

УДК 631:556.5:528.9  
© 2016

**В.І. ПІЧУРА,**  
кандидат сільськогосподарських наук

Херсонський державний  
аграрний університет,  
Україна  
E-mail: pichura@uandex.ua  
м. Херсон, вул. Стрітенська, 23

СТРУКТУРА  
ГІДРОГЕОМОРФОЛОГІЧНОЇ  
СИСТЕМИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ  
ГЕООСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОГО  
КАРКАСА БАСЕЙНУ  
РІЧКИ ДНІПРО

*Представлено результати застосування геоінформаційних систем для визначення структури гідрогеоморфологічної системи з метою створення геооснови екологічного каркаса басейну річки Дніпро. Геомодельовання здійснено на основі цифрової моделі рельєфу SRTM-90 із застосуванням робочого модуля Hydrology tools of Spatial Analyst Tools ліцензійного програмного продукту ArcGIS 10.1. Для водозбірної території Дніпра ( $S = 511$  тис.км<sup>2</sup>) виділено 776 суббасейнів розміром від 1,9 до 22680,2 км<sup>2</sup> IV–IX порядків. На території басейну Дніпра найбільш часто зустрічаються суббасейни малих річок із епізодичним підземним живленням – 68,8 %, малі річки з постійним підземним – 13,8 %, середні річки – 0,6 %. Встановлено, що майже половина довжини всіх ерозійних форм у межах басейну Дніпра представлені формами 1-го порядку, а 90 % становить сумарна довжина 1–4 порядків. Розглянуто поняття “екологічний каркас річкового басейну”.*

**Ключові слова:** річковий басейн, гідрогеоморфологічна система, басейнова організація, річка Дніпро, екологічний річковий каркас, ГІС-технології, геомодельовання.

Дніпро – одна з найбільших річок Європи, басейн якої розташований в межах трьох держав: Російської Федерації, Білорусі та України. Загальна природна довжина річки становить 2285 км, яка після створення каскаду з шести водосховищ скоротилася до 2201 км, площа басейну – 511 тис. км<sup>2</sup>, висота витоку – 252 м, середній ухил русла – 11 см на 1 км довжини. Однією з найважливіших екологічних проблем у басейні річки Дніпро є деградація земельних і водних ресурсів, яка має природні передумови, ще й загострена соціально-економічними факторами, які супроводжуються порушенням зв'язків між абіотичними і біотичними елементами.

До основних причин кризової ситуації прийнято відносити будівництво на Дніпрі каскаду водосховищ, що абсолютно змінило динаміку стоку; екстенсивну систему господарювання; великомасштабні меліорації; будівництво в межах басейну потужних

промислових комплексів; величезні обсяги водоспоживання для промисловості і агро-виробництва; скидання значних обсягів забруднених вод тощо [1]. Тому в умовах постійно зростаючого антропогенного впливу на територію транскордонного басейну річки Дніпро для раціонального управління природокористуванням україн необхідним є пошук оптимальної взаємодії між господарством, людиною і природою, тобто збалансованих відносин між експлуатацією геогідросистем, їх охороною і цілеспрямованим перетворенням [2, 3]. Потрібно розробити нові наукові підходи до територіальної організації природокористування для вивчення природного комплексу в цілому і взаємозв'язків у ньому, щоб створити умови для стійкого функціонування природної геогідроєкосистеми з урахуванням забезпечення задоволення потреб населення і виробництва в природних ресурсах, природного або близького до нього

стану природного середовища, реалізацію прав на право користування природними ресурсами і здоровим навколишнім середовищем нинішнього і майбутнього поколінь людей [4].

Такими комплексами виступають водозбірні басейни річок, які можна розглядати як великі складні системи, що контролюють потоки речовини і енергії. Структура цих систем у свою чергу включає вкладені підсистеми – басейни нижчого ієрархічного рівня, що визначаються як елементи, до яких відносяться ієрархічно впорядковані русла різних порядків і відповідних схилів. Підсистемам, що володіють схожою структурою, будуть властиві аналогічні характеристики потоків речовини і енергії між своїми елементами, а також подібна реакція на зовнішні впливи.

**Огляд публікацій за темою досліджень.** Основні завдання дослідження басейнової організації та географічних систем полягають у вивченні організації територіальної системи шляхом виявлення просторово-часової ієрархії елементів і явищ, розташованих на земній поверхні в результаті поділу цілого на частини; визначення просторових форм різноманітних структур і виявлення закономірностей, що свідчать про кількісні відношення між різноманітними елементами структури; встановлення типу організації системи і міри її організованості.

Теоретичне обґрунтування басейнової концепції (підхід, принцип) отримала в роботі Л.М. Коритного [5], де представлений повний і всебічний аналіз концепції, узагальнено накопичений на той час досвід її застосування в різних аспектах. Л.М. Коритний оцінює водозбірний басейн як “особливу просторову одиницю біосфери, найбільш перспективну для багатоаспектного вивчення природи, економіки і для управління навколишнім середовищем”. Перевагами використання басейнового підходу в раціональному природокористуванні є чіткість виділення границь; ієрархічна структура, що дозволяє переходити на різні територіальні рівні управління; організація односпрямованих потоків речовини, енергії та інформації; геосистемний взаємозв’язок, що дає можли-

вість здійснювати всі типи екологічного моніторингу; відповідна пристосованість ґрунтового і рослинного покривів, системи розселення і природокористування до окремих басейнових структур; локалізація техногенних джерел забруднення середовища уздовж водотоків водозбірних басейнів.

Розвиток теоретико-методологічних і практичних підходів до басейнового природокористування відображено в дослідженнях Ф.М. Милькова [6], Г.І. Швєбса [7], Ю.Г. Симонова [8], В.М. Смольянинова [9], Ф.М. Лисецького [2–4, 10–12] та ін. Але на сьогоднішній день все ще відсутній детальний опис просторової структури внутрішньої гідрогеоморфологічної організації системи басейну річки Дніпро, яка є основою створення екологічного каркаса для обґрунтування басейнових принципів природокористування на водозбірній транскордонній території.

**Мета наших досліджень** – вивчити внутрішню структуру гідрогеоморфологічної системи для створення основи екологічного каркаса басейну річки Дніпро із застосуванням ГІС-технологій.

Для поділу річкових басейнів на групи, залежно від порядку головного русла, використаний підхід Стралера-Філософова [13], де водотік (або русло тимчасового водотоку), який не отримує приток, відноситься до русла 1-го порядку. Два русла 1-го порядку, зливаючись, дають початок водотокам 2-го порядку. За цим правилом нижче вузла злиття будь-яких однопорядкових водотоків починається русло більш високого порядку (порядок збільшується на одиницю). При злитті різноманітних водотоків і утворений нижче вузла їх злиття водотік зберігає порядок, який був у водотоку до злиття однопорядковими водотоками (рис. 1).

Можливість дослідження особливостей навантаження геоморфологічної роботи на басейн Дніпра і всіх компонентів ландшафту у взаємозв’язку їх характеристик із параметрами стоку води дозволяє басейновою організацією території на рівні водозборів ерозійних форм IV порядку, яка передбачає можливість виявлення ландшафтно-неоднорідності території [5]. Проведення водотоків, визначення порядків і розрахунок структурних

індексів виконані в ArcGIS 10.1 на основі цифрової моделі рельєфу SRTM-90 (рис. 2) з дозволом пікселя на місцевості  $90 \times 60$  м, що приблизно відповідає масштабу 1:230000.

Виділення руслової мережі на основі растрової цифрової моделі рельєфу здійснювалося з використанням алгоритму гідрологічного моделювання робочого модуля Hydrology tools of Spatial Analyst Tools. Алго-

ритм представлений в роботі [14], і передбачає, що дослідник задає деяке граничне значення, виражене через мінімальну кількість чарунок растра або мінімальну водозбірну площу ( $\text{км}^2$ ), які дають поверхневий стік. Під час побудови моделі річкової мережі басейну Дніпра на основі растра акумуляції стоку гранична величина виділення чарунок, складових руслової мережі, була прийнята рівною 600.

Таке граничне значення пов'язано з тим, що у використанні цифрової моделі рельєфу SRTM-90 для автоматичного виділення річкової мережі засобами ГІС-технологій є деякі обмеження, які обумовлені наявністю на цифровій моделі рельєфу рослинності і штучних споруд, що ускладнюють достовірність виділення верхніх ланок річкової мережі Дніпра. Після отримання моделі басейнової організації території річки Дніпро була здійснена додаткова ручна корекція, що дало можливість підвищити якість моделювання.

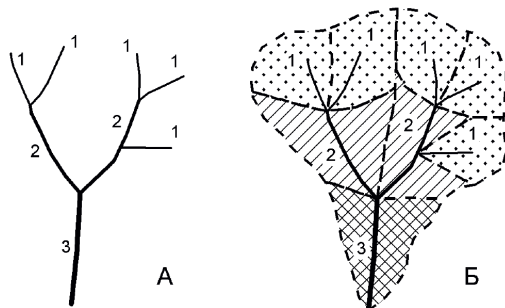
**Результати дослідження та їх обговорення.** Порядок водотокам надавали, починаючи з ерозійних форм. Просторовий розподіл структури долини і яружно-балкової мережі басейну річки Дніпро представлений на рис. 3. Визначено, що майже половину довжини всіх ерозійних форм займають форми 1-го порядку (табл. 1), а 90 % становить сумарна довжина 1–4 порядків.

Структури долини і яружно-балкової мережі басейну Дніпра (СМБ), залежно від порядку суббасейну (ПСБ), функціонально описуються експоненціальною моделлю виду

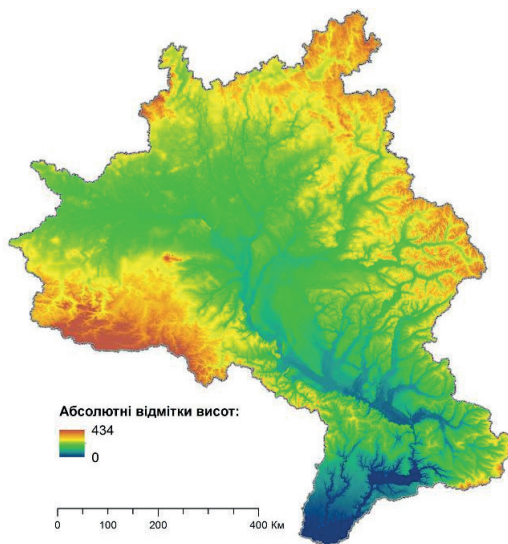
$$C_{MB} = 1,75 \cdot 10^5 \cdot \exp(-1,41 \text{ ПСБ}).$$

Виходячи зі сформованої структури долини і яружно-балкової мережі для всієї території басейну Дніпра ( $S = 511$  тис.  $\text{км}^2$ ), виділили 776 суббасейнів (рис. 4) розміром від 1,9 до 22680,2  $\text{км}^2$  IV–IX порядків (табл. 2).

Диференціація водозборів (табл. 3), залежно від величини площі ( $S_B$ ), наведена за С.Д. Дегтярьовим [15]. На території басейну Дніпра найбільш часто зустрічаються суббасейни малих річок ( $S_B = 200\text{--}1000$   $\text{км}^2$ ) з епізодичним підземним живленням 68,8 %, малі річки ( $S_B = 1000\text{--}5000$   $\text{км}^2$ ) з постійним підземним живленням –



**Рис. 1. Визначення порядків водотоків у системі Стралера-Філософова (А) і приклад схеми поділу схилів залежно від порядку русла, на яке вони спираються в межах водозбірного басейну III порядку (Б)**



**Рис. 2. Цифрова модель рельєфу басейну Дніпра**

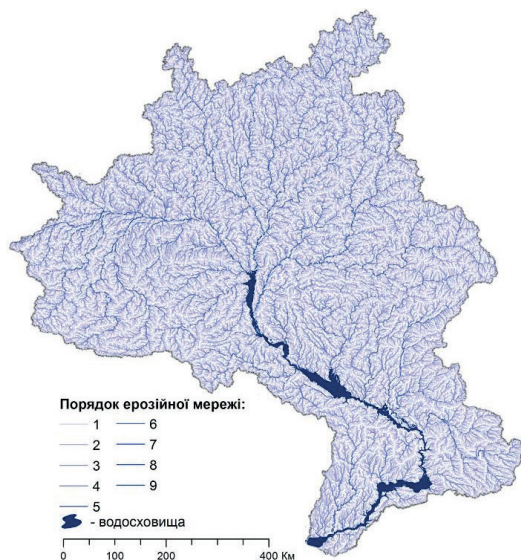
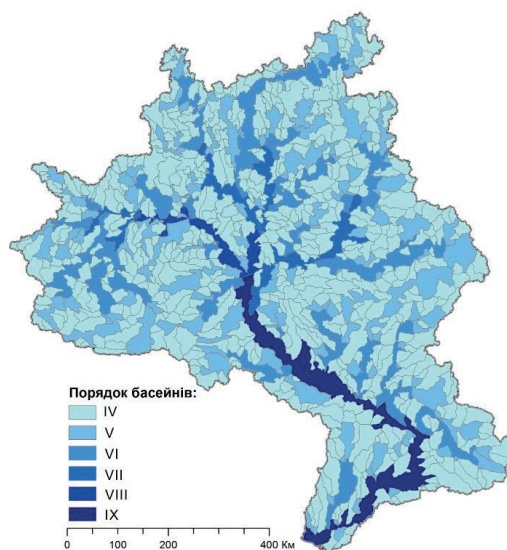


Рис. 4. Просторова організація  
внутрішньої структури  
басейну річки Дніпро

Рис. 3.  
Порядкова структура долинної  
і яружно-балкової  
мережі басейну річки Дніпро



1. Гідрогеологічна структура долинної та яружно-балкової мережі басейну річки Дніпро

Порядок	Кількість водотоків	Довжина водотоків		
		всього, км	відносне значення, %	середня, км
1	42651	24879,7	46,7	0,6
2	10402	12966,4	24,3	1,2
3	2549	6902,4	13,0	2,7
4	607	3161,1	5,9	5,2
5	101	1774,9	3,3	17,6
6	30	1035,2	1,9	34,5
7	5	1150,4	2,2	230,1
8	2	420,3	0,8	210,2
9	1	976,8	1,8	976,8
Всього	56348	53267,3	100	-



## 2. Розподіл річкових суббасейнів за порядком у межах дослідної території

Порядок суббасейнів	Суббасейни			$\bar{s}$ , км <sup>2</sup>	Відносно загальної площі в модальному річковому басейні, %	Відхилення від модального значення, %
	всього, од.	загальна площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі			
IV	607	298379,8	58,4	492,5	50	+8,4
V	131	104036,7	20,4	795,6	25	-4,6
VI	30	64555,0	12,6	2155,8	12	+0,6
VII	5	15391,1	3,0	3083,8	6	-3,0
VIII	2	5957,2	1,2	2984,1	3	-2,8
IX	1	22680,2	4,4	22680,2	1,5	+2,9
Всього	776	511000	100	-	100	-

13,8 %, середні річки ( $S_B = 5000-50000$  км<sup>2</sup>) – 0,6 %.

У результаті порівняльного аналізу структури площ схилів різного порядку в басейні Дніпра і в модальному басейні [8] встановлено, що у верхній ланці основного русла Дніпра площа суббасейнів VII–VIII порядків зменшена вдвічі, а IX порядку збільшена майже в 3 рази відносно модальної форми.

З площею річкового басейну пов'язані довжина пройденного шляху і витрачений час на переміщення води й наносів зі схилів у русла. Відповідні відхилення від модального типу визначає показник площинної аномальності басейнової структури, що

дає можливість проаналізувати збільшення або зменшення потенційного значення акумуляції місцевих пухких відкладень у руслі Дніпра. Аналіз структури різнопорядкових водозбірних площ басейну Дніпра показав, що площа, дренована тальвегами, з 1-го по 4-й порядок становить 58,4 %, 5 і 6-го порядків – 33 %, 7–9-го – 8,6 %. Таким чином, живлення головного русла наносами здійснюється за рахунок верхньої і середньої ланок (91,4 %), а живлення місцевими наносами нижньої ланки русла Дніпра становить 1,8 %. До головних джерел живлення належать снігові води, у верхній течії вони становлять близько 50 %, підземні – 27 % і дощові води – 23 %.

## 3. Розподіл річкових суббасейнів за площею

Порядок суббасейнів	Площа, км <sup>2</sup>					Всього
	20–200	200–1000	1000–2000	2000–5000	5000– 50000	
IV	95	462	44	6	-	607
V	33	62	21	14	1	131
VI	2	9	3	14	2	30
VII	-	1	1	2	1	5
VIII	-	-	1	1	-	2
IX	-	-	-	-	1	1
Всього	130	534	70	37	5	776

### Висновки

Уперше із застосуванням підходу Стралера-Філософова представлена внутрішня структура гідрогеоморфологічної системи басейну річки Дніпро, що контролює просторовий розподіл потоків води і наносів. У результаті гідрологічного моделювання виділено 776 суббасейнів розміром від 1,9 до 22680,2 км<sup>2</sup> IV–IX порядків. Живлення головного русла наносами здійснюється за рахунок верхньої і середньої ланок (91,4 %), живлення місцевими наносами нижньої ланки русла Дніпра становить 1,8 %.

Систему різнопорядкових водозбірних суббасейнів можна використовувати як коректно організовану геоморфологічну основу обґрунтування екологічного каркаса басейну річки Дніпро.

Екологічний каркас річкового басейну, в нашому розумінні, – це цілісна структура взаємопов'язаних складових геогідроєко-системи річкового басейну з певними умовами природокористування для кожного суббасейну, що в сукупності геоморфологічних, гідрологічних, агрокліматичних

та соціально-економічних зв'язків утворюють організовану просторово-часову інфраструктуру, яка повинна забезпечувати екологічну стабільність всієї території водозбірного басейну, запобігати втратам біорізноманіття, оздоровлення земельних і водних ресурсів на основі басейнових позиційно-динамічних та адаптивно-ландшафтних принципів. Екологічний каркас річкового басейну виконує свої функції за наявності відповідних правових, економічних та управлінських механізмів, узгоджених на локальному, регіональному, національному та транскордонному рівнях природокористування.

Подальше використання результатів досліджень забезпечить можливість багатоаспектного вивчення і визначення ступеня впливу природно-антропогенних чинників на екологічний стан річки Дніпро з метою їх максимального усунення шляхом розробки оптимізаційних природоохоронних заходів та раціонального природокористування на різних ієрархічних рівнях організації річкового басейну.

### Бібліографія

1. Forecasting of Hydrochemical Regime of the Lower Dnieper Section using Neurotechnologies / V.I. Pichura, Yu.V. Pilypenko, F.N. Lisetskiy, O.E. Dovbysh // Hydrobiological Journal. – 2015. – Vol. 51, № 3. – P. 100–110.
2. Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области / [Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, А.Г. Нарожная, О.А. Чепелев, Я.В. Кузьменко, О.А. Маринина, А.В. Землякова, Ж.А. Кириленко, О.М. Самофалова, Э.А. Терехин, П.А. Украинский]; под ред. Ф.Н. Лисецкого. – Белгород: Константа, 2013. – 89 с.
3. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems / F.N. Lisetskii, Yu.V. Pavlyuk, Zh.A. Kirilenko, V.I. Pichura // Russian Meteorology and Hydrology. – 2014. – V. 39, № 8. – P. 550–557. doi: 10.3103/S106837391408007X.
4. Реки и водные объекты Белогорья / [Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Ж.А. Буряк и др.]; под ред. Ф.Н. Лисецкого; ВОО “Рус. геогр. о-во”; НИУ “БелГУ”. – Белгород: Константа, 2015. – 362 с.
5. Коротный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании / Л.М. Коротный. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. – 163 с.
6. Мильков Ф.Н. Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования / Ф.Н. Мильков // География и природные ресурсы. – 1981. – № 4. – С. 11–17.
7. Швебс Г.И. Проектирование контурно-мелиоративной системы почвозащитного земледелия // Земледелие. – 1989. – № 2. – С. 55–59.
8. Симонов Ю.Г. Речной бассейн и бассейновая организация географической обо-

лочки / Ю.Г. Симонов // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – Вып. 14. – С. 7–32.

9. Смольянинов В.М. Эколого-гидро-логическая оценка состояния речных водо-сборов Воронежской области / В.М. Смольянинов, С.Д. Дегтярев, С.В. Щербинина. – Воронеж: Истоки, 2007. – 133 с.

10. Геопланирование сельских территорий: опыт реализации концепции бассейнового природопользования на региональном уровне / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Землякова, А.Г. Нарожная, Э.А. Терехин, В.И. Пичура, Ж.А. Буряк, О.М. Самофалова, О.И. Григорьева // Вестник ОНУ. – 2014. – Т. 19, вып. 3(22). – С. 125–137. – (Серия: Географические и геологические науки).

11. Buryak Zh.A. GIS maintenance of rural territories geoplanning under basin principles / Zh.A. Buryak, O.I. Grigoreva, Ya.V. Pavlyuk // International Journal of Advanced

Studies. – 2014. – Vol. 4, Is. 2. – P. 56–60. doi: 10.12731/2227-930X-2014-2-8.

12. Буряк Ж.А. Бассейновая организация природопользования в Белгородском экорегионе: / Ж.А. Буряк; автореф. дис. на соискание ученой степени канд. геогр. наук: 25.00.36 – М., 2015. – 23 с.

13. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур / В.П. Философов. – Саратов, 1960. – 68 с.

14. Кацавцева А.Ю. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3 / А.Ю. Кацавцева, В.Д. Шипулин // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2011. – 24(63), № 3. – С. 85–92. – (Серия: География).

15. Дегтярев С.Д. Природоохранные аспекты комплексной оценки водных ресурсов территории ЦЧО: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. геогр. наук / С.Д. Дегтярев; 11.00.11 – Воронеж, 1998. – 20 с.

**Рецензент** – доктор сільськогосподарських наук,  
професор **О.П. Якунін**