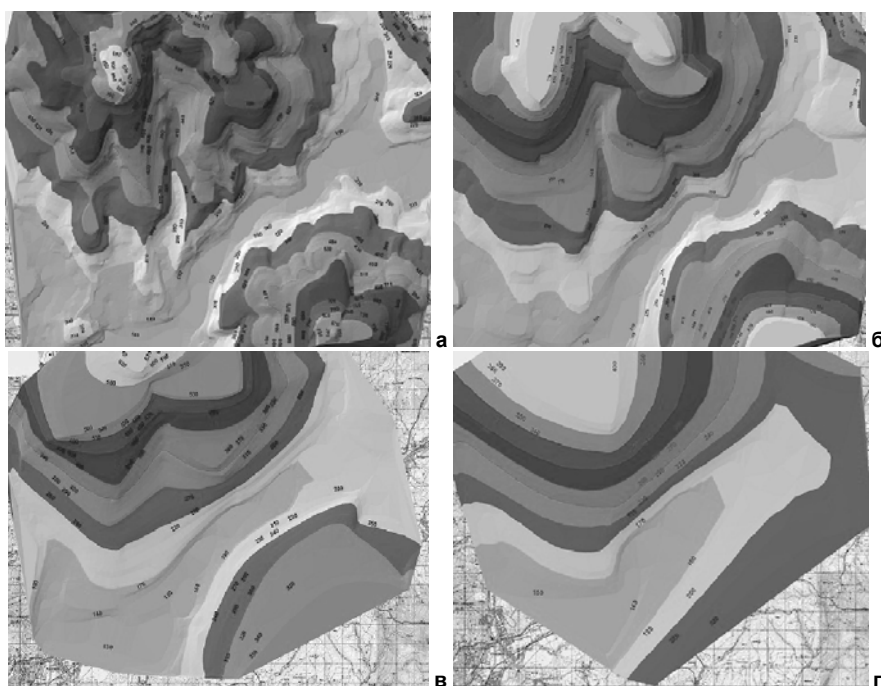


Рис. 3. TIN-моделі базисних поверхонь другого (а), третього (б), четвертого (в) та п'ятого (г) порядків

Після співставлення цих поверхонь з геологічною та структурно-тектонічною картами (рис. 2) встановлено ряд закономірностей. По-перше, рисунок та форма ізобазит з 2-го по 6-й порядок базисних поверхонь мають суттєві відмінності. Якщо врахувати той факт, що форми базисних поверхонь різних поверхонь змінюються внаслідок зміни напрямку чи інтенсивності тектонічних рухів у результаті перебудови долинних систем, можна припустити про неодноразову зміну тектонічних режимів на території. По-друге, відмічено відповідність рисунків ізобазит геологічним формаціям. Чітко проглядаються обриси стратовулканів Синяк (північний захід) та Борлів Діл (південь) на різних гіпсометричних рівнях від 2-го до 4-го порядків базисних поверхонь. Слід зазначити, що на карті базисної поверхні 5-го порядку проглядається лише кільцева структура стратовулкану Синяк, ізобазити на місці просторового положення вулкану Борлів Діл більш виположені. З цього можна припустити, що стратовулкан Синяк за віком утворення більш давній. Загалом спостерігається певна закономірність: чим менший порядок базисної поверхні, тим детальніше форми ізобазит описують геологічні тіла в плані, і навпаки, чим вищий порядок поверхонь, тим більш суттєві відмінності в рисунках ізобазит. Ці розбіжності можна пояснити тим, що базисні поверхні високих порядків (5-го та 6-го) наближаються за формою до рівневої поверхні і відображають розподіл мас в земній корі і верхній мантії та значення геопотенціалу, яке було на території до зміни тектонічного режиму. По-третє, аналізуючи характер ізобазит, були виявлені місця їх згущення чи розходження, а також лінійно-витягнуті ділянки, які в просторі збігаються з розломами та дислокаційними структурами.

Висновки. Визначення основних принципів та методологічних основ структурно-морфометричного аналізу дало можливість застосувати класичну методіку структурної морфометрії для вивчення гірського рельєфу Українських Карпат, а також адаптувати її до середовища ГІС з використанням функціональних можливостей просторового аналізу та моделювання. Проведені дослідження підтверджують взаємозв'язок рельєфу з геологічною та структурно-тектонічною будовою і дають можливість поетапно прослідкувати його еволюцію з виявленням локальних тектонічних структур та геодинамічних обстановок в неотектонічну епоху в межах Карпатського модельного полігону. Оскільки рельєф виступає інтегральним відображенням неотектонічних рухів, процесів денудації, акумуляції, а також локальних геологічних факторів, його вивчення є основою для прогнозування небезпечних геологічних процесів.

Список використаних джерел

1. Іванік О. Застосування класичних методик структурно-морфометричного аналізу для реконструкції новітнього тектогенезу на основі ГІС / О. Іванік, Л. Тустановська // Вісник Київського національного університету. Серія геологічна. – 2011. – Вип. 53. – С. 4–7.
2. Обнаружение и исследование зон новейших движений земной коры инструментами ГИС [Електронний ресурс] / И. Ю. Чернова, Д. И. Хасанов, И. Я. Жарков [и др.] // Arcview. – 2005. – № 1 (32). – Режим доступа до журн.: http://esricis.ru/news/arcview/detail.php?ID=1833&SECTION_ID=49.
3. Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур / В.П. Философов. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1960. – 93 с.
4. Философов В. П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур / В.П. Философов. – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1975. – 232 с.
5. Хромых В. В. Цифровые модели рельефа: учебное пособие / В. В. Хромых, О. В. Хромых. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2007. – 178 с.

Надійшла до редколегії 13.02.13

Т. Андриец, асп.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРУКТУРНО-МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГОРНОГО РЕЛЬЕФА (НА ПРИМЕРЕ КАРПАТСКОГО МОДЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА)

Приведена характеристика базовых принципов структурно-морфометрического анализа для исследований новейшего тектогенеза. Продемонстрирована возможность применения классической методики для горных областей с использованием функциональных возможностей среды ГИС (пространственного анализа и моделирования). На примере Украинских Карпат проведены исследования по определению главных морфометрических характеристик рельефа. Анализ базисных поверхностей позволил проследить особенности проявления в рельефе локальных тектонических структур, их конфигурацию в плане на разных гипсометрических уровнях.

T. Andriets, PhD student

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF STRUCTURAL AND MORPHOMETRIC ANALYZES OF MOUNTAIN RELIEF (CASE STUDY FROM CARPATHIAN MODELING POLYGON)

Consideration is given to the structure-morphometric analysis base principles for the latest tectogenesis studying. The possibility of classic technique application for mountain regions in using GIS-technologies (Spatial Analysis and Spatial Modeling) has been shown. Initial stages determination morphometric relief indexes by example the Ukrainian Carpathians have been carried out. Basic surfaces analysis is permitted to observe local tectonic structures in relief and their configuration on difference hypsometric levels.