

УДК 551.4.01+551.436:528.94 (470.44)

І.Г. Черваньов

МОДЕЛІ ГЕОДИНАМІКИ РЕЛЬЄФУ В ДОСЛІДЖЕННЯХ І РОЗРОБКАХ ХАРКІВСЬКОЇ ГЕОМОРФОЛОГІЧНОЇ ШКОЛИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Анотація: Стаття містить виклад парадигми та методологічного апарату вчення про флювіальні геоморфосистеми, що є здобутком останніх 30 років діяльності вчених Харківської геоморфологічної школи. На додаток до сучасних світових розробок, уперше розглянуто тривимірні топологічні мережі тальвегів і вододілів флювіальних геоморфосистем та способи їхнього комп'ютерного аналізу й синтезу за цифровими моделями рельєфу.

Ключові слова: топологічна мережа, флювіальна геоморфосистема, цифрова модель рельєфу.

Історичний нарис. Перші дослідження рельєфу України тут було здійснено майже одночасно професорами Харківського університету геологами М.Н. Борисяком, особливо ж І.Ф. Леваковським та його учнем О.В.Гуровим ще у 70-рр. XIX ст. Розпочаті з морфологічних спостережень, вони досить швидко набули історико-геодинамічного змісту. На той час, ще не існувало пояснення походження ступенів (терас), що супроводжували річища основних річок краю, і саме І.Ф.Леваковським¹ було висунуте припущення щодо їхньої, флювіальної (водно-ерозійної) природи. Ця думка стала плідною у подальшому вивченні терасової будови річкових долин України, ставши однією із перших моделей їх пізнання (хоча на той час наукового терміну „модель” не існувало).

У першій половині XX ст. науковою геоморфологічною університетською школою Харківського університету, що очолювалась Д.М.Соболевим та М.І.Дмитрієвим, було встановлено повний спектр терас Дніпра та Сів. Дінця, що налічує до 11 відповідних геоморфологічних рівнів. У одній з визначних робіт² Д.М.Соболев навів докази того, що „выработка рельефа поверхности Североукраинского бассейна происходила во все континентальные фазы его существования и совершалась, по-видимому, по одному шаблону: осевая часть понижения, вытянутая с северо-запада на юго-восток, всегда имела тенденцию смещаться к юго-западу...». Тобто, судячи з цитати, вченим складено концептуальну модель, „шаблон” за його висловом, регіонального геодинамічного процесу рельєфоутворення. Д.М.Соболев склав оригінальну скульпто-структурну карту Центральної та Східної Європи³, а також геоморфологічну карту південного заходу Європейської частини СРСР й сусідніх країн, що стали визначними науковими досягненнями, перше з котрих суттєво випереджало запроваджене І.П.Герасимовим вчення про геотектуру Землі, тобто слугувало картографічною моделлю структурно-тектонічного (морфоструктурного) бачення будови рельєфу, а друга карта визначила напрямки подальших регіональних досліджень рельєфу у історико-генетичному контексті.(рис. 1).

¹ Леваковский И.Ф. Способ и время образования долин на юге России. Харьков, 1969.

² Соболев Д.Н. К палеогеоморфологии Североукраинского бассейна // Записки НИИ геологии ХГУ, т. УП, 1939.

³ Соболев Д.Н. Ледниковая и приледниковая провинции Северной и Восточной Европы. Харьков, 1938.

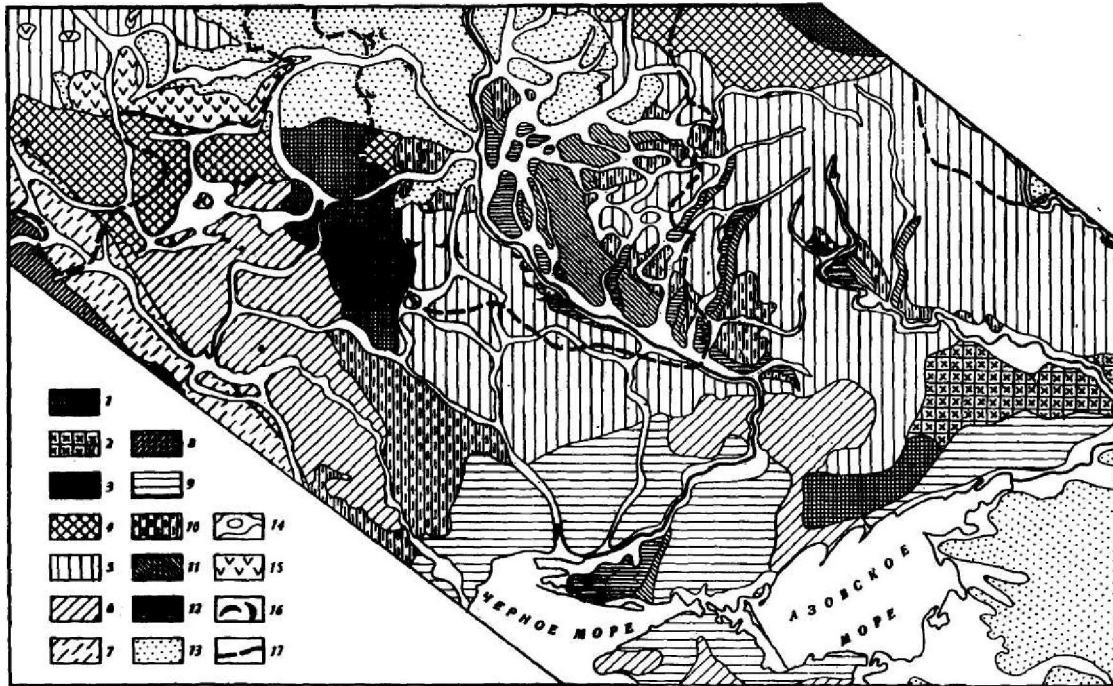


Рис. 1. Геоморфологічна карта півдня Європейської частини СРСР (складена Д.М.Соболевим, ним не друкувалась. З рукописів кафедри геології Харківського університету).

Легенда: 1— докембрійський суходіл; 2 - герцинське ядро Донецького кряжу: пермський суходіл; 3 — пізньокрейдовий (частково й більш древній) суходіл; 4— палеогеновий суходіл; 5— міоценова берегова низина (полтавська тераса); 6 — пізньосарматська-раннепліоценова берегова низина; 7 — Передкарпатська геосинкліналь: раннепліоценова берегова низина; 8 — Карпати; 9- середньо-пізньопліоценова берегова низина; 10— *неогенові тераси*: балтська морська, відповідно річкова іванківська (пізньосарматська-меотійсько-понтійська); новохарківська річкова (кіммерійська морська) та бурлуцька річкова (куяльницька морська) тераси; 11 — *четвертинні тераси*: градзька річкова, мілацька морська (міндель-міндель-риська) тераса; 12 — черкаська річкова, тиренська морська (рис-рис-вюрмська) та трубівська річкова, монастирська морська (палеовюрмська) тераси; 13— великі алювіальні рівнини без детального потерасного розчленування; 14 — долини й долинні з'єднання, у тому числі над лугова (неовюрмська, післямонастирська) та заплава, (морські четвертинні відклади); 15 — горбисті моренні ландшафти; 16 — акумулятивні й напірні кінцеві морени; 17 — межа поширення дніпровського льодовика (перекладено й впорядковано автором статті).

Надалі зусиллями Д.М.Соболева, М.І.Дмитрієва, Д.П.Назаренка, І.М.Ремізова було визначено номенклатуру терасових рівнів річкових долин переважно Східної України, встановлено кореляцію рельєфоутворення із зміною кліматичних обстановок та визначальними палеогеографічними подіями, що були притаманні льодовиковій, позальодовиковій обстановкам у поєднанні із змінами рівня Середземноморського, Каспійсько-Чорноморського та Чорноморського басейнів та відповідних морських терасових рівнів. Отже, на нашу думку, колективним розумом згаданих науковців та їх менш іменитих колег була створена концептуальна модель розвитку величезного за розмірами і вельми складного за чергуванням та узгодженістю геолого-палеогеографічних подій регіону, що практично визначає досі бачення рельєфу та слугує канвою для пояснення будь-яких геоморфологічних феноменів, що виявляються під час регіональних та локальних досліджень рельєфу переважної частини України.

Уперше мусимо привернути увагу саме до модельного характеру цих побудов, бо певна частина визначених геоморфологічних рівнів не знаходить чіткого й беззаперечного морфологічного відображення, натомість вони розглядались як *геодинамічні етапи неоген-четвертинної історії краю*, що відображені у закономірній зміні геоморфологічних рівнів: від вищої найдавнішої ступені первинної морської рівнини (тортон-сарматського віку) до найдавнішої з відомих іванківської тераси (верхньосармат-меотійсько-понтійського віку, за Б.М.Соболевим та Д.П.Назаренко і далі – до більш молодих терас, що відрізняються поміж собою послідовним скороченням (знизу вгору) покривних відкладів над алювіаль-

ною товщею: дві верхні (неогенові) тераси (іваньківська, новохарківська) із рудими та червоно-бурими глинами пізнього неогену, вкритими 6-ма ярусами лесовидних суглинків (за Крокосом), перехідна тераса (бурлуцька) із алювієм, утвореним перемиванням згаданих неогенових відкладів, вкритого безпосередньо повним комплексом тих самих лесовидних суглинків, потім низка (максимально їх 6) терас, кожна з яких втрачає поступово 1,2, ...6 ярусів знизу розпочинаючи з найстаршого: нарешті, „безлесова” борова (перша надзаплавна) тераса й безпосередньо заплава [1].

Отже, представниками класичної геоморфологічної школи Харківського університету було досконало відтворено (переважно через простежування й вивчення кореляцій річкових терасових відкладів із морськими) геодинаміку формування рельєфу території України та прилеглих областей, що може досі слугувати кращою, найбільш повною моделлю цього процесу. Водночас, у класичних роботах Були досить суперечливі уявлення про динамічний механізм формування флювіального рельєфу.

Метою статті є показ сучасних можливостей структурно-динамічного аналізу рельєфу з використанням цифрових моделей рельєфу та ГІС-технологій, що є сучасним спрямуванням геоморфологічних досліджень у Харківському університеті. Результати роботи показано у порівнянні із найвідомішими здобутками світової геоморфологічної науки.

Структурно-динамічний аспект флювіальної геоморфології

На протязі останніх 30 років було розпочато дослідження, пов'язані з математичним моделюванням і структурним аналізом флювіального рельєфу. Власне, саме вони поступово вилилися у нову *парадигму динамічної геоморфології флювіального рельєфу* як розкриття певного інтегрального коду, що відображує у згорнутому вигляді усі відомості про рельєф як структурно-інформаційну систему. Ця парадигма дозволяє ставитись до рельєфу у геодинамічному сенсі як до морфологічної системи, що самоорганізується і тому здатна функціонувати й розвиватися автономно, навіть певною мірою незалежно від зовнішніх умов. Доречно зазначити, що два пленуми Геоморфологічної комісії РАН - XXIII (Новосибірськ, 1983) [7] та особливо XXVII (Томськ, 2003) відбувся під гаслами, що суттєвою мірою відображають спрямування досліджень Харківської геоморфологічної школи: «Самоорганизация и динамика геоморфосистем» (див., напр., [10]).

Підвалини флювіальної геоморфології. Вивчення флювіальних систем, розпочате А.Стралером біля 60 років тому, жваво розвивається у сучасному геоморфологічному світі. Як показав Е. Токунага [21], є два шляхи аналізу флювіальних мереж: плоскі мережі вивчаються переважно представниками точних наук як плоскі топологічні структури, натомість просторові (тривимірні) флювіальні системи залишаються прерогативою гідролого-геоморфологічного аналізу. У списку літератури наведено вибіркові приклади досліджень напрямків спрямувань першого [15, 16], частково [20] й другого [5, 8, 18], частково [19] у вивченні флювіальних структур. Харківська геоморфологічна школа відноситься до другого з означених Е.Токунагою спрямувань світової науки про морфологію флювіальних систем [див., напр., [1, 8,] особливо ж [14].

Вивчення морфології флювіального рельєфу свідчить про те, що при кожному погляді на земну поверхню будь-яким спостерігачем, але найчастіше – дослідником земної поверхні визначається то образний малюнок розчленовування, то лише співвідношення висот, а то й розшифровується порядок чергування морфологічних елементів. Отже, задля вирішення при цьому різних кінцевих задач: генетичних, функціональних, діагностичних, системно-структурних, геоекологічних – використовуються різні морфологічні властивості рельєфу.

В ряді випадків рельєф земної поверхні поводить як цілісна динамічна морфологічна система, тобто відповідає на зовнішні впливи певним чином, що відрізняє це поведіння від випадкового. Наприклад, знижуючись, рельєф одночасно ускладнюється (хоча з загальних розумінь здавалося б природним, якби зі зменшенням потенційної енергії за рахунок зниження висот деградувала б і структура). При збільшенні поверхневого стоку на

¹ Дмитриев Н.И. Геоморфология в Харьковском университете // Учене записки Харьковського університета. Тр. геогр. ф-та, т. 2. Харьков: изд-во Харьковск. ун-та, 1955.

схилі формується ерозійна мережа, якої раніше не було, що є засобом більш ефективно відводити зі схилу стік. У літературі відомі приклади виникнення в рельєфі систем позитивного і негативного зворотного зв'язку, адаптації до нових зовнішніх умов, що змінилися з певних причин, і т. ін. [див. ^{4, 8, 10, 19, 21}].

Тому усе частіше говорять про геоморфосистеми, тобто цілісні структурно-динамічні утворення рельєфу земної поверхні, та їх особливий клас – флювіальні геоморфосистеми (ФГМС). Саме їм присвячено нашу нову колективну монографію [¹⁴], де їх показано як предмет тривалого 30-річного дослідження авторів, здійснюваного з різних боків і з певними цілями.

Самоорганізація ФГМС. ФГМС демонструють здатність рельєфу бути доцільно організованим, а динамічний процес – саморегульованим. Йдеться про наявність ерозійної мережі на значній території суходолу, де з кожної точки мережі є один-єдиний шлях до відповідного морського (озерного) басейну. Дослідження показали, що така мережа топологічно та функціонально подібна кровоносній системі високорозвиненого організму в тому відношенні, що вона рівномірно дреноє територію (як кровоносна мережа – тканини), забезпечує погоджений (як правило, без розривів і переповнення в нормальних умовах стоку) потік речовини і спрямований її рух протягом шляху, вимірюваного часом тисячами кілометрів, а також дисипацію енергії поверхневого стоку. Дослідження показують, що навіть на обмеженій території важко спроектувати таку штучну мережу, навіть маючи усі можливості науково-технічного прогресу.

Прикладом використання основ вчення про ФГМС стосовно до екзотичних природних об'єктів є дослідження О.А.Блінковою морфології, структури й елементів генезису рельєфу ділянки морського дна східної частини акваторії Чорного моря (Туапсе-Джугба), котрій вдалося відтворити й дослідити властивості рельєфу, так би мовити, квазіфлювіального походження (підводний каньйон) [²].

Динамічна рівновага й стала нерівноваженість ФГМС. Тривалий час рельєф оцінювався як досить сталий, врівноважений, такий, що виходить із рівноваги переважно через негативний вплив людської діяльності, котра її порушує. Значна кількість наукових досліджень геоморфологів досі виходить з вельми продуктивної парадигми рівноваги: рівноважний схил або профіль схилу, рівноважний повздовжній профіль русла, динамічна рівновага геоморфологічного процесу. Досить глибоке узагальнення динамічної рівноваги належить у світовій літературі класичній роботі Р.Чорлі та Б.Кенеді, а у вітчизняній – О.В.Позднякову, М.В.Куценку та ін. (див. [^{8, 10}]). Згадані автори виходять з того, що нормою, котра притаманна рельєфові, або ж такою, до якої рельєф прагне у ході саморозвитку, є врівноважений стан, котрий виявляється у балансі мас речовини. Саме такий підхід щодо ерозійного процесу застосовують, визначаючи умови формування екологічно збалансованих ландшафтів.

Приблизно протягом останньої чверті століття стали утверджуватися загальнонаукові уявлення теорії систем і синергетики про стійку нерівноважність природних систем. Вони прийшли, можна вважати, на зміну уявленню про стійку рівновагу і баланс речовини-енергії як норму природного середовища, що й досі панує у методології науки. Об'єкти синергетики – дисипативні структури – стали предметом обговорення у численних наукових роботах, водночас набувши статусу предмету конкретно-наукових досліджень.

Вчення про дисипативні структури знайшло певне відображення й у фізичній географії, і в геоморфології зокрема, хоча досить часто має спекулятивний характер. Говорячи про спекулятивність, маємо на увазі обидва досить відомі аспекти цього терміна: умоглядність, що спирається на осмислення явища, відірване від досвіду і практики, і розрахунок на швидкий результат шляхом використання (інколи без достатніх підстав) чужого щодо даної науки або ж предметної сфери пояснюваного, досвіду і багажу знань. І той, і інший аспекти мають до певної межі позитивний сенс. Він слугує свого роду способом «промивання мозків», формулюючи для розгляду питання, що не могли виникнути з досвіду безпосередньо, використовуючи певні «революціонізуючі», хоча й умоглядні конструкції. Цей, останній, аспект цікавий (з точки зору розвитку геоморфології) тим, що дозволяє поглянути на традиційний об'єкт не характерним для традиції даної науки поглядом, скажімо, так, як це зробив би фізик чи математик [²⁰]. Тобто виникають стосунки реципієнта (тут – геоморфології) і донора (фізики, математики). Причому, у випадку коректного використання такої аналогії, виникає можливість переносу у геоморфологію досягнень, отриманих в одній області знання, у той же фізиці, наприклад. Це надає можливості стрибкоподібного розвитку науки-реципієнта за рахунок здобутків науки-донора, водночас даючи можливість

останній розширити обрій власних досягнень, як це демонструють сучасні західні дослідники (див. [15-21]).

Таким чином, автор дотримується впевненості щодо позитивної ролі спекулятивних уявлень (незважаючи на те, що за багато років саме це слово набуло у побутовій мові презирливо-негативного контексту). Але, в той же час, залишається побоювання, що світова геоморфологія перетвориться цілком в умоглядно-абстраговані уявлення про геосистеми, не обтяжуючи себе потребою надати цьому знанню хоча б якоюсь мірою раціонального характеру. Саме у такому аспекті здійснюються дослідження ФГМС Харківською геоморфологічною школою.

Дослідження ФГМС у контексті інформаційно-технологічної революції. Ще одна парадигмальна риса досліджень морфології рельєфу у Харківській геоморфологічній школі стосується відповіді на виклики інформаційної ери щодо способів наукових досліджень. Йдеться про визначальну роль інформаційних комп'ютерних технологій не лише на методичному, але й на більш широкому - парадигмально-концептуальному рівні. Ось певна есенція сучасних уявлень про інформаційну революцію, спроектованих на площину геоморфології.

1. Нинішню технологічну революцію характеризує не стільки центральна роль знань і інформації, але застосування таких знань і інформації до генерування знань і пристроїв, що обробляють інформацію і здійснюють комунікацію, що відбувається у кумулятивній петлі зворотного зв'язку між інновацією і напрямками використання інновацій.

Використання нових високих інформаційних технологій в останні два десятиліття пройшло через три виразних етапи: автоматизації задач, експериментування над використанням, реконфігурації застосувань.

На перших двох етапах технологічна інновація прогресувала через навчання шляхом користування. Але на третій стадії користувачі навчалися технології, роблячи її власноруч, і закінчували, знаходячи нові області застосування. Саме у такому сенсі розглядається згадане дослідження О.А.Блінокової (див. [2]).

Зворотний зв'язок між введенням нової технології, користуванням нею і просуванням її в нові області проходить у сучасній технологічній парадигмі, завдяки чому нескінченно збільшує її міць у міру того, як технологія засвоюється і перевизначається її користувачами.

Нові інформаційні технології є не просто інструментами, які потрібно застосувати, але процесами, які конче потрібно розробляти. Користувач і творець технології об'єднуються в одній особі.

Здобутки у науково-постановчому контексті взаємодіють з новою технологічною системою, котра до того ж має свою власну вбудовану логіку, що характеризується *здатністю переводити усю вкладену в неї інформацію в загальну інформаційну систему*, вбудовану, врешті рещт, у потенційно всеосяжну пошукову й розподільну мережу.

Саме такий шлях демонструють у монографії [14] розробки С.В.Кострікова, Б.Н.Воробйова, котрим належить включення технологічної складової до предмету дослідження ФГМС.

2. Важливою рисою інформаційно-технологічної парадигми є те, що вона являє собою *технології для впливу на інформацію*, а не просто інформацію, що добре впорядкована й призначена для впливу на технологію, як було у випадку попередніх технологічних революцій.

Рисою, що породжена інформаційно-технологічною революцією, є *мережна логіка* аналізу сукупностей відносин, як це показано, зокрема, в чудовій монографії М.В.Багрова [1]. Схоже на те, що морфологія мережі добре пристосована до зростаючого складності взаємодій і до непередбачених моделей розвитку, що виникають з творчої моці таких взаємодій. Відповідна топологічна конфігурація - мережа - може бути тепер, завдяки новим інформаційним технологіям, матеріально-технічно забезпечена. Цікаво й показово, що саме у Харківській геоморфологічній школі ще біля 40 років тому було покладено початок запровадженню мережної логіки до пізнання морфології рельєфу, тобто це відбулося ще задовго до того, як вона набула загального визнання.

Остання з характеристик цієї технологічної революції щодо пізнання й відображення морфології рельєфу – це зростаюча конвергенція конкретних технологій у високо інтегрованої системі, коли один будь-який елемент неможливо представити без іншого. Саме так дослідницькі системи створені авторами для аналізу морфології рельєфу, потужність котрих увесь час випереджає технічний прогрес у можливостях комп'ютерів.

Висновки. Флювіальна геоморфологія суттєво оновлена через 2 наукові події: запровадження структурно-функціонального підходу (у вигляді концепції ФГМС) та органічне включення в предметну базу високих ГІС-технологій.

Саме ця теза є провідною у дослідженнях і розробках, що були розпочаті в Харківському університеті ще до настання інформаційно-технологічної революції, тобто випереджаючи світовий науково-технологічний прогрес. Отже, настав час, коли флювіальна геоморфологія набуває сучасності саме через те, що природні морфологічні системи виявилися схожими за конфігурацією щодо важливих технологічних структур і через це – сприйнятливими до інформаційних ГІС-технологій, що суттєво впливають на дослідницький світ геоморфології.

Більш детально й змістовно здобутки щодо органічного поєднання логіки дослідження ФГМС з можливостями інформаційних технологій буде подано у доповіді С.В. Кострикова.

Литература:

1. Багров Н.В. География в информационном мире. К.: Либідь, 2005. -
2. Блинкова О.А. 3-D анализ рельефа глубоководного участка дна Черного моря. Гис-обозрение, 1998.
3. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Жизнь неживого с точки зрения синергетики / Самоорганизация и динамика геоморфосистем / XXV Пленум Геоморфологической комиссии РАН. – Томск: 2003. – С. 3-13.
4. Ковальчук І. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів: Інститут українознавства, 1997.
5. Костриков С.В., Черванев И.Г. Свойства структурной сети флювиального рельефа и изучение эрозионных процессов // Физико-географические процессы и охрана окружающей среды. Сб. научн. трудов. - К.: Наукова думка, 1991. - С. 22-31.
6. Ласточкин А.Н. Системно-морфологическое основание наук о Земле (геотопология, структурная география и общая теория геосистем).- СПб.: 2002.
7. Основные проблемы теоретической геоморфологии.- Новосибирск:Наука, 1985. -192 с.
8. Поздняков А.В., Черванев И.Г. Самоорганизация в развитии форм рельефа. - М.: Наука, 1990.
9. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Отв. Ред. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. В 2-т. М.: Медиа-ПРЕСС, 2002.
10. Скрыльник Г.П. К вопросу о самоорганизации геосистем Земли / Самоорганизация и динамика геосистем.- XXV пленум Геоморфологической комиссии РАН.- Томск: РАН, 2003.
11. Стецюк В., Ткаченко Т. Екологічна геоморфологія України. К.: КНУ, 2004.
12. Черванев И.Г. Концепция поля в современной геоморфологии // Геоморфология - 1987. - № 4. - С. 12-20.
13. Черванев И.Г., Боков В.А., Тимченко И.С. Геосистемные основы управления природной средой.- Учебное пособие. Харьков: ХНУ /Темпус-Тасис, 2004.- 134 с.
14. Черваньов І.Г., Костриков С.В., Воробійов Б.Н. Флювіальні геоморфосистеми. Дослідження й розробки Харківської геоморфологічної школи. Харків: ХНУ, 2006. – 322 с.
15. Costa-Cabral M., Burges S. Sensitivity of channel network planform laws and the question of topologic randomness. // Water Resour. Res. 33 (9):2179–97. - 1997. P.
16. Cudennec C., Fouad Y., Sumarjo-Gatot I. Planar Organization of River Networks:
17. A Hidden Gamma Law Structure / Concept and Modelling in Geomorphology: international perspectives - Tokyo, 2003.-133-145.
18. Newman WJ, Turcotte DL. Cascade model for fluvial geomorphology. Geophys.J. Int. 1990. 100: pp.433–439. Pieri D. Geomorphology of martian valleys // Advances in Planetary Geology \ Ed. By A. Woronow. – Washington, DC: NASA, 1980. – P. 1-160.
19. Schum, S.A. The Fluvial System. - New York: Wiley, 1977. - 338 pp.
20. Scheidegger A. The theoretical Geomorphology. – 3rd edition. – New York: Springer-Verlag - 1991. – 434 p.
21. Tokunaga, E. Self-similar natures of drainage basins: In R. Takaki (ed.), Research of Pattern Formation, KTK Scientific Publishers, Tokyo.1994, pp. 445–468.

Аннотация. В статье излагаются парадигма и методологический аппарат учения о флювиальных геоморфосистемах, являющегося достижением последних 30 лет деятельности ученых Харьковской геоморфологической школы. В дополнение к современным мировым разработкам в этой области, впервые рассмотрены трехмерные топологические сети тальвегов и водоразделов флювиальных геоморфосистем и способы их компьютерного анализа и синтеза по цифровым моделям рельефа.

Ключевые слова: топологическая сеть, флювиальная геоморфосистема, цифровая модель рельефа.

Abstract. This article reviews new paradigms and methodological tools related to the theory of fluvial geomorphosystems developed by the Kharkiv geomorphologic school in the last 30 years. In addition to relevant current advances made in fluvial geomorphology all over the world, emphasis has been placed on topological channel/divide network representation within the 3-D environment by computer modeling with digital elevation models.

Keywords: topological network, fluvial geomorphosystem, digital elevation model.

Поступила в редакцию