

УДК 504.4:556:631:551.58:519.2:528.94  
DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2021.1.14>

## ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН БАСЕЙНУ РІКИ ДНІПРО ТА УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМУ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НА ВОДОЗБІРНІЙ ТЕРИТОРІЇ

*Пічура В.І. – д.с.-з.н., професор,*

*Потравка Л.О. – д.е.н., професор,*

*Херсонський державний аграрно-економічний університет,  
pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com*

Однією з найбільших транскордонних річок Європи є Дніпро з площею басейну близько 511 тис. км<sup>2</sup>, 57,3 % якого розташовані в межах України. Басейн Дніпра охоплює понад 48 % території України й акумулює близько 80 % її водних ресурсів, які забезпечують продовольчі та питні потреби більше 70 % українців. Визначено, що значну роль у деструкції екологічної ситуації в басейні відіграють вирубування лісів, «хімізація» сільського господарства, гідромеліорація, створення та функціонування каскаду дніпровських водосховищ, інтенсивне використання водних ресурсів і скидання значних обсягів забруднених вод. Дослідження стану басейнових ландшафтних територіальних структур і типізацію території басейну Дніпра за ступенем агрогенної трансформації здійснено за авторськими методиками на основі ГІС і ДЗЗ-технологій. В результаті досліджень здійснена типізація суббасейнів у водозборі Дніпра, що дозволило виділити три групи за основними визначальними класифікаційними ознаками (лісистість, еродованість і розораність території, в т. ч. схилів). Встановлено, що близько 313 суббасейнів із загальною площею 172,5 тис. км<sup>2</sup> (33,7 % від площі водозбору Дніпра) мають слабку або помірну ступінь агрогенного порушення, 83 суббасейни (62,8 тис. км<sup>2</sup>, або 12,3 %) – середню ступінь порушення, 380 суббасейнів (275,7 тис. км<sup>2</sup> або 54 %) мають від сильного до катастрофічного ступеня агрогенного порушення та потребують першочергового розроблення та впровадження ґрунто- та водоохоронних заходів природокористування. Запропоновано концептуальну модель еколого-раціональної експлуатації території транскордонного басейну, обґрунтована ієрархічна модель організації геоінформаційно-аналітичної системи моніторингу та управління басейновим природокористуванням.

Ключові слова: водозбірний басейн, екологічний стан, ландшафтні територіальні структури, лісистість, еродованість, розораність, деградація, типізація, моделювання, річка Дніпро, ГІС, ДЗЗ.

---

**Постановка проблеми.** Загальна площа басейну ріки Дніпро складає 511 тис. км<sup>2</sup>, довжина річки в природному стані (до зарегулювання) становила 2285 км, тепер (після побудови каскаду водосховищ) – 2201 км, зокрема, у межах України – 1121 км, Білорусі – 595 км, Росії – 485 км.

Близько 19,8 % водозбірної площі басейну Дніпра знаходиться в межах шести областей Російської Федерації, 22,9 % – у межах п'яти областей Республіки Білорусь. Близько 57,3 % Найбільша частина водозбірної площі басейну (57,3 %), розташована в межах дев'ятнадцяти областей України.

Басейн Дніпра охоплює понад 48 % території України й акумулює близько 80 % її водних ресурсів, що забезпечують продовольчі та питні потреби більше 70 % українців. На території басейну ріки зосереджені великі промислові комплекси (розміщено понад 60 % вітчизняного промислового виробництва), сільськогосподарські угіддя (агрогенна трансформація басейну загалом складає більше 55 %, а в межах української частини басейну – більше 70 %), одні з найбільших міських агломерацій [1].

Основним джерелом формування водності ріки є снігові (50 %), дошові (24 %) і підземні води (26 %). Близько 80 % водності р. Дніпро формується у верхній частині її басейну. Водний стік Дніпра становить у середньому 53 км<sup>3</sup> на рік (у маловодні роки – не більше 32 км<sup>3</sup>). У басейні Дніпра протікає 15381 малих річок, сумарна їх довжина – 67156 км. Середня густина річкової мережі становить 0,30 км/км<sup>2</sup>. Сумарні прогнозні ресурси підземних вод у басейні складають близько 24,0 км<sup>3</sup>/рік, в т.ч. більше 13,0 км<sup>3</sup>/рік підземних вод, які не мають гідралічного зв'язку з поверхневим стоком [2–7].

Лісові ресурси на території басейну Дніпра розподілені дуже нерівномірно, їх площа складає близько 13,0 млн. га. Середній рівень лісистості становить 17 %, змінюючись від 25 % у верхній частині басейну до 15 %, 7 % і менше в середній і нижній частинах відповідно.

Біорізноманіття басейну ріки Дніпро нараховує більше 90 видів риб, близько 182 видів птахів і більше 2500 видів рослин, значна частина яких зосереджена на заповідних і територіях під особливою охороною. Існує більше 35 заповідних і природних територій під особливою охороною, що займають близько 1,6 % (8100 км<sup>2</sup>) загальної площі водозбору, 25 % із яких має штучне походження [2–7].

Обсяги використання водних ресурсів басейну Дніпра складають більше 5000 млн. м<sup>3</sup> на рік, якими живляться 50 великих міст і промислових центрів, понад 10000 підприємств, 2200 сільськогосподарських підприємств, понад 1000 комунальних господарств, а також зрошувальні системи Півдня України, переважна більшість якої розташовано у Херсонській області. З використаної води, близько 60 % припадає на виробничі потреби, на зрошення 13 %, на господарсько-питні потреби – 21 %, сільськогосподарське водопостачання – 2 % [2; 3].

Значну роль у деструкції екологічної ситуації в басейні відіграють вирубування лісів, «хімізація» сільського господарства, гідромеліорація,

створення та функціонування каскаду дніпровських водосховищ, інтенсивне використання водних ресурсів (більше 5000 млн. м<sup>3</sup> на рік) і скидання значних обсягів забруднених вод (більше 400 млн. м<sup>3</sup> на рік) тощо [1–12]. Така потужна за масштабами проявів і інтенсивністю впливу трансформація територій і акваторій басейну Дніпра зумовила пошук шляхів оптимізації природокористування та інтегрованого управління в басейні ріки.

**Постановка завдання.** Здійснити комплексну оцінку екологічного стану басейну Дніпра та типізацію водозбірної території за ступенем агрогенної трансформації, удосконалити механізм організації природокористування на території транскордонного басейну.

**Матеріали і методи досліджень.** Для оцінки геоecологічної ситуації в басейні ріки Дніпро за методикою М.С. Белова [13] використано базовий показник *Пб*, який представляє собою суму балів значень базових параметрів (табл. 1) і знаходиться в межах від 6 до 30 балів. За величиною базового показника розрізняють чотири рівні геоecологічної ситуації в річковому басейні: 1 – умовно задовільна геоecологічна ситуація, *Пб* = 6–12 балів; 2 – конфліктна геоecологічна ситуація, *Пб* = 13–18 балів; 3 – напружена геоecологічна ситуація, *Пб* = 19–24 бала; 4 – критична геоecологічна ситуація, *Пб* = 25–30 балів.

Дослідження стану басейнових ландшафтних територіальних структур у водозборі проводиться із застосуванням авторської методики великомасштабної оцінки неоднорідності мозаїчного агроландшафту та морфометричних характеристик рельєфу територій басейнів річок на основі ГС і ДЗЗ-технологій.

Дешифрування даних дистанційного зондування Землі та використання серії коректно каліброваних супутникових знімків *MODIS* (геометричне розрізнення – 230×230 м) забезпечують можливість визначення співвідношення просторового розподілу стабілізуючих (природні) та дестабілізуючих (агрогенні) угідь на великих транскордонних територіях басейнів річок. Джерело актуальних даних космічних знімків із різних супутникових апаратів розміщені на офіційному сайті геологічної служби США (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Просторову інтерпретацію диференціації дестабілізуючих угідь (розораність території) здійснено із використанням серії космічних знімків *MODIS* за квітень і серпень. Дешифрування знімків здійснюється на основі значень безрозмірного показника *NDVI* (нормалізованого диференціального вегетаційного індексу) в межах 0,3–0,4. Розораність території для всієї території басейну Дніпра визначалася за даними суперпозицій космічних знімків *MODIS* станом на 23.04.2020 р. і 13.08.2020 р.

**Таблиця 1. Шкала базових параметрів оцінки екологічної ситуації в річкових басейнах**

№ п/п	Параметри	Градація	Бал
1	Коефіцієнт густоти річкової мережі, км/км <sup>2</sup>	< 0,94	1
		0,94-1,04	2
		1,05-1,14	3
		1,15-1,24	4
		> 1,24	5
2	Лісистість території, %	> 70	1
		61-70	2
		51-60	3
		40-50	4
		< 40	5
3	Середня густина населення, люд./км <sup>2</sup>	< 5	1
		5-10	2
		11-15	3
		16-20	4
		> 20	5
4	Коефіцієнт господарського використання земель, %	< 20	1
		20-40	2
		41-60	3
		61-80	4
		> 80	5
5	Призначення річки	Рибогосподарське	1
		Питне	2
		Рекреаційне	3
		Транспортне	4
		Комплексне	5
6	Об'єм скиду забруднених вод, тис. м <sup>3</sup> /рік	< 5,0	1
		5,1-10,0	2
		10,1-15,0	3
		15,1-20,0	4
		> 20,0	5

Розподіл стабілізуючих угідь у значній мірі визначається просторовою диференціацією лісових масивів і лісополос. Враховуючи, що значення *NDVI* добре корелює з надземною фітомасою рослинності, дешифрування та визначення площ лісових масивів за даними *MODIS* слід визначати в пік їх вегетаційної активності (червень місяць) за максимальними значеннями *NDVI* – більше 0,8. Додаткове уточнення просторового розподілу хвойних лісів здійснюється за космічними знімками зимового періоду зі значеннями *NDVI* більше 0,6. Оперативне великомасштабне дослідження території водозбірного басейну річки за даними *MODIS* проводиться для приблизних оцінок розподілу стабілізуючих і дестабілізуючих угідь. Для

детальної оцінки на локальному територіальному рівні слід додатково використовувати космічні знімки супутникового апарату *Landsat* із просторовим дозволом до 15 м.

Важливим показником ерозії є ерозійний потенціал рельєфу, який визначається довжиною та крутизною схилу, експозицією схилу. Тому додатковими підсилюючими критеріями деструкції стану басейнових ландшафтних територіальних структур є їх морфометричні характеристики, інтерпретація яких забезпечує отримання додаткових растрових моделей розподілу схилів більше  $1^\circ$ , у т. ч. розораних схилів і схилів південної експозиції, які визначаються на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР) із використанням модуля *Surface of Spatial Analyst Tools* і *Overlay analysis*. Наступним кроком із застосуванням модуля *Zonal Statistics of Spatial Analyst Tools* програми *ArcGIS* визначається частка (у %) стабілізуючих і дестабілізуючих угідь, частка земель на схилах більше  $1^\circ$ , в т. ч. розораних схилів і схилів південної експозиції в межах структурних територіальних одиниць (суббасейнів) транскордонного водозбору.

Частка еродованої ріллі розраховується зі застосуванням регресійного рівняння [14] залежності еродованої ріллі від площі орних земель на схилах крутизною більше  $1^\circ$ , яке має наступний вигляд:

$$E_p = 1,726x_1 + 4,567, r^2 = 0,80, \quad (1)$$

де  $E_p$  – еродована рілля, %;

$x_1$  – площа орних земель на схилах більше  $1^\circ$ , %.

*Типізація території басейну за ступенем агрогенної трансформації* здійснюється у відповідності до авторської методики типізації територій водозбору та інтегральної оцінки їх стану за рівнем агрогенної трансформації та водно-ерозійної деструкції ландшафтних структур басейнів річок на основі ГІС-технологій дозволяє здійснювати просторову типізацію водозбірної території за станом агрогенної трансформації стану басейнових ландшафтних територіальних структур та інтенсивністю проявів водно-ерозійних процесів із застосуванням модуля кластерного аналізу *Grouping analysis of Spatial Statistics Tools of ArcGIS* [15–17]. Кластерний аналіз виконує процедуру класифікації, яка визначає природу кластеру в даних. Використовуючи вказану кількість груп, інструмент шукає рішення, в якому всі об'єкти в кожній групі найбільш схожі, а самі групи максимально відрізняються одна від одної. Ефективність групування (кластеризації) вимірюється за допомогою псевдо  $F$ -статистики Калінські-Харабаза (*Kalinski-Kharabaza*), яка також відображає подібність об'єктів в групі та відмінність між групами:

$$F = \frac{\left( \frac{R^2}{n_c - 1} \right)}{\left( \frac{1 - R^2}{n - n_c} \right)}, \text{ де } R^2 = \frac{SST - SSE}{SST}, \quad (2)$$

де  $SST$  – відображає різницю між групами;  $SSE$  – подібність усереднені групи;

$$SST = \sum_{i=1}^{n_c} \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{n_v} (V_{ij}^k - \bar{V}^k)^2 \quad (3)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^{n_c} \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{n_v} (V_{ij}^k - \bar{V}_i^k)^2 \quad (4)$$

де  $n$  – кількість просторових об'єктів;  $n_c$  – кількість просторових об'єктів у групі  $i$ ;  $n_c$  – кількість класів (груп);  $n_v$  – кількість змінних, які використовуються для групування об'єктів;  $V_{ij}^k$  – значення  $k$ -ї змінної для  $j$ -го просторового об'єкту в  $i$ -й групі;  $\bar{V}^k$  – середнє значення  $k$ -ї змінної;  $\bar{V}_i^k$  – середнє значення  $k$ -ї змінної в групі  $i$ .

Групування суббасейнів транскордонної водозбірної території здійснюється автоматично за шістьма показниками: стабілізуючі – лісистість; дестабілізуючі – розораність, частка територій зі схилами більше  $1^\circ$ , зі схилами південної експозиції, розораних схилів, наявність еродованої ріллі. Ступінь агрогенної трансформації стану ландшафтних територіальних структур транскордонного басейну здійснюється за трьома групами: I група – суббасейни з непорушеними та слабо порушеними ландшафтними територіальними структурами (ЛТС); II група – суббасейни з високим ступенем агрогенної трансформації ЛТС; III – суббасейни з високим ступенем агрогенної трансформації ЛТС і ґрунтово-ерозійною небезпекою.

Для інтегральної оцінки стану територій транскордонного водозбору за рівнем агрогенної трансформації та водно-ерозійної деструкції ландшафтних структур у межах різнопорядкових суббасейнів використовується метод просторової інтерполяції ймовірнісного кригінгу програми ArcGIS.

Ймовірнісний кригінг використовує змінні індикатори (від 0 до 1) і вихідні безперервні значення даних для розрахунку ймовірності їх відхилення від заданого значення середньої координати, якій надається значення близько 0,5. Значення 0,5 устанавлюється рівним гранично допустимій наявності частки площ дестабілізуючих чинників: загальна розораність ( $ЗР$ ) – менше 30 %, частка еродованої ріллі ( $Е$ ) – менше 20 %, частка розораних схилів ( $РС$ ) – менше 10 %, частка схилів південної експозиції ( $СПЕ$ ) – менше 25 %. У результаті геомодельовання створюють інтерполяційні растри вхідних значень у єдиних межах від 0 до 1, де значення

«0» відповідає низькому або мінімальному ступеню порушення басейнових ЛТС, значення «1» надано відповідно суббасейнам із максимальним або високим ступенем порушення ЛТС. Із використанням алгебри карт розраховується середньоарифметичне значення суми растрів розподілу дестабілізуючих чинників і створюється інтегральна модель (ІРМ) транскордонної водозбірної території за рівнем агрогенної трансформації та водно-ерозійної деструкції басейнових ЛТС:

$$IPM = \frac{3P + E + PC + СПЕ}{4} \quad (5)$$

Ступінь трансформації визначається за вимірною шкалою від 0 до 1, яка складається з 6-ти кількісно-якісних ділень: відсутня або слабка (0–0,1), помірна (0,1–0,3), середня (0,3–0,5), сильна (0,5–0,7), дуже сильна (0,7–0,8), катастрофічна (0,8–1,0).

Опрацювання та візуалізація статистичної, картографічної інформації та результатів дослідження здійснювалися за допомогою пакетів програм Statistica, ArcGIS.

**Результати досліджень та їх обговорення. Екологічний стан басейну ріки Дніпро.** В результаті проведення водоочисних заходів, що відбуваються з використанням застарілих і неефективних систем водовідведення та водоочистки, скидання забруднених вод у ріку Дніпро становить більше 400 млн. м<sup>3</sup> на рік. Окрім цього, спостерігаються систематичне забруднення ріки Дніпро каналізаційно-поверхневими стоками урбосистем приміської акваторії і розподілу поліюгантів за її межами в напрямку течії. Таким чином, якість дніпровської води погіршується підвищеним рівнем біогенних речовин (азоту амонійного, фосфатів), які поступово акумулюються в напрямку течії р. Дніпро, а їх концентрація у поверхневих водах зростає у 6,4 рази [4]. Їх накопичення призводить до погіршення якості води практично за всіма гідрофізичними, гідрохімічними, гідробіологічними та санітарно-гігієнічними показниками. За значенням модифікованого індексу забруднення вода у середній та нижній течії річки Дніпро класифікується як «надзвичайно брудна». В майбутньому це загрожує біологічно-генетичною деградацією населення України та негативно позначиться на економічному розвитку господарського комплексу [18; 19]. Такі зміни загрожують екосистемі Дніпра екологічною катастрофою та повним її знищенням.

Ґрунти, поверхневі та підземні води транскордонної водозбірної території мають високий ступінь забруднення, їх очищення при наявних технологіях стає неможливим. Забруднення води та водозбірних ландшафтів великою кількістю хімічних сполук, більшість із яких не властива живому, призвело до зміни в багатьох річках басейну природного хімічного стану води й різко ускладнило одержання якісної питної води на очисних

спорудах. Негативне втручання людини в екосистему басейну р. Дніпро призвело до втрати та збідніння біорізноманіття. З початку XVII століття людська діяльність і зміни абіотичних факторів призвели до зникнення 238 видів біорізноманіття. Через широкомасштабну меліоративну діяльність зникла та скоротилася низка найбільш цінних, унікальних і еталонних спільнот дубових, ясеневих, липових, чорноольхових та ільмових лісів, а також флористичних і фауністичних комплексів. Установлено, що за останні 100 років зі складу флори зникли 25 видів вищих судинних, а близько 40 видів тварин втратили середовище існування. Заплава річки Дніпро на території України втратила свої природні характеристики в результаті будівництва каскаду водосховищ, великі площі ділянок із природною рослинністю були затоплені, що призвело до значних змін в екосистемі басейну ріки Дніпро.

Інтенсивне використання природних ресурсів басейну Дніпра призвело до серйозних екологічних проблем, основні з яких: зміна гідрологічного режиму поверхневих вод і поступове заболочення річок; затоплення та систематичне підтоплення територій; забруднення поверхневих і підземних вод; гідромеліорація земель; незадовільний технічний стан очисних споруд; забруднення радіонуклідами; процес евтрофікації; зміна й утрата природних екосистем і збіднення біорізноманіття; розвиток ерозійних процесів і абразія берегів [1–8].

У цілому стан біологічних ресурсів лісів, водно-болотних угідь і степів басейну є незадовільним. Екосистеми басейну ріки піддаються значним антропогенним впливам, особливо на території України. Біологічні ресурси басейну погіршуються та виснажуються швидкими темпами, що вимагає негайних дій щодо забезпечення їх відтворення та загального поліпшення екологічної ситуації в басейні.

Актуальною проблемою каскаду дніпровських водосховищ і особливо для Нижнього Дніпра є погіршення властивостей води в результаті евтрофікації водойм («цвітіння» води) – різкого підвищення біологічної продуктивності синьо-зелених водоростей (найчастіше спровокованої антропогенною діяльністю), що здійснює біологічне забруднення водойм обумовлене накопиченням у водній масі з'єднань біогенних речовин – сполук фосфору й азоту, які спричиняють різке зниження вмісту кисню у воді, підвищення рН, випадання в осад карбонату кальцію, гідроксиду магнію, що призводить до негативних наслідків для всієї екосистеми водойми. Після періоду «цвітіння» у мілководних зонах деструкція відмерлої біомаси синьо-зелених водоростей обумовлює надходження в придонний шар води їх мулових відкладень близько 17,1 тис. тонн мінерального азоту і 0,6 тис. тонн мінерального фосфору. Ємність поглинання мулу перевищує цей показник для ґрунтів і досягає 60 мг-екв на 100 г абсолютно сухого



мулу. Мілководні акваторії з евтрофним статусом формуються в зонах застою води з підвищеним температурним режимом і займають до 40 % площі каскаду дніпровських водосховищ – близько 2,8 тис. км<sup>2</sup>. Понижзя Дніпра має високий ступінь зарегулювання, на окремих ділянках акваторії індекс трофічного стану перевищує значення 70, що відповідає гіпертрофному статусу із брудними і дуже брудними поверхневими водами [8]. Тривале підсилення евтрофікації водоймищ дніпровського каскаду сприяє збільшенню концентрації біогенних елементів, домінуванню в фітопланктоні синьо-зелених водоростей, зниженню прозорості, зростанню вмісту органічної речовини, значному погіршенню водної екосистеми та зниженню біопродуктивності Дніпра. Питання ізоляції мілководних територій дніпровських водосховищ у минулі роки активно обговорювалося, розроблялися проекти обвалування, місцями споруджувалися дамби, однак проблема відновлення та раціонального використання затоплених ґрунтів донині не вирішена. Тому, одними із напрямів боротьби із біологічним забрудненням рік Дніпро у мілководних акваторіях є зниження щільності синьо-зелених водоростей шляхом їх вилучення та утилізації для видобутку біогазу (технологія переробки і видобутку горючого метану Кременчуцького національного університету) і виробництва біоорганічного добрива. Це дозволить забезпечити дешевим метаном і добривом фермерські господарства та поліпшити екологічний стан р. Дніпро, їх прибережних населених пунктів і місць відпочинку, збільшити продуктивність риби, а також знизити витрати на очищення питної води. Реалізація такого напрямку сприятиме вирішенню питань енергетичної незалежності і продовольчої безпеки регіонів України.

Актуальним на сьогодні є проблема прискорення процесів водної ерозії ґрунтів [9], яка відноситься до найбільш небезпечних деградаційних процесів, що завдають значних економічних і екологічних втрат [10]. Ерозія ґрунтів є потужним гідролого-екологічним фактором для водозбірної території р. Дніпро. Через переважаність водного потоку зваженими наносами прискорюється процес замулення річок, ставків і водосховищ території транскордонного басейну. Наноси, що відкладаються в руслах річок, порушують їх русловий процес. Більше того, через відкладання наносів багато малих річок у щільно населених районах уже перетворилися на ланцюг роз'єднаних б'єфів. Подібні річки недостатньо дрениують ґрунтові води, що призводить до систематичного підтоплення населених пунктів. Із продуктами ерозії в річки та водойми надходить значна кількість біогенних речовин. Яри та балки висушують територію, позбавляючи річки сталого ґрунтового живлення, крім того, ці процеси призводять до загальної деградації басейну річок, зниження врожайності та деградації агроландшафтів. Винесення зі змитим ґрунтом гумусу та поживних

речовин зумовлює погіршення його фізичних властивостей і зниження родючості, зниження на еродованих землях урожайності сільськогосподарських культур у середньому на 10–60 % і збільшення витрат на їх агро-меліорацію. Також, поступово відбувається абсолютне зменшення обсягів земельних ресурсів із високим ступенем родючості ґрунтів, що є основним засобом виробництва в землеробстві. Зокрема, щорічно ґрунти втрачають 400–500 кг/га органічної речовини, які майже не відновлюються. В Україні використовують в основному мінеральні добрива через відсутність органічних, які надходили з галузі тваринництва. Тваринництво щорічно продукувалося 270 млн. т гною, а нині – лише 20 млн. т. За останні 100 років вміст гумусу в чорноземах зменшився з 13–14 % до 3–5 %, а за останні 20 років, у середньому по Україні, цей показник зменшився на 0,22 % в абсолютних величинах – з 3,36 до 3,14 % [11]. Це свідчить про суттєві відхилення, оскільки для збільшення гумусу в ґрунті на 0,1 % в природних умовах необхідно 25–30 років.

Процеси замулення дніпровських водосховищ відбувається досить швидкими темпами. Середньорічне накопичення наносів у окремих водосховищах складають більше 22 млн. т на рік. За рахунок вимивання добрив із ґрунту зливовими стоками у водосховища надходить більше 10 тис. тонн мінерального азоту і 850 тонн мінерального фосфору. В результаті ґрунтово-ерозійних процесів концентрація азоту у воді щорічно збільшується на 0,05 мг/дм<sup>3</sup>, без урахування часткового його надходження в донні відклади, які провокують «цвітіння» води. Переважно в окислювальних умовах навесні та восени мулисті відкладення виділяють за добу в середньому 27 мг/м<sup>2</sup> амонію і 0,7 мг/м<sup>2</sup> фосфору [12]. Після періоду «цвітіння» деструкція відмерлої біомаси синьо-зелених водоростей обумовлює надходження в придонний шар води їх мулових відкладень близько 17,1 тис. тонн мінерального азоту і 0,6 тис. тонн мінерального фосфору. Ємність поглинання мулу перевищує цей показник для ґрунтів і досягає 60 мг-екв на 100 г абсолютно сухого мулу. Для обмеження процесу евтрофікації водосховищ необхідно впроваджувати протиерозійні заходи, покращувати ґрунтові умови, які сприятимуть фіксації добрив, доцільно ізолювати території мілководдя. Питання ізоляції мілководних територій дніпровських водосховищ у минулі роки активно обговорювалося, розроблялися проекти обвалування, місцями споруджувалися дамби, однак проблема відновлення та раціонального використання затоплених ґрунтів донині не вирішена.

Ґрунтовий покрив мілководних ділянок до затоплення відрізнявся строкатістю, переважали ґрунти високого та середнього рівнів родючості. Низькородючі ґрунти (піщані, змиті, сильно солонцюваті) займали близько 25 % території. Із початком затоплення ґрунтів навесні й до періоду скидання води в ґрунтах мілководь відбуваються деструктивні процеси, що

сприяють вивільненню біогенних елементів і їх міграції в товщу води та перерозподіл у нижній профіль ґрунту. Органічна речовина в ґрунтах постійно оновлюється за рахунок щорічного надходження біомаси вищої водної рослинності та відмерлих водних організмів – органічного детриту. Його перетворення супроводжується зміною мінерального складу ґрунтів, причому активно проявляється процес елювіювання – руйнування алюмосилікатної частини та збіднення верхнього шару ґрунтів півтораоксидами.

Вищеперелічені негативні процеси призвели до деградації всієї екосистеми басейну Дніпра, зокрема до погіршення якості води. Це значно ускладнило проблему одержання якісної питної води на водопровідних станціях. Водопровідні очисні споруди вже не можуть перешкодити надходженню до питної води значної кількості неорганічних і органічних забруднюючих речовин, які становлять загрозу здоров'ю населення України. Проблема загострюється також через застарілі технології підготовки питної води, які передбачають застосування хлору, зокрема для знешкодження продуктів розпаду фітопланктону, внаслідок чого в питній воді утворюється велика кількість токсичних канцерогенних хлороорганічних сполук, що мають кумулятивну дію. Неякісна вода є однією з причин зростання рівня таких захворювань, як злоякісні новоутворення, хвороба шлунку, печінки тощо. В результаті аналізу еколого-демографічної ситуації за останні 26 років встановлено [20], що найбільш інформативними індикаторами захворюваності, які відображають порушення екологічного стану екосистеми басейну Дніпра, є прояви злоякісних пухлин і захворюваність сечової системи в людини. Співвідношення кількості вперше зареєстрованих випадків у людей злоякісних новоутворень до загальної чисельності постійно проживаючого населення в містах басейну Дніпра за період спостережень підвищилось в 1,2–1,8 рази. В структурі онкозахворювань населення України переважають на злоякісні новоутворення органів травлення – близько 28 %, статевих органів – до 21 %. Захворюваність сечостатевої системи за останні 26 років збільшилась у 1,7 рази.

**Геоекологічна ситуація та стану басейнових ландшафтних територіальних структур на водозбірній території ріки Дніпро.** У відповідності до методики М. С. Белова [13] нами визначена оцінка поточної екологічної ситуації в басейні Дніпра. За сумою базових показників вона розцінюється як критична ( $Пб = 25$  балів): середня густина річкової мережі –  $0,30 \text{ км/км}^2$ , максимальне значення  $0,50\text{--}0,70 \text{ км/км}^2$  ( $Пб = 1$  бал); лісистість території –  $34,3 \%$  ( $Пб = 5$  балів); середня густина населення –  $47,7 \text{ люд./км}^2$  ( $Пб = 5$  балів); коефіцієнт господарського використання земель більше  $60 \%$  ( $Пб = 4$  бали); призначення річки – комплексне ( $Пб = 5$  балів); за даними Дніпровського басейнового управління водних ресурсів у поверхневі води басейну Дніпра щорічно скидається

стічних вод від 2918 млн. м<sup>3</sup> до 3446 млн. м<sup>3</sup>, у тому числі чистих і нормативно-очищених – 78,0 %, забруднених – 22,0 % (*Пб* = 5 балів).

За авторською методикою оцінки неоднорідності мозаїчного агроландшафту та морфометричних характеристик рельєфу територій басейнів річок на основі ГІС і ДЗЗ-технологій здійснена великомасштабна оцінка просторової диференціації середовищестабілізуючих угідь (лісів), яка показала, що лісистість басейну Дніпра за окремими його суббасейнами варіює від 0 % до 95 % (рис. 1а): 516 суббасейнів із загальною площею 324,4 тис. км<sup>2</sup> (63,5 % від площі водозбору Дніпра) мають менше 20 % лісних масивів; ступінь лісистості в межах 20–40 % мають 143 суббасейни з площею 110,1 тис. км<sup>2</sup> (21,5 %); лісистість більшу 40 % мають 117 суббасейнів із площею 76,5 тис. км<sup>2</sup> (15 %).

Розораність в окремих суббасейнах розподілена достатньо нерівномірно (рис. 1б): 299 суббасейнів (32,3 % від площі водозбору Дніпра) мають високостійкі та стійкі ландшафти з розораністю 30 % і менше; середню та мінімальну стійкість ландшафтів (розораність – 30–40 %) мають 61 суббасейн (12,9 %); розораність у межах 40–50 % і відповідно граничностіткі ландшафти мають 72 суббасейни (18,2 %); нестійкий і руйнівний ступінь (більше 50 %) ландшафтів мають 344 суббасейни (42,0 % водозбору Дніпра). Така структура просторової диференціації співвідношення розораності та лісистості у водозборі вказує на значну трансформацію ландшафтних структур більше ніж 60 % території басейну Дніпра.

Ерозійна небезпека водозбірних суббасейнів залежить від наявності частки агроландшафтів із схилами крутизною більше 1°. Близько 72 % водозбірних суббасейнів мають більше 20 % ландшафтів, що розміщені на схилах (рис. 1в). Установлено, якщо частка схилів південної експозиції перевищує 25 %, то рельєф басейну характеризується підвищеним ерозійним потенціалом при сніготаненні. Майже 12,7 % території басейну віднесені до цієї категорії (рис. 1г). Розораність схилів окремих суббасейнів досягає 64 %, у т. ч. 180 суббасейнів (25,0 %) мають частку розораних схилів більше 20 % (рис. 1д). Ступінь еродованості ґрунтів (рис. 1е) варіює від 0,13 % (відсутня) до 74,5 % (катастрофічна). Від середнього до катастрофічного ступеню еродованості ґрунтів мають 340 суббасейнів із загальною площею 250,8 тис. км<sup>2</sup> (49,0 %).

**Типізація території басейну за ступенем агрогенної трансформації.** Оцінка екологічної ситуації в басейні ріки Дніпро проведена за авторською методикою типізації територій водозбору та узагальненої оцінки його стану за рівнем агрогенної трансформації та водно-ерозійної деструкції ландшафтних структур басейнів річок на основі ГІС-технологій. Типізація різнопорядкових суббасейнів у водозборі Дніпра здійснена з використанням інструменту Grouping analysis of Spatial Statistics Tools за комплексом показ-

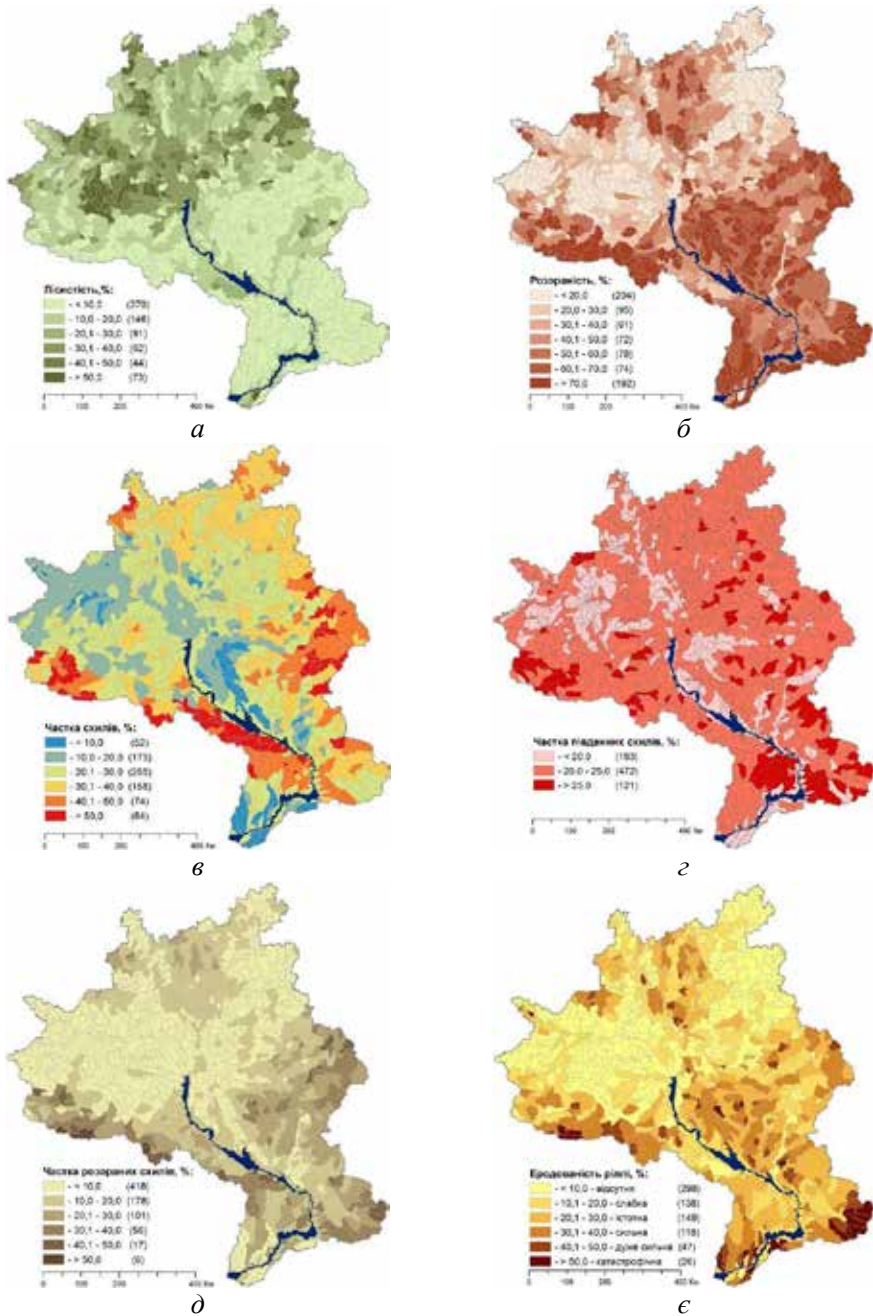


Рис. 1. Просторові моделі розподілу стабілізуючих і дестабілізуючих складових стану базейнових ландшафтних структур (%) у водозборі р. Дніпро: а – лісистість; б – розораність; в – частка схилів; г – частка схилів південної експозиції; д – розораність схилів; е – еродованість рілля

ників (табл. 2): лісистість, розораність, частка схилів більше 1°, частка розораних схилів, частка схилів південної експозиції та еродованість ґрунтів. Це дозволило виділити три групи (рис. 2, табл. 3) за основними визначальними класифікаційними ознаками (лісистість, еродованість і розораність території, в т. ч. схилів). Розораність і еродованість ґрунтів дає уявлення про масштабні результати тривалого агрогенного навантаження та сучасного стану ландшафтних територіальних структур басейну р. Дніпро [21].

**Таблиця 2. Розподіл різнопорядкових суббасейнів за чинниками агрогенної трансформації стану басейнових ландшафтних структур водозбору р. Дніпро**

Показники		Частка в границях водозбірних суббасейнів, %						Всього, км <sup>2</sup>
		<10	10-20	20-30	30-40	40-50	>50	
Лісистість	S	198792,7	125631,1	59463,7	50640,4	31467,0	45005,1	511000
	%	38,9	24,6	11,6	9,9	6,2	8,8	100
Розораність	S	40865,2	57972,2	66104,7	38574,2	93048,6	214435,1	511000
	%	8,0	11,3	12,9	7,5	18,2	42,0	100
Схилів більше 1°	S	16612,51	92872,06	176890,4	134982,5	48567,1	41075,44	511000
	%	3,3	18,2	34,6	26,4	9,5	8,0	100
Розораних схилів	S	223917,6	159686,1	77119,09	38679,22	9297,2	2300,799	511000
	%	43,8	31,2	15,1	7,6	1,8	0,5	100
Еродованість ріллі	S	151620,3	108608,2	117436,6	88332,11	29523,4	15479,4	511000
	%	29,7	21,3	23,0	17,3	5,8	3,0	100

**Таблиця 3. Типізація суббасейнів у водозборі Дніпра за рівнем агрогенної трансформації стану ландшафтних територіальних структур**

Групи	Розораність	Лісистість	Еродованість ріллі	Частка схилів	Розораність схилів	Частка схилів південної експозиції
	%					
I	19,3±8,7	29,8±11,5	5,8±4,3	26,4±8,9	5,0±3,8	21,3±2,2
II	75,7±15,1	6,9±4,4	21,5±11,4	16,6±8,0	12,1±6,3	20,9±2,8
III	66,7±11,2	7,4±4,8	33,2±11,0	44,0±13,2	28,2±10,1	24,9±2,8

До I групи увійшли суббасейни з непорушеними та слабко порушеними ландшафтними структурами, де частка ріллі складає в середньому близько 19 %, в т. ч. на схилах 5 %, середнє значення лісистості становить приблизно 30 %. До цієї групи увійшли водозбори річок, розташовані в верхній течії річки, загальна їх кількість склала 373 суббасейни загальною площею 224,2 тис. км<sup>2</sup> (43,9 % території басейну).

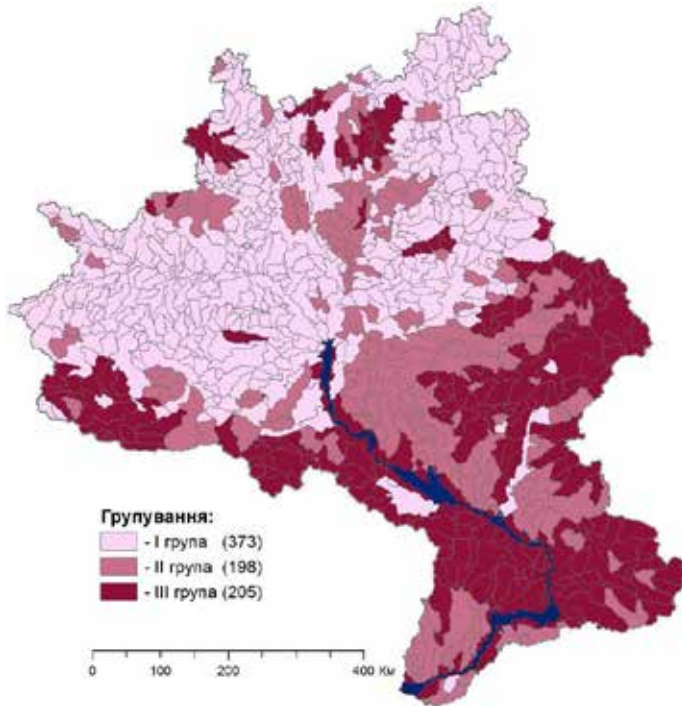


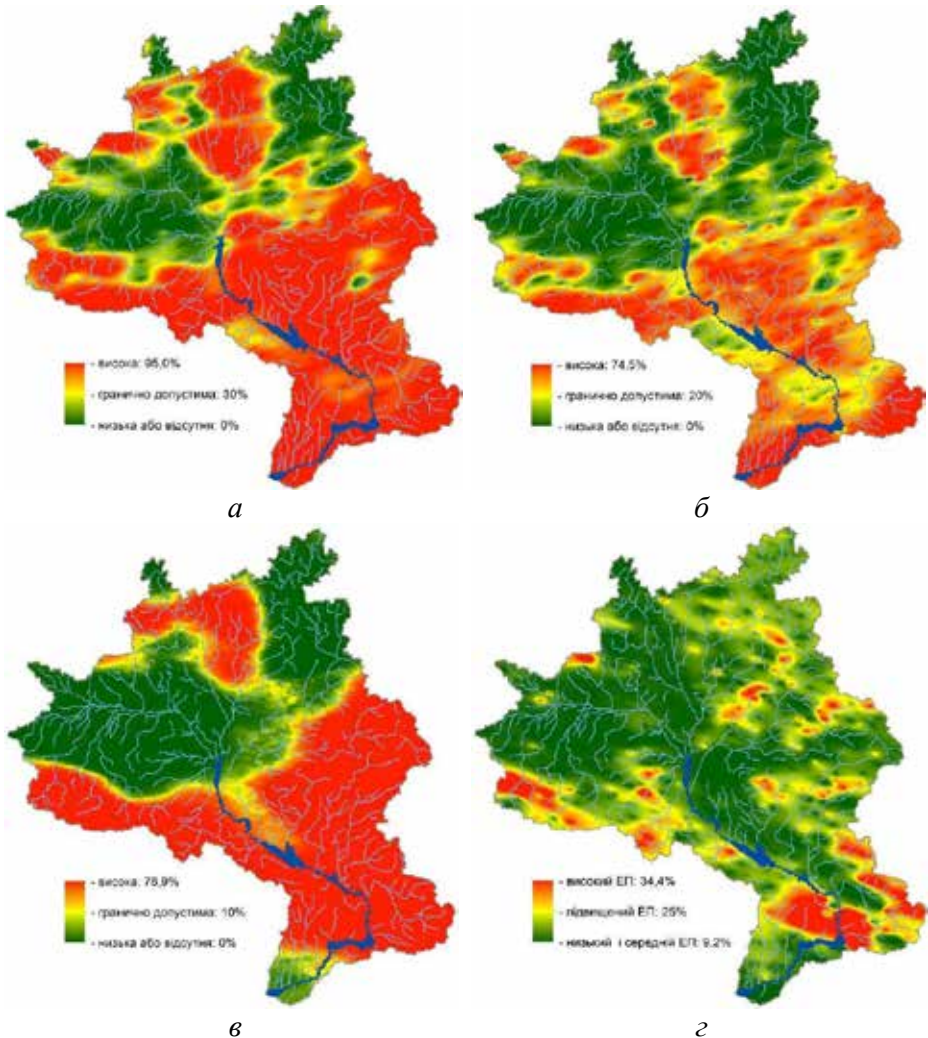
Рис. 2. Просторове групування транскордонної водозбірної території р. Дніпра за ступенем агрогенної трансформації басейнових ландшафтних територіальних структур

*Друга група* характеризується високим ступенем агрогенної трансформації ландшафтів із часткою ріллі близько 76 %, істотною та сильною еродованістю та низьким рівнем лісистості території – 7 %. До цієї групи увійшло 198 суббасейнів загальною площею 116,6 тис. км<sup>2</sup> (22,8 %).

До *III групи* увійшли суббасейни з часткою ріллі близько 67 %, сильною та дуже сильною еродованістю, низьким рівнем лісистості території – 7 %, високою часткою розораних схилів – до 38 % і більше та підвищеним їх ерозійним потенціалом. Будівництво на Дніпрі каскаду водосховищ призвело до затоплення понад 50 тис. км<sup>2</sup> і підтоплення 10 тис. км<sup>2</sup> продуктивних земель і докорінної зміни умов природного водообміну, який уповільнився до 30 разів [22]. Тому прибережний суббасейн IX порядку головного русла р. Дніпро в межах України віднесений до третьої групи трансформації ландшафтних структур. До цієї групи увійшли 205 суббасейнів (33,3 % водозбору). Території суббасейнів, що увійшли до I групи, віднесені до зони мішаних лісів, II і III груп – до зон Лісостепу та Степу.

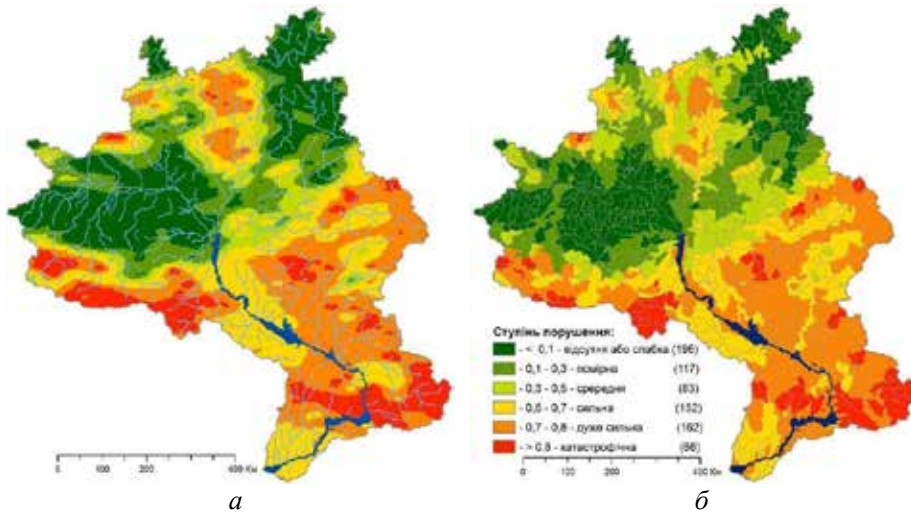
Для визначення інтегрального значення ступеню агрогенної трансформації ландшафтних територіальних структур різнопорядкових суббасейнів на

території водозбору р. Дніпро здійснені просторова інтерполяція та нормування окремих дестабілізуючих показників із застосуванням методу імовірного кригінгу (рис. 3). На основі отриманих растрових моделей за авторською вимірювальною шкалою від 0 до 1 визначено 6 категорій суббасейнів за ступенем їх агрогенної трансформації з урахуванням потенціалу прояву водно-ерозійних процесів (рис. 4): відсутня або слабка (0–0,1), помірна (0,1–0,3), середня (0,3–0,5), сильна (0,5–0,7), дуже сильна (0,7–0,8), катастрофічна (0,8–1,0).



**Рис. 3. Розподіл значень дестабілізуючих показників стану басейнових ландшафтних територіальних структур у водозборі р. Дніпро:**  
а – розораність, %; б – еродованість пашні, %; в – розораність схилів, %;  
з – схили південної експозиції, %





**Рис. 4. Ступінь порушення різнопорядкових суббасейнів із урахуванням потенціалу прояву водно-ерозійних процесів:**  
*a* – порушення ландшафтних територіальних структур;  
*б* – порушення різнопорядкових суббасейнів

Близько 313-ти суббасейнів із загальною площею 172,5 тис. км<sup>2</sup> (33,7 % від площі водозбору Дніпра) мають слабку або помірну ступінь агрогенного порушення, 83 суббасейни (62,8 тис. км<sup>2</sup> або 12,3 %) – середню ступінь порушення, 380 суббасейнів (275,7 тис. км<sup>2</sup> або 54 %) мають від сильного до катастрофічного ступеня агрогенного порушення (табл. 4) та потребують першочергового розроблення та впровадження ґрунто- та водоохоронних заходів природокористування.

Головним критерієм дестабілізації агроландшафтів транскордонного басейну Дніпра є висока розораність. У такій ситуації найефективнішим інструментом поліпшення екологічного стану території є обґрунтоване скорочення ріллі на користь інших угідь або земель екологічного фонду.

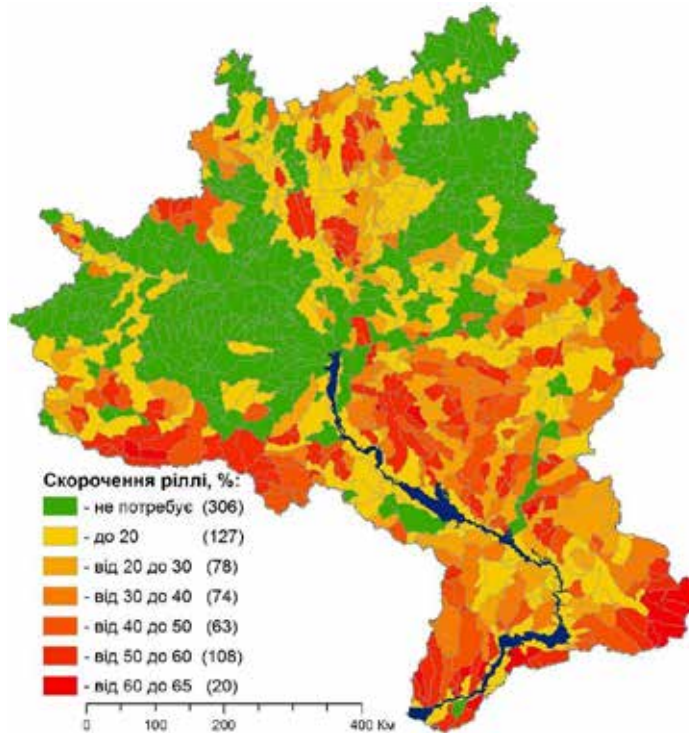
Згідно з підходом М.І. Лопирьова [23], стійкість ландшафтів до антропогенного впливу можна оцінити в співвідношенні площі ріллі до площі природних угідь. Мінімум стійкий стан досягається, якщо це співвідношення дорівнює 40:60. У басейні р. Дніпро ця пропорція становить 60:40. Для досягнення мінімальних показників стійкості басейнових ландшафтних територіальних структур необхідно в межах 470-ти суббасейнів (рис. 5) скоротити ріллю на 7900 тис. га.

Оскільки орні землі є основним джерелом сільськогосподарської продукції та запорукою продовольчої безпеки країни, їх правове використання суворо контролюється. Переведення сільськогосподарських земель в інші категорії допускається тільки у виняткових випадках, пов'язаних із

містобудівною, промисловою та політичною діяльністю, а також непридатністю земель для здійснення сільськогосподарського виробництва.

**Таблиця 4. Градація водозбірних суббасейнів за ступенем агрогенного порушення ландшафтних територіальних структур басейну р. Дніпро**

Ступінь порушення		Кількість басейнів, шт.	Частка суббасейнів, %	Площа, км <sup>2</sup>	Частка площі, %
Відсутня або слабка	< 0,1	196	25,3	97728,4	19,1
Помірна	0,1-0,3	117	15,1	74761,7	14,6
Середня	0,3-0,5	83	10,7	62765,9	12,3
Сильна	0,5-0,7	152	19,6	100023,5	19,6
Дуже сильна	0,7-0,8	162	20,9	138179,5	27,1
Катастрофічна	> 0,8	66	8,5	37541,0	7,3
Всього		776	100,0	511000,0	100,0



**Рис. 5. Необхідність зменшення сільськогосподарського навантаження на басейн ріки Дніпро**

**Механізм організації природокористування на території басейну Дніпра. Визначення зазначених проблем життєдіяльності суспільства сто-**

совно як господарської діяльності, так і безпеки життя потребує зусиль у напряму розробки нових теоретико-методологічних і прикладних засад організації басейнового природокористування на водозбірній території ріки Дніпро на основі інтегративного підходу, басейнових позиційно-динамічних, адаптивно-ландшафтних, геосистемних принципів і з урахуванням обов'язковості впровадження протиерозійної організації територій для поліпшення екологічної ситуації в басейновій екосистемі р. Дніпро у відповідності до вимог Закону України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на період до 2021 року».

На сьогоднішній день існує низка проблем, які потребують першочергового вирішення на рівні міждержавного співробітництва та державного контролю в басейні Дніпра:

- моніторинг і контроль у країнах транскордонного басейну є незгодженим, що унеможливорює надання достовірної оцінки змін стану навколишнього середовища, здійснення раціональної господарської діяльності та інших заходів;

- отримана інформація рідко використовується для забезпечення процесів інформованого планування та розроблення управлінських заходів для екологічного оздоровлення транскордонного басейну, в результаті чого ці процеси часто носять суб'єктивний характер і залежать від особистих думок окремих осіб;

- на міждержавному, державному та регіональному рівнях відсутня або відзначається недостатня координація співпраці між відповідними органами управління та громадськістю щодо реалізації можливостей поліпшення екологічного стану басейну, але при цьому відзначено розуміння необхідності більш тісної співпраці з оздоровлення транскордонного басейну;

- водокористувачі, представники виборних органів і органів місцевого самоврядування, а також населення та громадські, екологічні організації слабо поінформовані та не залучені до процесів оцінки екологічного стану басейну та прийняття узгоджених планів і природоохоронних заходів щодо його поліпшення;

- більшість планів реалізації природоохоронних заходів, що здійснюватимуться в рамках відомчих обласних програм, не мають басейнового характеру, що не дозволяє досягти хороших результатів у забезпеченні сталого розвитку території транскордонного басейну;

- відсутній або недостатній інформаційний обмін між суб'єктами моніторингу, які перебувають у структурі різних відомств, що не дозволяє здійснювати якісну та своєчасну оцінку екологічного стану та прийняття ефективних управлінських рішень;

– відсутні методологія та методики, які дозволяють ефективно та всебічно оцінити поточний стан басейну річки, прогнозувати розвиток ситуації та розкрити шляхи оптимізації землекористування в межах єдиного водозбірного комплексу;

– відсутня концептуальна модель еколого-раціональної експлуатації території транскордонного басейну річки як цілісної позиційно-динамічної просторово-організованої системи;

– впровадження басейнового принципу управління на водозбірній території ріки Дніпро перебуває в початковій стадії й вимагає його розвитку та практичного впровадження.

У зв'язку з цим необхідно змінити існуючу ситуацію для забезпечення можливості розроблення ефективних заходів басейнового природокористування з метою вирішення ґрунтозахисних і гідроекологічних проблем.

Для цього найбільш перспективним є розроблення та впровадження концептуальної моделі еколого-раціональної експлуатації території транскордонного басейну (рис. 6) на основі геоінформаційно-аналітичної системи моніторингу та управління басейновим природокористуванням, методики визначення структури земельного фонду водозбору та розроблення проекту басейнової організації природокористування на території водозбору ріки з використанням ГІС і ДЗЗ-технологій.

Раціональне природокористування, засноване на концептуальній моделі еколого-раціональної експлуатації території транскордонного басейну, крім оптимізації використання природних ресурсів, повинне забезпечити підтримку механізмів їх відтворення шляхом пошуку оптимальних сценаріїв природокористування, які будуть формувати перспективи ефективного територіального розвитку та оздоровлення гідроеко системи р. Дніпро. Для цього найбільш перспективним є впровадження геоінформаційно-аналітичної системи (ГІАС) [24; 25] підтримки басейнового природокористування, яке передбачає систематизацію різномірневої та галузевої інформації моніторингових спостережень із метою організації ґрунто- та водоохоронних заходів.

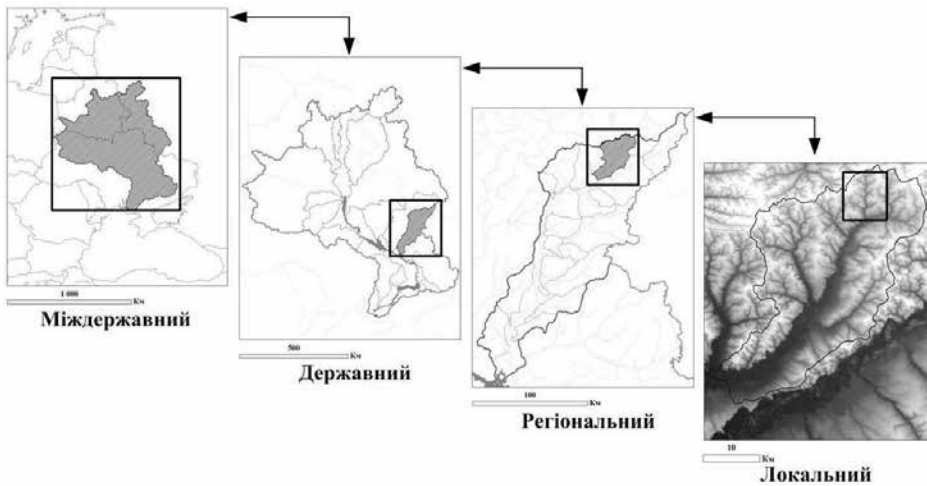
Інформаційною одиницею ГІАС є річковий басейн, що представляє собою природно-господарську систему, в якій взаємопов'язані та взаємозумовлені всі види використання природних ресурсів, що здійснюються на його території. Басейн також виступає в якості інтегральної природно-господарсько-демографічної системи, яка є найбільш ефективним об'єктом управління. Створення інтегрованої багаторівневої ГІАС басейнового природокористування повинне здійснюватися на основі інформаційних ресурсів і взаємодії спеціально уповноважених координаційних органів, які обов'язково мають містити чотири ієрархічні рівні моніторингу та управління (рис. 7).



Рис. 6. Концептуальна модель еколого-раціональної експлуатації території транскордонного басейну

На міждержавному рівні здійснюється синтез екологічного стану екосистеми всього транскордонного басейну Дніпра. Головним міждержавним координуючим органом на цьому рівні повинна стати новостворена єдина міждержавна басейнова рада р. Дніпро, до якої ввійдуть члени сусідніх державних басейнових рад і будуть взаємодіяти один із одним. На державному рівні здійснюється синтез екологічного стану окремих суббасейнів основних приток ріки Дніпро. На цьому рівні основними координаторами є міжвідомчі басейнові комісії. На регіональному рівні здійснюється синтез екологічного стану суббасейнів нижчого порядку в межах окремих басейнів основних приток р. Дніпро. До складу басейнових комі-

сій входять представники різних рівнів державного управління екологічною безпекою країни. На локальному рівні здійснюється синтез екологічного стану та впровадження басейнової концепції природокористування, які формують межі окремих землекористувачів і за площею відповідають суббасейнам 5–4-го і нижчого порядку.

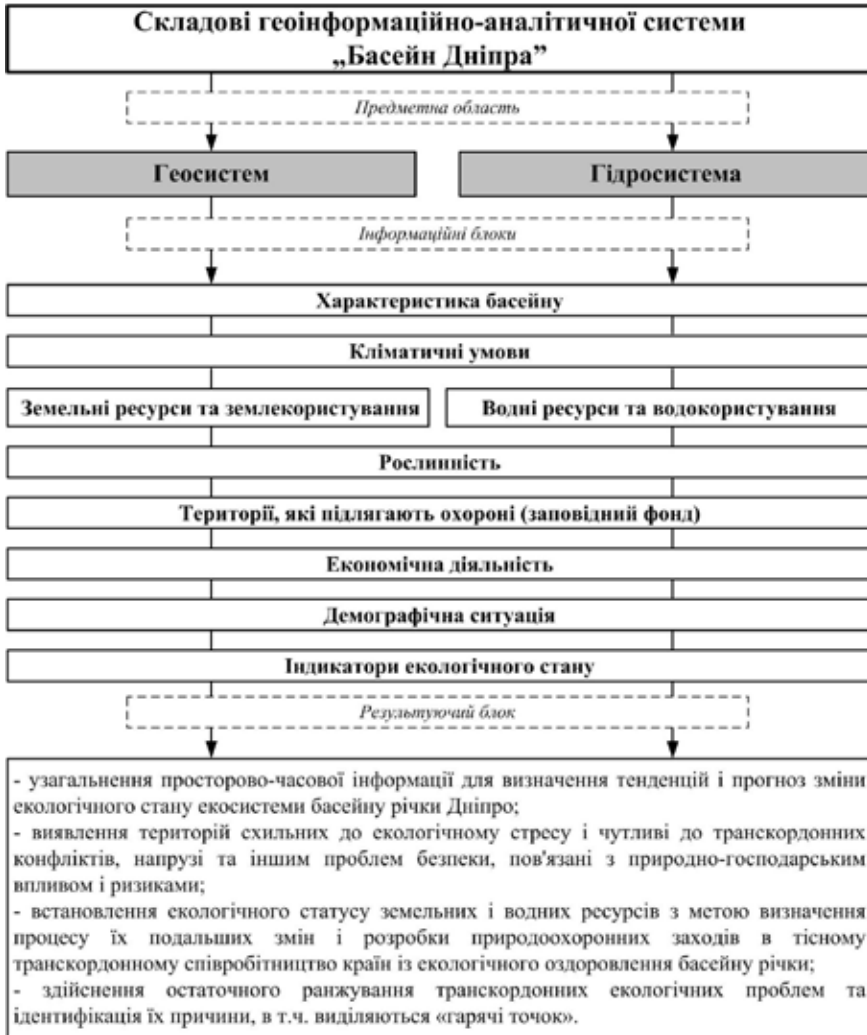


**Рис. 7. Ієрархічні рівні інтегрованої багаторівневої геоінформаційно-аналітичної системи моніторингу та управління басейнового природокористування у водозборі р. Дніпро**

Структурно запроектована ГІАС представляє собою логічну модель, яка включає три підсистеми – базу даних, спеціальну програмну підтримку та аналітичний блок. Аналітичний блок ГІАС включає методи, алгоритми та програми, орієнтовані на предметну область. У рамках системи розглядаються дві предметні області досліджень (рис. 8) – «Гідросистема» та «Геосистема».

Для комплексного аналізу екологічного стану басейну р. Дніпро в ГІАС необхідно виокремлювати наступні інформаційні блоки та показники: характеристика басейну (показники: морфологічні та морфометричні особливості, адміністративно-територіальний і басейновий розподіл тощо); кліматичні умови (показники: температура повітря, опади, кліматична енергетика тощо); водні ресурси та водокористування (показники: гідрологічні та гідрохімічні особливості тощо); земельні ресурси та землекористування (показники: частка основних видів землекористування, наявність орних земель тощо); рослинність (показники: природні угіддя, ліси тощо); території, які підлягають охороні (заповідний фонд); економічна діяльність (показники: валовий внутрішній продукт, індекс

демографічного навантаження тощо); демографічна ситуація (показники: щільність населення, міграція, захворюваність, смертність, народжуваність та ін.); індикатори екологічного стану (показники: ерозійні процеси, фактори впливу на екологічний стан тощо).



*Рис. 8. Структурна схема ГІАС «Басейн Дніпра»*

У відповідності до нашої методики визначення структури земельного фонду водозбору та розроблення проекту басейнової організації природокористування на території водозбору річки з використанням ГІС і ДЗЗ-технологій [26; 27] основою просторової організації територій

водозбору на басейнових принципах є реорганізація структури угідь, яка повинна включати наступні етапи: 1 – землевпорядкування ріллі на основі позиційно-динамічних і басейнових принципів; 2 – проєктування лісних насаджень; 3 – проєктування водоохоронних зон; 4 – раціоналізація використання кормових угідь; 5 – проєктування рекреаційних зон; 6 – виявлення нових природних резерватів.

У проєктах басейнової організації природокористування на території водозбору річки необхідно аналізувати співвідношення двох основних груп земель: господарського використання та природних непорушених комплексів або слабопорушених людською діяльністю, що становлять екологічний фонд земель і виконують найважливіші еколого-біосферні функції, або «екологічні послуги».

Для розроблення проєктів басейнового природокористування визначені послідовні етапи дій: актуалізація великомасштабних цифрових картографічних матеріалів для об'єкта проєктування за даними супутникового зондування Землі; ГІС-картографування ландшафтних структур на основі позиційно-динамічної та басейнової структуризації території, що представляє сучасну еколого-господарську ситуацію; польові обстеження земельного фонду для визначення його цільового використання та екологічного стану; діагностика еколого-господарського балансу земель і ступеня їх природної захищеності; екологічне облаштування земель, прилеглих до гідрографічної мережі, шляхом закріплення ландшафтної обґрунтованих меж прибережних і водоохоронних зон; ландшафтне картографування типів ріллі за градаціями ухилів із визначенням пріоритетних робочих ділянок для біологізації землеробства; оптимізація структури сільськогосподарських угідь: обґрунтування територій, що відводяться під культурні пасовища з багатокомпонентними та цільовими одно- та багатолітніми травами, овочівництва, лісомеліорації, залуження земель і реалізації програм із консервації порушених, деградованих і малопродуктивних угідь; територіальне виділення нових функціональних зон – природних територій під особливою охороною; розроблення першочергових і перспективних заходів для досягнення цільових показників проєкту; обґрунтування розміщення системи екологічного моніторингу: показники досліджень, точки відбору проб, методика та періодичність відбору; створення та наповнення ГІАС «Басейн Дніпра».

Розроблення та впровадження відповідних ґрунто- та водоохоронних заходів із облаштування водозбірної території р. Дніпро мають бути переведені в науково-правову площину організації природокористування на рівні басейнів 5–4-го порядків і нижче [26; 27] із забезпеченням відповідних землевпорядних дій із застосуванням геоінформаційних систем і технологій дистанційного зондування Землі.



**Висновки.**

1. Визначено, що інтенсивне використання природних ресурсів басейну Дніпра призвело до серйозних екологічних проблем, основні з яких: зміна гідрологічного режиму поверхневих вод і поступове заболочення річок; затоплення та систематичне підтоплення територій; забруднення поверхневих і підземних вод; гідромеліорація земель; незадовільний технічний стан очисних споруд; забруднення радіонуклідами; процес евтрофікації; зміна й утрата природних екосистем і збіднення біорізноманіття; розвиток ерозійних процесів і абразія берегів.

2. Структура просторової диференціації співвідношення розораності та лісистості у водозборі вказує на значну трансформацію ландшафтних структур більше ніж 60 % території басейну Дніпра. Понад 70 % суббасейнів мають частку ландшафтів 20 % і більше, які містяться на схилах крутизою 1° і більше; частка розораних схилів у 35 % суббасейнів складає більше 20 %; підвищений ерозійний потенціал при сніготаненні мають 12,7 % суббасейнів, ступінь еродованості ґрунтів варіює від 0,13 % (відсутня) до 74,5 % (катастрофічна). Від середнього до катастрофічного ступеню еродованості ґрунтів мають 340 суббасейнів із загальною площею 250,8 тис. км<sup>2</sup> (49,0 %).

3. За авторською методикою визначені три групи суббасейнів і узагальнена оцінка їх стану за рівнем агрогенної трансформації та водно-ерозійної деструкції ландшафтних структур на території басейну Дніпра. До першої групи ввійшли 373 суббасейни (43,9 % території басейну Дніпра) з непорушеними та слабо порушеними ландшафтними структурами, до другої групи – 198 суббасейнів із високим ступенем агрогенної трансформації (22,8 %), до третьої групи ввійшли 205 суббасейнів (33,3 %) із високою ґрунтово-ерозійною небезпекою. Визначено, що 463 суббасейни із загальною площею 338,5 тис. км<sup>2</sup> (66,3 %) входять до категорій із середнім, сильним, дуже сильним і катастрофічним ступенем агрогенної трансформації.

4. Запропонована концептуальна модель еколого-раціональної експлуатації території транскордонного басейну, обґрунтована ієрархічна модель організації геоінформаційно-аналітичної системи (ГІАС) моніторингу та управління басейновим природокористуванням дозволять оптимізувати структуру земельного фонду, зменшити ризики екологічної деструкції земельних і водних ресурсів, забезпечити екологізацію сільського господарства та поліпшення екологічної ситуації в річкових басейнах.

## **ECOLOGICAL CONDITION OF THE DNIPRO RIVER BASIN AND IMPROVEMENT OF THE MECHANISM OF ORGANIZATION OF NATURE USE ON THE WATER CATCHMENT TERRITORY**

*Pichura V.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor*

*Potravka L.O. – Doctor of Economic Sciences, Associate Professor*

*Kherson State Agrarian and Economic University*

One of the largest transboundary rivers in Europe is the Dnipro with a basin area of about 511 thousand km<sup>2</sup>, 57.3 % of which are located within Ukraine. The Dnipro basin covers more than 48 % of Ukraine's territory and accumulates about 80 % of its water resources, which provide food and drinking needs for more than 70 % of Ukrainians. It is determined that a significant role in the destruction of the ecological situation in the basin is played by deforestation, “chemicalization” of agriculture, land reclamation, creation and operation of a cascade of Dnipro water reservoirs, intensive use of water resources and discharge of significant amounts of polluted water. The study of the state of basin landscape territorial structures and typification of the Dnipro basin territory by the degree of agrogenic transformation was carried out according to the author's methods based on GIS and remote sensing technologies. As a result of research, the typification of sub-basins in the Dnipro watershed was carried out, which allowed to distinguish three groups according to the main defining classification features (forest cover, erosion and plowing of the territory, including slopes). It was found that about 313 sub-basins with a total area of 172.5 thousand km<sup>2</sup> (33.7 % of the catchment area of the Dnipro) have a weak or moderate degree of agrogenic disturbance, 83 sub-basins (62.8 thousand km<sup>2</sup>, or 12.3 %) – medium degree of disturbance, 380 sub-basins (275.7 thousand km<sup>2</sup> or 54 %) have from severe to catastrophic degree of agrogenic disturbance and require priority development and implementation of soil and water protection measures. The conceptual model of ecological and rational operation of the transboundary basin territory is offered, the hierarchical model of the organization of geoinformation-analytical system of monitoring and management of basin nature use is substantiated.

Keywords: catchment basin, ecological condition, landscape territorial structures, forest cover, erosion, plowing, degradation, typification, modeling, Dnipro river, GIS, remote sensing.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Пічура В.І., Потравка Л.О. Типізація території басейну ріки Дніпро за ступенем агрогенної трансформації ландшафтних територіальних структур. *Наукові горизонти*. 2019. № 9 (82). С. 45–56.
2. Pichura V., Potravka L., Skok S., Vdovenko N. Causal Regularities of Effect of Urban Systems on Condition of Hydro Ecosystem of Dnieper River. *Indian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 47 (2), 273–280.
3. Pichura V.I., Potravka L.A., Skrypchuk P.M., Stratichuk N.V. Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21 (4), 1–10.

4. Пічура В.І., Шахман І.О., Бистрянцева А.М. Просторово-часова закономірність формування якості води в річці Дніпро. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Том 10, № 1–2. С. 44–57.
5. Шапар А.Г., Скрипник О.О. Недолугість, бездушність чи непорозуміння визначають долю Дніпра? *Екологія і природокористування*. 2013. Вип. 16. С. 282–289.
6. Ящик А.В., Яковлев Є.О., Осадчук В.О. Екологічний стан басейну Дніпра. До питання щодо спуску Київського водосховища. Київ: Оріяни, 2002. С. 22–23.
7. Мягченко О.П. Экологическое состояние Днепра. URL: [http://учебникonline.com/ekologia/osnovi\\_ekologiyi\\_myagchenko\\_op/ekologichniy\\_stan\\_dnipra.htm](http://учебникonline.com/ekologia/osnovi_ekologiyi_myagchenko_op/ekologichniy_stan_dnipra.htm)
8. Pichura V.I., Malchykova D.S., Ukrainskij P.A., Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. Anthropogenic Transformation of Hydrological Regime of The Dnieper River. *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45 (3), 445–453.
9. Pichura V.I. Spatial prediction of soil erosion risk in the Dnieper river basin using revised universal soil loss equation and GIS-technology. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2016. № 2 (56), т. 1. С. 3–11.
10. Dudiak N.V., Pichura V.I., Potravka L.A., Straticuk N.V. Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20, Iss. 8, 192–198.
11. Lisetskii F.N., Pichura V.I., Breus D.S. Use of Geoinformation and Neurotechnology to Assess and to Forecast the Humus Content Variations in the Step Soils. *Russian Agricultural Sciences*. 2017. № 2 (43), 151–155.
12. Пічура В.І. Геомодельовання зональної небезпеки забруднення біогенними речовинами поверхневих вод у транскордонному басейні Дніпра. *Біоресурси і природокористування*. 2017. Том 9, № 1-2, С. 24–36.
13. Белов Н.С. Геоэкологическая ситуация в речных бассейнах Калининградской области. *Природообустройство*. 2011. № 3, С. 67–73.
14. Олійник В.С., Белова Н.В. Еродованість земель в агроландшафтах Передкарпаття. *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2014. Т. 10, вып. 2. С. 361–364.
15. Aspinall R., Pearson D. Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: Linking landscape ecology, environmental modeling and GIS. *Journal of Environmental Management*. 2000. Vol. 59(4), 299–319.
16. Duque J.C., Ramos R., Surinach J. Supervised Regionalization Methods: A Survey. *International Regional Science Review*. 2007. Vol. 30, 195–220.

17. Hinde A., Whiteway T., Ruddick R., Heap A.D. Seascapes of the Australian Margin and adjacent sea floor: Keystroke Methodology. Geoscience Australia, Record, 2007. 58 p.
18. Потравка Л.О. Сутність, зміст та етапи трансформацій соціально-економічної системи. *Українська наука: минуле, сучасне, майбутнє*. 2014. № 19 (2). С. 192–200.
19. Потравка Л.О. Перспективні напрями процесу структурних трансформацій національної економіки України. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2015. № 5. С. 222–226.
20. Пічура В.І. Аналіз захворюваності населення та еколого-демографічні аспекти землекористування на території басейну Дніпра. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. № 2 (61). Том 1. С. 95–104.
21. Pichura V.I., Domaratsky Y.A., Yaremko Yu.I., Volochnyuk Y.G., Rybak V.V. Strategic Ecological Assessment of the State of the Transboundary Catchment Basin of the Dnieper River Under Extensive Agricultural Load. *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44 (3), 442–450.
22. Хвесик М.А. Екологічні проблеми басейну р. Дніпро та шляхи їх вирішення. *Екологія і природокористування*. 2013. Вип. 17. С. 68–74.
23. Лопырев М.И., Макаренко С.А. Агрolandшафты и земледелие. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет, 2001. 168 с.
24. Пічура В.І., Потравка Л.О. Удосконалення механізму організації природокористування на території басейну Дніпра. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Том 11 (5-6). С. 81–101.
25. Пічура В.І., Потравка Л.О. Методологія просторово-часової оцінки стану екосистеми басейнів річок і організації раціонального природокористування. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2019. № 2. С. 144–174.
26. Пічура В.І. Басейнова організація природокористування на водозбірній території транскордонної річки Дніпро. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 380 с.
27. Пічура В.І. Атлас екологічного стану басейну ріки Дніпро. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 36 с.

## REFERENCES

1. Pichura V.I., Potravka L.O. (2019). *Typizacija terytorii' basejnu riky Dnipro za stupenem agrogennoi' transformacii' landshaftnyh terytorial'nyh struktur* [Typization of the Dnipro river basin territory according the degree of agrogenic transformation of landscape territorial structures]. *Scientific horizons*, no 9 (82), 45–56. [in Ukrainian].

2. Pichura V., Potravka L., Skok S., Vdovenko N. (2020). Causal Regularities of Effect of Urban Systems on Condition of Hydro Ecosystem of Dnieper River. *Indian Journal of Ecology*, Vol. 47 (2), 273–280.
3. Pichura V.I., Potravka L.A., Skrypchuk P.M., Straticchuk N.V. (2020). Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*, Vol. 21 (4), 1–10.
4. Pichura V.I., Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. (2018). *Prostorovo-chasova zakonornnist' formuvannja jakosti vody v richci Dnipro. Bioresursy i pryrodokorystuvannja* [Spatial and temporal regularities of water quality formation in the Dnieper river]. *Biological Resources and Nature Management*, Vol. 10 (1–2), 44–57. [in Ukrainian].
5. Shapar A.G., Skripnik O.O. (2013). *Nedolugist', bezdushnist' chy neporozuminnja vyznachajut' dolju Dnipra?* [Do illnesses, heartlessness or misunderstandings determine the fate of the Dnieper?]. *Ecology and nature management*, no 16, 282–289. [in Ukrainian].
6. Jacyk A.V., Yakovlev E.O., Osadchuk V.O. (2002). *Ekologichnyj stan basejnu Dnipra* [Ecological condition of the Dnieper basin]. *On the question of the descent of the Kiev reservoir*. Kyiv: Oriani, 22–23. [in Ukrainian].
7. Myagchenko O.P. *Jekologicheskoe sostojanie Dnepra* [Ecological condition of the Dnieper]. URL: [http://uchebnikionline.com/ekologia/osnovi\\_ekologiyi\\_-\\_myagchenko\\_op/ekologichnyj\\_stan\\_dnipra.htm](http://uchebnikionline.com/ekologia/osnovi_ekologiyi_-_myagchenko_op/ekologichnyj_stan_dnipra.htm) [in Russian].
8. Pichura V.I., Malchykova D.S., Ukrainskij P.A., Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. (2018). Anthropogenic Transformation of Hydrological Regime of The Dnieper River. *Indian Journal of Ecology*, Vol. 45 (3), 445–453.
9. Pichura V.I. (2016). Spatial prediction of soil erosion risk in the Dnieper river basin using revised universal soil loss equation and GIS-technology. *Visnyk Zhytomyrs'kogo nacional'nogo agroekologichnogo universytetu*, no. 2 (56), Vol. 1, 3–11.
10. Dudiak N.V., Pichura V.I., Potravka L.A., Straticchuk N.V. (2019). Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 20, Iss. 8, 192–198.
11. Lisetskii F.N., Pichura V.I., Breus D.S. (2017). Use of Geoinformation and Neurotechnology to Assess and to Forecast the Humus Content Variations in the Step Soils. *Russian Agricultural Sciences*. no 2 (43), 151–155.
12. Pichura V.I. (2017). *Geomodeljuvannja zonal'noi' nebezpeky zabrudnennja biogennymy rehovynamy poverhnevnyh vod u transkordonnomu basejni Dnipra* [Geo-modeling of zonal risk of pollution of surface waters in the transboundary Dnieper river basin with biogenic substances]. *Biological Resources and Nature Management*, Vol. 9 (1–2), 24–36. [in Ukrainian].

13. Belov N.S. (2011). *Geojekologicheskaja situacija v rechnyh bassejnah Kaliningradskoj oblasti* [Geoecological situation in the river basins of the Kaliningrad region]. *Nature management*, no 3, 67–73. [in Russian].
14. Oliynyk V.S., Belova N.V. (2014). *Erodovanist' zemel' v agrolandshaftah Peredkarpattja* [Land erosion in agrolandscapes of Precarpathia]. *Geopolitics and ecogeodynamics of regions*, Vol. 10, Iss. 2, 361–364. [in Ukrainian].
15. Aspinall R., Pearson D. (2000). Integrated geographical assessment of environmental condition in water catchments: Linking landscape ecology, environmental modeling and GIS. *Journal of Environmental Management*, Vol. 59(4), 299–319.
16. Duque J.C., Ramos R., Surinach J. (2007). Supervised Regionalization Methods: A Survey. *International Regional Science Review*, Vol. 30, 195–220.
17. Hinde A., Whiteway T., Ruddick R., Heap A.D. (2007). Seascapes of the Australian Margin and adjacent sea floor: Keystroke Methodology. *Geoscience Australia, Record*.
18. Potravka L.A. (2014). *Sutnist', zmist ta etapy transformacij social'no-ekonomichnoi' systemy* [The essence, content and stages of transformations of the socio-economic system]. *Ukrainian science: past, present, future*, no 19 (2), 192–200. [in Ukrainian].
19. Potravka L.O. (2015). *Perspektyvni naprjamy procesu strukturnykh transformacij nacional'noi' ekonomiky Ukrainy* [Perspective directions of the process of structural transformations of the national economy of Ukraine]. *Global and national economic problems*, no 5, 222–266. [in Ukrainian].
20. Pichura V.I. (2017). *Analiz zahvorjivanosti naseleennja ta ekologo-demografichni aspekty zemlekorystuvannja na terytorii' basejnu Dnipro* [Analysis of population morbidity and ecological and demographic aspects of land use in the Dnieper basin]. *Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*, no 2 (61), Iss. 1, 95–104. [in Ukrainian].
21. Pichura V.I., Domaratsky Y.A., Yaremko Yu.I., Volochnyuk Y.G., Rybak V.V. (2017). Strategic Ecological Assessment of the State of the Transboundary Catchment Basin of the Dnieper River Under Extensive Agricultural Load. *Indian Journal of Ecology*, Vol. 44 (3), 442–450.
22. Khvesyuk M.A. (2013). *Ekologichni problemy basejnu r. Dnipro ta shljahy i'h vyrishennja* [Ecological problems of the Dnieper river basin and ways of their solution]. *Ecology and nature management*, Vol. 17, 68–74. [in Ukrainian].
23. Lopyrev M.I., Makarenko S.A. (2001). *Agrolandshafty i zemledelie* [Agrolandscapes and agriculture]. Voronezh: Voronezh State Agrarian University. [in Russian].
24. Pichura V.I., Potravka L.O. (2019). *Udoskonalennja mehanizmu organizacii' pryrodokorystuvannja na terytorii' basejnu Dnipro* [Improvement of the

- mechanism of the organization of nature using on the territory of the Dnipro river basin]. *Biological Resources and Nature Management*, Vol. 11, no 5–6, 84–101. [in Ukrainian].
25. Pichura V.I., Potravka L.O. (2019). *Metodologija prostorovo-chasovoi' ocinky stanu ekosystemy basejnih richok i organizacii' racional'nogo pryrodokorystuvannja* [Methodology of spatio-temporal assessment of the river ecosystem state and organization of rational using of nature]. *Aquatic Bioresources and Aquaculture*, no 2, 144–174. [in Ukrainian].
26. Pichura V.I. (2020). *Basejnova organizacija pryrodokorystuvannja na vodozbirnij terytorii' transkordonnoi' richky Dnipro* [Basin organization of nature management on the catchment area of the Dnieper transboundary river]. Kherson: «OLDI-PLUS». [in Ukrainian].
27. Pichura V.I. (2020). *Atlas ekologichnogo stanu basejnu riky Dnipro* [Atlas of the ecological condition of the Dnieper river basin]. Kherson: «OLDI-PLUS». [in Ukrainian].