

ПІДХОДИ І ПРИНЦИПИ МОРФОМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ

*Березка І.С.**Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

Проведено дослідження підходів і принципів морфометричного аналізу, а також періодизація його становлення та розвитку. Визначені можливості застосування цього методу для аналізу басейнових систем. Обґрунтовано вибір морфометричних показників гідрографічної мережі та рельєфу для всебічного виявлення властивостей структури системи.

Ключові слова: морфометричний аналіз; річковий басейн; рельєф; структурна організація басейну.

Постановка завдання. Різноманітні морфометричні показники рельєфу використовуються в галузях, де необхідні кількісні характеристики властивостей земної поверхні. Для визначення впливу рельєфу на функціонування та стан геосистем потрібні його кількісні характеристики. У цьому контексті одним із найефективніших методів такої оцінки є морфометричний аналіз, який призначений для кількісної оцінки зміни сутності досліджуваних об'єктів, річкових басейнів зокрема. Він виступає одним із методів геоморфологічних досліджень, де кількісні характеристики форм рельєфу визначають за допомогою спеціальних вимірювань і вивчають закономірності їх географічного розподілу. Набір таких характеристик може бути різноманітним, залежно від мети морфометричного аналізу й території дослідження. Враховуючи вищезазначене, вивчення можливостей застосування цього методу для аналізу геосистем наразі актуальне.

Аналіз попередніх досліджень. Оскільки в історії розвитку морфометричного аналізу виділяють три етапи, які тривають кілька століть, кількість дослідників проблем, що стосуються картометрії і морфометрії також значна. Із-поміж напрацьованих слід звернути увагу на дослідження І. С. Щукіна, який провів періодизацію розвитку морфометричного аналізу як методу геоморфологічних досліджень. А. М. Берлянтом окреслені можливості та напрямки його застосування. Одним із засновників застосування методу морфометричного аналізу в геології є В.П. Філософов. Питанням гідрологічної морфометрії присвячені праці Р. Хортон, Л. М. Коритного, Б. А. Казанського, В. І. Кружаліна. І. П. Ковальчуком вивчаються аспекти комплексної географічної характеристики і динаміки розвитку структури гідромережі басейну [4; 5; 7; 8; 9; 15; 16; 17]. Конструктивно-геоморфологічний напрямок досліджень структури гідромережі представлений харківською школою (І. Г. Черваньов, С. В. Костріков та інші [10]).

Виклад основного матеріалу. Сфера застосування морфометричного аналізу не обмежується

лише геоморфологією, вона набагато ширша. А. М. Берлянт (1986) виділяє кілька розділів тематичної морфометрії, з поміж яких: геоморфологічна, структурна, геофізична та гідрологічна, морфометрія морів та океанів і планет, ландшафтометрія, педометрія, еколого-, медико- та соціально-економічна морфометрія [4].

За визначенням А. М. Берлянта (1986), картометрія і морфометрія це графоаналітичні прийоми, призначені для вимірювань та обчислень за картами показників розмірів, форм і структури об'єктів. Картометричні вимірювання зазвичай проводяться для визначення координат точок, довжин, площ, об'ємів, кутів тощо. Морфометричні розрахунки, що базуються на картометричних вимірюваннях, стосуються визначення показників форм і структури об'єктів. З широкого спектру морфометричних показників найчастіше використовуються ті, що характеризують форми об'єктів, кривизну ліній і поверхонь, горизонтальне й вертикальне розчленування та кути нахилу поверхонь, густину та щільність концентрації об'єктів, складність або однорідність контурів [5].

Морфометрія, в сучасних термінологічних словниках трактується "як галузь геоморфології, присвячена методам визначення числових характеристик форм рельєфу земної поверхні (довжини, площі, об'єму, висоти, глибини, щільності розчленувань тощо)". У багатьох випадках вживають синонім "орометрія". Безпосередньо морфометричні показники отримують у результаті відповідного опрацювання топографічних карт та аерофотоматеріалів.

Визначення морфометрії зустрічається в низці науково-літературних джерел геолого-геоморфологічного спрямування. У наукових доробках одного із засновників морфометричного методу аналізу в геології В. П. Філософова зустрічається таке визначення цього терміна: "основою морфометричного методу є графічне розкладання на складові частини рельєфу, зображеного на топографічній карті горизонталями і складанні на основі цього ряду спеціальних карт з наступною геолого-геоморфологічною інтерпретацією" [15].

Як метод дослідження аналіз безпосередньо дозволяє отримати необхідну інформацію про структуру об'єкта дослідження, а також виділити з її загального масиву ті, що стосуються питань, які розглядаються дослідником.

Отже, морфометричний аналіз це розчленування на складові частини об'єктів або процесів, вимірювання форм рельєфу для визначення їх кількісних характеристик із наступною інтерпретацією результатів обчислень. На основі морфометричного аналізу можливий прогноз розвитку несприятливих екзогенних явищ, процесів, у басейні річки, визначення шляхів мінімізації їх наслідків.

В історії розвитку морфометричного аналізу можна виділити три основні етапи, кожен з яких представлений відповідними результатами досліджень та когортою дослідників. За І. С. Щукіним (1960), до першого етапу можна віднести всі роботи пов'язані з розробкою методів вимірювання висот, довжин, площ складних елементів рельєфу земної поверхні з використанням геодезичних приладів. Результатом першого етапу було закладання основ морфометричного аналізу, створення топографічних описів земної поверхні, розробка нових методів відображення рельєфу, зокрема способу ізоліній [17].

Другий етап у розвитку морфометрії характеризується першими спробами аналізу геоморфологічних кількісних описів рельєфу. З-поміж перших праць у рамках другого етапу можна виділити гіпсометричні дослідження А. Гумбольдта (1807). Особливістю морфометричних досліджень того часу, є проведення аналогії між природними формами рельєфу і простими геометричними фігурами. На цьому ж етапі створюються перші морфометричні карти та визначаються коефіцієнти. Карлом Рітгером у 1826 році вводиться поняття компактності континентів - зіставлення периметра і площі, що є першою спробою числового зображення форми рельєфу. Важливий внесок у розвиток картометрії і морфометрії зробили російські картографи й геодезисти. У 1874 році І. А. Стрельбицьким визначено площі країн за картами різних масштабів. У 1882 р. А. А. Тілло створив одну з перших гіпсометричних карт, яка була результатом дослідження картографічних творів, і показав зв'язок рельєфу з геологічною будовою, що стало початком зародження морфоструктурного аналізу в геоморфології. А. А. Тілло провів картометричні роботи з вимірювання довжин і площ басейнів річок що можна оцінити як його вагомий внесок у напрям басейнових досліджень.

Його послідовник, Ю. М. Шокальський, продовжив картометричні й морфометричні

дослідження басейнів річок. Відомі дослідження А. Пенка, яким у 1894 році побудовано гіпсографічні криві для окремих територій. В. Пенком у 1924 році встановлено взаємозалежність між характером рельєфу земної поверхні, тектонічними рухами та екзогенними процесами. Саме результати, отримані В. Пенком, і досвід застосування аналізу рельєфу для вивчення тектонічних рухів мали великий вплив на розвиток морфометричного аналізу в геоморфології [4; 11].

Одне з найбільш важливих досягнень цього етапу розвитку морфометрії подання рельєфу як системи поля висот (В. А. Бахтін (1931), П. К. Соколевський (1932)). Хоча в загальній теорії поля рельєф не є полем висот, проте, якщо розподіл висотних точок рельєфу дещо згладити, то дотично до останнього можна застосовувати методи векторного аналізу, встановивши зв'язки між величинами, які характеризують поле висот рельєфу, з метою виявлення джерел його походження [1;13].

Закінчення другого етапу за часом приурочене до першої половини ХХ ст. Так завершився другий, "класичний", етап розвитку геоморфології, в рамках якої і розвивався цей напрям досліджень.

Третій етап морфометричних досліджень, що займає часовий відтинок від середини ХХ століття до наших днів, порівняно із двома попередніми найбільш науковомісткий та різноплановий. Для цього етапу розвитку морфометричного аналізу характерне збільшення обсягу морфометричних досліджень не лише за топографічними, але й за картами менших масштабів і картографічними матеріалами різної тематики. У морфометрію впроваджується системно-структурний підхід до вивчення рельєфу, розвивається картографо-математичне моделювання, що дозволяє використовувати сучасні обчислювальні засоби та технології збору, обробки й перетворення морфометричних даних і новітні методи їх аналізу [12].

З-поміж наукових доробок учених на третьому етапі розвитку морфометричних ідей насамперед слід відзначити праці О. К. Єфремова (1949) та А. І. Спиридонова (1970), де отримали розвиток ідеї "геометризації" рельєфу. А. С. Девдаріані (1950), запропонував характеризувати не лише сам рельєф, а й фази його розвитку, а В. П. Філософов (1959) відкрив можливості аналізу топографічних карт на основі ранжирування рельєфу з їх графічним перетворенням [11; 12; 15].

Зауважимо, що предметом дослідження гідрологічної морфометрії є морфометричний аналіз структури гідрологічної мережі, форм і розмірів гідрологічних об'єктів. Кількісні морфологічні показники форми і структури річкового

басейну базові в дослідженнях субстанційних, динамічних і просторово-часових аспектів функціонування басейну як складної природно-антропогенної системи. Спектр морфометричних показників широкий, але серед них зазначимо низку основних, до яких належать: а) глибина і густина розчленування рельєфу; б) кути нахилу поверхонь; в) експозиція схилів (які безпосередньо впливають на характер і динаміку комплексу схилових процесів). У традиційних гідрологічних розрахунках основними гідрографічними характеристиками річкових басейнів вважаються: площа водозбору, коефіцієнт розвитку вододільної лінії, довжина і пересічна ширина, асиметрія басейну, а також низка коефіцієнтів заболоченості, залісеності, розораності, забудованості площі басейну, розподілу площ за висотними рівнями. Стосовно гідромережі басейну зазвичай прийнято вимірювати і розраховувати: довжину головної річки басейну і всієї гідромережі, коефіцієнт звивистості річки, густоту річкової мережі та повздовжній профіль водної поверхні річки. До основних морфометричних характеристик русла ріки належать площа поперечного перерізу, ширина, змочений периметр, найбільша та пересічна глибина і гідравлічний радіус річки.

Спроби систематизувати морфометричні характеристики річкового басейну здійснені Л. М. Коритним, який запропонував поділити їх на три класи, кожен з яких складається з декількох груп [9]. До першого класу, з-поміж найпростіших характеристик, він відносить елементарні: довжину головної річки, сумарну довжину річкової мережі, площу, довжину і найбільшу ширину басейну, коефіцієнт звивистості, середню ширину, а також довжину ерозійної мережі басейну. До наступної групи належать показники форми басейну, які характеризують периметр басейну, коефіцієнт розвитку його вододільної лінії. Третя група елементарних показників - висотні характеристики басейну, а саме: пересічна висота і середній похил водозбору, середньозважений похил річки. До таких характеристик можна також віднести середню довжину й нахил схилів. Фізико-географічні характеристики складають окрему групу елементарних морфометричних показників. Основні з них коефіцієнти: озерності, заболоченості, лісистості. На нашу думку, доцільно долучати, аналогічно, і групу показників, які характеризують особливості антропогенної перетвореності басейнів, а саме коефіцієнти розораності, забудованості тощо.

Найважливіші і найінформативніші з погляду морфометричного аналізу показники структурного класу, де виділено три групи характеристик. Перша група - питомі показники густоти і щільності

гідрографічної мережі. Друга група - структурні гідрографічні показники. До них належать: кількість водотоків першого (n - го) порядку, їх пересічні довжини, особливості будови графа-дерева. Важливим показником цієї групи є коефіцієнт, що відображає співвідношення підсистем суміжних порядків або коефіцієнт біфуркації. Додатково розраховується співвідношення довжин річок суміжних порядків і сумарний показник потужності всіх ланок гідрографічної мережі.

Третя група - системно-структурні характеристики басейну, яка включає в себе топологічні (за Б. А. Казанським) показники розподілу довжин шляхів, їх сумарні і максимальні довжини. Остання в теорії графів називається висотою дерева [7]. До третього класу морфометричних показників відносимо також експозиційно-симетричні характеристики, з-поміж яких орієнтація долини річки стосовно до сторін горизонту, а також симетричні характеристики басейну, які обчислюються як коефіцієнти асиметрії за площами, довжинами та кількісними показниками гідромережі басейну.

Особливим вираженням структурної організації басейну є індексування в частках площ, довжин і кутів нахилу поверхні, запропоноване Ю. Г. Сімоновим та В. І. Кружаліним [6]. За ними вся площа водозбірного басейну (йдеться про басейн 3-го порядку за класифікацією Стралера Філософова) поділяється на три частини, з врахуванням питомої ваги їх площ у загальній площі. Індекс структури (ІСП) площ отримує вираз: наприклад, "631" - з якого видно, що 60% площ у структурі площі басейну третього порядку припадає на басейни першого порядку, 30% - другого, 10% - третього порядку. Аналогічно індексується і частка довжин притоків різних порядків від сумарної довжини гідромережі басейну. Позначається він як індекс структури довжин (ІСД). Кути нахилу тальвегів різних порядків можна записати як вираз (ІСК) - індекс кутів нахилу тальвегів, який обчислюють таким чином: спочатку знаходять середні значення кутів нахилу тальвегів різних порядків та їх суму, а потім частку нахилу у відсотках.

М. Е. Белецьким та іншими дослідниками (1983) запропоновано інтегральні морфометричні характеристики, в основі виділення яких поєднання двох найбільш вживаних (густина і глибина розчленування рельєфу) морфометричних показників в один комплексний; середнє квадратичне відхилення висот рельєфу, яке розраховується різними методами як цілісна характеристика району за матрицею значень абсолютних висот місцевості або за величиною довжин і висот горизонталей. За ними пропонується проводити дослідження зв'язків інтегрального морфо-

метричного показника з генезисом рельєфу, що може бути самостійним напрямком досліджень, який можна назвати генетичною морфометрією [2].

Під час здійснення морфометричного аналізу басейнової системи, на нашу думку потрібно застосовувати різноманітні прийоми. Це пов'язано з тим, що різні властивості системи або її структури найкраще виявляються, коли існує можливість їх порівняння. Нами визначено, що такі картометричні й морфометричні показники як: площа басейну (водозбору) річки, ширина басейну, довжина вододільної лінії, середній похил поверхні басейну, довжина басейну, падіння висот у басейні, коефіцієнт асиметрії водозбору, коефіцієнт звивистості річок в межах водозборів, середня висота водозбору, кути нахилу поверхні водозборів, густина річкової мережі, довжина головної річки водозбору, сумарна довжина всіх водотоків, похил річки, дозволяють комплексно провести морфометричний аналіз басейнової структури. Серед морфометричних показників рельєфу доцільно визначати густоту і глибину ерозійного розчленування та кути нахилу поверхні басейну [3].

Висновки. Морфометричний аналіз один із способів всебічного вивчення властивостей земної поверхні за географічними картами у цілях науково обґрунтованого природокористування, а тривала історія розвитку морфометричних досліджень свідчить про незаперечну цілісність карти як джерела морфометричного аналізу. Безпосередньо морфометричні дослідження басейнів рік необхідна складова сучасних ландшафтознавчих вишукувань, особливо в аспекті сталого розвитку територій. Застосування морфометричного аналізу для вивчення закономірностей будови річкових систем на основі басейнового підходу, являє собою відносно новий напрямок наукових досліджень.

Список літератури

1. Бахтин В. А. Опыт определения математических характеристик рельефа / В.А. Бахтин // Геодезист-1931. - № 11-12.
2. Белецкий М.Е. Интегральные морфометрические

- характеристики рельефа / М.Е. Белецкий, О.К. Кадетов, Н.В. Филанчук // География и природные ресурсы. - №2. - Иркутск : Наука, 1983. - С. 104-110.
3. Березка И. С. Гидрографические просторовые признаки сложности речковых бассейнов / И.С. Березка // Наук. вісник Чернівецького університету : зб. наук. праць: Географія - Чернівці : Рута, 2009. - Вип. 480-481 - С.184-188.
 4. Берлянт А.М. Образ пространства : карта и информация / А. М. Берлянт. - М. : Мысль, 1986. - 240 с.
 5. Берлянт А.М. Картографический метод исследования / А.М.Берлянт. - М.: Изд-во МГУ, 1978. - 254 с.
 6. Динамическая геоморфология: учебное пособие / Под ред. Г. С. Ананьева, Ю. Г. Симонова, А. И. Спиридонова. - М. : Изд-во МГУ, 1992. - 448 с.
 7. Казанський Б.А. Количественная характеристика структуры речных систем / Б.А. Казанський // Труды Дальневост. регион. науч.-исслед. Гидрометеоролог. ин-та - 1976. - Вып. 54 - С. 62-68.
 8. Ковальчук І.П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз / І.П. Ковальчук - Львів: Інститут українознавства, 1997. - 440 с.
 9. Корытный Л.М. Морфометрические характеристики речного бассейна / Л. М. Корытный // География и природные ресурсы -Иркутск: Наука, 1984. -№3-С. 105-112.
 10. Костриков С. В. Свойства структурной сети рельефа водозборного бассейна и изучение эрозионных процессов / С. В. Костриков, И. Г. Черванев // Физико-географические процессы и охрана окружающей среды. - Сб. научн. трудов. - К. : Наукова думка, 1991. - С. 22-31.
 11. Салищев К. А. Основы картоведения / К. А. Салищев - М.: Изд-во МГУ, 1990. - 400 с.
 12. Симонов Ю. Г. Объяснительная морфометрия рельефа / Ю. Г. Симонов - М. : ГЕОС, 1999. - 263 с.
 13. Соболевский П. К. Современная горная геометрия / П. К. Соболевский // Социалистическая реконструкция и наука - 1932. - №7. - С. 42-78.
 14. Спиридонов А. И. Геоморфологическое картографирование / А. И. Спиридонов. - М. : Недра, 1985. - 183 с.
 15. Философов В. П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур / В. П. Философов. - Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1975. - 232 с.
 16. Хортон Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов пер. с англ. / Р.Е. Хортон - М.: Иностран. лит., 1948. - 159 с.
 17. Щукин И. С. Общая геоморфология / И. С. Щукин. - 2 изд.-т. 1 - М.: 1960. - 612 с.

Березка И. С. Подходы и принципы морфометрического анализа. Проведены исследования подходов и принципов морфометрического анализа, а также периодизация его развития. Определены возможности применения этого метода для анализа бассейновых систем. Обоснован выбор морфометрических показателей гидрографической сети и рельефа для всестороннего выявления свойств структуры системы.

Ключевые слова: морфометрический анализ; речной бассейн; рельеф; структурная организация бассейна.

Berezka I.S. Approaches and principles morphometric analysis. The research approaches and principles morphometric analysis, as well as periods of its formation and development. Identified the possibility of using this method for the analysis of river basin systems. The choice of morphometric parameters of drainage network and relief for comprehensive detection system structure properties.

Key words: morphometric analysis; river basin; topography; structural organization basin.