

## ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ПОКАЗНИКІВ ОЦІНКИ ЗВ'ЯЗНОСТІ РІЧОК, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В УКРАЇНІ ТА ПОСТРАДЯНСЬКИХ ДЕРЖАВАХ

*М.О. Сліже , к.геогр.н., М.А. Берлінський, д.геогр.н., проф.,  
Ель Хадрі Ю., PhD*

*Кафедра океанології та морського природокористування*

[m.o.slizhe@gmail.com](mailto:m.o.slizhe@gmail.com)

В останні роки паралельні розробки в таких різномірних дисциплінах, як системна біологія, нейронаука, геоморфологія, екологія та наука про соціальні мережі, зосередилися на тому, що стало називатися зв'язністю. У своїй найпростішій формі зв'язність є описом рівня зв'язності всередині системи та відповідає структурованому набору відносин між просторовими та/або часовими різними сутностями [1]. У цих дисциплінах зв'язність була перетворюючою концепцією у розумінні та опису того, що вважається складними системами.

Метою дослідження є огляд методів та метрик за допомогою яких визначають зв'язність річок, а також екологічної зв'язності.

В Україні багато досліджень присвячено питанню впливу господарської діяльності на руслові процеси. Більшість із них, як правило, стосуються окремих факторів господарської діяльності, які впливають на зміни у процесах формування русла. Дослідження [2,3], проведені на більш ніж 20 малих та середніх річках України, показали, що регулювання стоку загалом призводить до зниження інтенсивності прояву руслових процесів (за винятком зони нижнього б'єфу, що безпосередньо прилягає до греблі).

Одним із найпоширеніших видів робіт, що проводяться на руслах річок в Україні, є коригувальні та днопоглиблювальні роботи. Корекційні роботи полягають у зведенні гребель або берегозахисних пристроїв. Днопоглиблювальні роботи мають на увазі видалення ґрунту з судноплавного русла. Комплексне застосування коригувальних та днопоглиблювальних робіт дозволяє максимально повно використовувати транспортні можливості річки. До таких видів робіт належать і кар'єрні роботи з метою вилучення з русла річки піску та гравійно-галькової суміші. Ще однією важливою проблемою для України є вплив осушувальної меліорації на формування русла річки.

**Зв'язність донних відкладень річок**, тобто ступінь зв'язку, який контролює потоки відкладень по всьому ландшафту і, зокрема, між джерелами відкладень і областями нижче за течією, є ключовим питанням у вивченні процесів перенесення відкладень у гірських водозборах. Просторова характеристика моделей зв'язності у водозборі дозволяє оцінити внесок даної частини водозбору як джерела відкладень та визначає шляхи перенесення

відкладень. Надійна оцінка зв'язності відкладень особливо корисна визначення пріоритетів управління [4].

У роботі [5] для кількісної оцінки середньорічних обсягів пухкого уламкового матеріалу, що переміщується всередині та за межі невеликого водозбору, розташованого в середньогірському поясі Великого Кавказу за останні 30–35 років, використовувалася методологія, що дозволяє отримати оцінки обсягів виносу пухкого матеріалу шляхом використання розрахункових методів, що ґрунтуються на ГІС-технологій для оцінки індексу зв'язності потоків наносів (ІС) [6].

Для оцінки зв'язності донних відкладень річок використовують індекс зв'язності осаду. ІС виводиться відповідно до підходу Борселлі та ін [6], які визначили індекс зв'язності як:

$$IC = \log_{10} \left( \frac{D_{up}}{D_{dn}} \right),$$

де  $D_{up}$  і  $D_{dn}$  - висхідні та низхідні компоненти зв'язності, відповідно. ІС визначається в діапазоні  $[-\infty, +\infty]$ , причому зв'язок збільшується для великих значень ІС.

#### **Оцінка екологічної зв'язаності.**

Основним наслідком техноморфогенної трансформації на ландшафтному рівні є збільшення фрагментації ландшафтного покриву. Фрагментація одночасно призводить до зменшення загальної площі місцеперебування тварин (втрата місцеперебування) і збільшення ступеня ізольованості місць проживання тварин (власна фрагментація або ізоляція місцепроживання). Фрагментація є важливим показником екологічного здоров'я.

Екологічні наслідки фрагментації ландшафтів на екосистемному рівні виражаються у: зміні просторового розподілу енергії та речовини у ландшафті; у порушенні міжекосистемних горизонтальних потоків енергії та речовини; у трансформації енергетичного балансу поверхні, особливо на межах плям (наприклад, зміна альbedo, температури та вологості ґрунту, напрямки вітру); вплив на популяції тварин і рослин.

Зростання фрагментації обумовлено комплексом факторів (розвиток транспортної мережі комунікацій, промислове та міське будівництво, лісогосподарська діяльність тощо) та відображає їх кумулятивний ефект. Техноморфогенні перетворення впливають структуру ландшафтного покриву як безпосередньо (зміна площ різних видів землекористування під час створення полігонів відходів, кар'єрів тощо), і опосередковано (через створення інфраструктури, обслуговуючої ці об'єкти). Для оцінки ландшафтно-екологічних змін, спричинених техногенною трансформацією рельєфу, використовуються морфометричні індекси, що розраховуються на основі цифрових моделей рельєфу. Ці показники можуть бути використані для оцінки ризику екзогеодинамічних процесів.

Для оцінки впливу техногенної трансформації рельєфу на ландшафтно-екологічні умови [7] використовувалися такі ландшафтні метрики:

- Edge Density (ED),
- Patch Area Distribution (AREA),
- Landscape Shape Index (LSI),
- Shape Index Distribution (SHAPE),
- Interspersion & Juxtaposition Index (IJI),
- Splitting Index (SPLIT),
- Effective Mesh Size (MESH),
- Shannon's Diversity Index (SHDI),
- Simpson's Diversity Index (SIDI).

Детальний опис цих метрик наведено у [8, 9].

Розраховуються морфометричні індекси: TWI (індекс топографічної зволоженості); LSF (фактор LS – ерозійний потенціал рельєфу); TRI (індекс топографічної розчленованості).

Аналіз TWI дозволяє виявити просторово-часові зміни вологості екотопів, які, своєю чергою, відбиваються на структурі рослинного покриву території.

Зміни TRI чинять як позитивний, так і негативний вплив на навколишнє середовище. Збільшення площі територій із високим ерозійним потенціалом слід вважати однозначно негативним. Збільшення вертикальної розчленованості рельєфу має негативні наслідки, оскільки ускладнює природне та штучне відновлення рослинності.

Стійкість природних геосистем серед техногенних систем [10, 11] можна оцінити з допомогою структури біоцентричної мережі [12, 13].

У 1992 році Україна підписала Конвенцію про біологічну різноманітність та ратифікувала її у 1994 році. Згідно з Механізмом моніторингу Глобальної рамкової програми з біорізноманіття Куньмін-Монреаль, прийнятим на 15-му засіданні Конференції сторін [14], до додаткових показників моніторингу належать:

- індекс динаміки площі водно-болотних угідь,
- індекс фрагментації рік,
- індекс дендритної зв'язаності.

**Подяки.** Це дослідження підтримується проектом «Відновлення вод басейну річки Дунай для екосистем і людей від гір до узбережжя – DANUBE4all». Автори висловлюють подяку Європейському виконавчому агентству з питань клімату, інфраструктури та навколишнього середовища (CINEA) за фінансову підтримку цього дослідження в рамках гранту 101093985.

### Перелік посилань

1. Kool J.T., Moilanen A., Treml E.A. Population connectivity: recent advances and new perspectives. *Landscape Ecol.* 2013. 29:9819. <https://doi.org/10.1007/s10980-012-9819-z>
2. Ободовський О.Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). Київ: Ніка-Центр, 2001. 274 pp.
3. Даус М.Е. Динаміка руслових потоків і руслових процесів: конспект лекцій. Одеса, ОДЕКУ, 2017. 158 p.
4. Cavalli M., Crema S., Marchi L. 2014. Guidelines on the Sediment Connectivity ArcGis Toolbox and Stand-alone Application (no Release 1.0) (1–33).
5. Харченко С.В. та ін. Темпи сучасної денудації малого вододілу в середньогірній зоні Великого Кавказу (на прикладі вододілу Гітче-Гіжгіт). *Вестн. Московський ун-та. Сер. 5. Геогр.* 2023. Т. 78. No. 3. С. 38–51 DOI: [10.55959/MSU0579-9414.5.78.3.4](https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.78.3.4)
6. Borselli L., Cassi P., Torri D. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. *Catena.* 2008. no. 75(3). p. 268–277, DOI: [10.1016/j.catena.2008.07.006](https://doi.org/10.1016/j.catena.2008.07.006).
7. Gusev A.P. Landscape-ecological assessment of technogenic changes in relief. *Geographical aspects of sustainable development of regions. Collection of scientific papers.* Gomel: BelSUT, 2013. pp. 125-132.
8. Cushman S.A. Parsimony in landscape metrics: Strength, universality, and consistency. *Ecological Indicators.* 2008. Vol. 8. P. 691–703.
9. McGarigal K. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps, project homepage / K. McGarigal, S.A. Cushman, M.C. Neel, E. Ene. University of Massachusetts. Amherst, 2002. [http:// www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html).
10. Гродзинський, М. Д. Основи ландшафтної екології: Підручник / М. Д. Гродзинський. Київ: Либідь, 1993. 224 с.
11. Гродзинський М. Д. Пізнання ландшафту: місце і простір. Монографія. У 2 т. / М.Д.Гродзинський. Київ: «Київський університет» 2005. Т. 1. 431 с.; Т.2. 503 p.
12. Крижановський Є., Нагорна А. Розробка біоцентричної мережевої структури екомережі міста Вінниці з використанням геоінформаційних технологій. *Східноєвропейський журнал передових технологій.* 2014. 6/10(72). 8-12. DOI: [10.15587/1729-4061.2014.29275](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.29275)
13. Удовиченко В. Біоцентрично-мережева конфігурація ландшафту метризації в межах території лівобережної річки Дніпро України. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Географія.* 2017. 1-2 (66-67), 70-77 (in Ukrainian).
14. CBD/COP/DEC/15/5. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-05-ru.pdf>