

doi: 10.33249/2663-2144-2019-82-9-45-56

UDC: 631:556.5:528.9

TYPOIZATION OF THE DNIPRO RIVER BASIN TERRITORY ACCORDING THE DEGREE OF AGROGENIC TRANSFORMATION OF LANDSCAPE TERRITORIAL STRUCTURES**V. Pichura, L. Potravka***e-mail: pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com*

The State Higher Education Institution "Kherson State Agrarian University"

23, Stritenskaya Str., Kherson, 73000, Ukraine

Therefore, in order to solve the ecological problems of the transboundary river, the most promising is the practical scientifically grounded implementation of basin principles of nature using, which involves the usage of a complex approach to the organization of land and water preservation measures, considering the systematic research, implementation of the Dnieper River basin typization by the degree of agrogenic transformation of landscape territorial structures with the use of GIS technologies and Remote sensing of Earth. The structure of spatial differentiation of the ratio of plowed and forested areas in the catchment area indicates a significant transformation of landscape structures over 60% of the Dnipro basin territory. The typization of the territory of the Dnipro River basin by the degree of agrogenic transformation and water-erosion destruction of landscape structures allowed to distinguish three groups by the main classification features (forested areas, eroded and plowed areas, including slopes). The first group included sub-basins with undisturbed and weakly disturbed landscape structures with a total area of 224.2 thousand km² (43.9%), the second group with a high degree of agrogenic transformation of landscape structures with a total area of 116.6 thousand km² (22, 8%), the third group included sub-basins with a total area of 170.2 thousand km² (33.3%) agrogenically transformed landscape structures with high soil erosion risk. In terms of destabilizing indicators (general plowing, arable land erosion, plowed slopes, proportion of slopes of southern exposition), 6 categories of sub-basins were allocated according to the degree of agrogenic disturbance, considering the manifestations of water-erosion processes. It has been determined that 463 sub-basins with a total area of 338.5 thousand km² (66.3%) are in the categories with medium, strong, very strong and catastrophic degree of agrogenic transformation. Rational land using should consider the properties and features of the landscape, promote the protection and reproduction of soil, vegetation and other natural components in a single agreement between the countries of the transboundary basin. Therefore, it is necessary to develop a conceptual model of ecological and rational exploitation of the catchment area of the transboundary river, on the basis of basin principles of nature using.

Key words: river basin, agrogenic transformation, territorial structures, plowed land, forestation, erosion, Dnieper rivers, GIS, RSE.

ТИПІЗАЦІЯ ТЕРИТОРІЇ БАСЕЙНУ РІКИ ДНІПРО ЗА СТУПЕНЕМ АГРОГЕННОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЛАНДШАФТНИХ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ СТРУКТУР**В. І. Пічура, Л. О. Потравка***e-mail: pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com*

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

вул. Стрітенська, 23, Херсон, 73006, Україна

Наразі, враховуючи соціально-економічний стан транскордонних країн, екологічна ситуація в басейні Дніпра є стабільно нестійкою. Тому для вирішення екологічних проблем транскордонної ріки найбільш перспективним є практичне науково-обґрунтоване впровадження басейнових принципів природокористування, яке передбачає використання комплексного підходу до організації земле- та водоохоронних заходів, з урахуванням системності досліджень здійснення типізації території басейну ріки Дніпро за ступенем агрогенної трансформації ландшафтних територіальних структур із застосуванням ГІС та технологій ДЗЗ. Структура просторової диференціації співвідношення

розораності і лісистості у водозборі вказує на значну трансформацію ландшафтних структур більше ніж 60 % території басейну Дніпра. Проведена типізація території басейну ріки Дніпро за рівнем агрогенної трансформації і водно-ерозійної деструкції ландшафтних структур дозволила виділити три групи за основними класифікаційними ознаками (лісистість, еродованість і розораність території, в т.ч. схилів). До першої групи увійшли суббасейни із непорушеними та слабко порушеними ландшафтними структурами із загальною площею 224,2 тис.км² (43,9 %), до другої групи – із високим ступенем агрогенної трансформації ландшафтних структур загальною площею 116,6 тис.км² (22,8 %), до третьої групи увійшли суббасейни загальною площею 170,2 тис.км² (33,3 %) агрогенно трансформовані ландшафтні структури із високою ґрунтово-ерозійною небезпекою. За дестабілізуючими показниками (розораність загальна, еродованість пащин, розораність схилів, частка схилів південної експозиції) було виділено 6 категорій суббасейнів за ступенем агрогенного порушення з урахуванням проявів водно-ерозійних процесів. Визначено, що 463 суббасейни із загальною площею 338,5 тис. км² (66,3%) входять до категорій із середнім, сильним, дуже сильним і катастрофічним ступенем агрогенної трансформації. Раціональне землекористування повинно враховувати властивості і особливості ландшафту, сприяти охороні і відтворенню ґрунтового, рослинного покриву та інших природних компонентів в єдиній згоді між державами транскордонного басейну. Тому необхідним є розробка концептуальної моделі еколого-раціональної експлуатації водозбірної території транскордонної ріки на основі басейнових принципів природокористування.

Ключові слова: річковий басейн, агрогенна трансформація, територіальні структури, розораність, лісистість, ерозія, ріка Дніпро, ГІС, ДЗЗ.

Вступ

Однією з найбільших транскордонних річок Європи є ріка Дніпро з площею басейну близько 511 тис. км², 57,3 % якого розташовані в межах України і є основним притоком Чорного моря. Басейн Дніпра охоплює понад 48% території України й акумулює близько 80 % її водних ресурсів, які задовольняють продовольчі та питні потреби населення. В результаті активізації господарської діяльності у виробничих сферах економіки сучасний стан водозбірної території характеризується вкрай складною та напруженою екологічною ситуацією, що підтверджується критичним значенням окремих показників (Pichura et al., 2018).

Зокрема, на території басейну Дніпра зосереджені потужні промислові комплекси (розміщено понад 60 % вітчизняного промислового виробництва), сільськогосподарські угіддя (агрогенна трансформація басейну загалом складає більше 55 %, а в межах частини басейну на території України – більше 70 %), найбільші міські агломерації. Обсяги використання водних ресурсів басейну Дніпра складають більше 5000 млн м³ 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, більшість якої розташовано у Херсонській області (Lisetskii et al., 2016). З використаної води, близько 60 % припадає на виробничі потреби, на зрошення 13 %, на господарсько-питні потреби – 21 %, сільськогосподарське водопостачання – 2 %.

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 м³ на рік. Окрім цього, спостерігаються систематичне забруднення ріки Дніпро каналізаційно-поверхневими стоками урбосистем приміської акваторії і розподілу політантів за її межами в напрямку течії (Skok, 2018). 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 раза. Їх накопичення призводить до погіршення якості води практично за всіма гідрофізичними, гідрохімічними, гідробіологічними та санітарно-гігієнічними показниками.

Інтенсивне використання природних ресурсів басейну Дніпра призвело до серйозних екологічних проблем, основними є такі: (Dubnyak et al., 2000; Semenchenko et al., 2006; Lillie et al., 2009; Timchenko et al., 2012; Shakhman et al., 2012): 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.

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. Установлено, що за останні 100 років зі складу флори зникли 25 видів вищих судинних, а близько 40 видів тварин втратили середовище існування (*Chernogaeva et al.*, 2009). Русло ріки Дніпро на території України втратило 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. В майбутньому це зумовить біологічно-генетичній деградації населення України та негативно позначиться на економічному розвитку господарського комплексу. Такі зміни загрожують екосистемі Дніпра екологічною катастрофою та повним її знищенням. Це вимагає негайних дій щодо просторової природоохоронної організації території басейну ріки для забезпечення відтворення екосистеми та загального поліпшення екологічної ситуації.

Метою наукових досліджень є здійснення типізації території басейну ріки Дніпро за ступенем агрогенної трансформації ландшафтних територіальних структур з метою організації басейнового природокористування у відповідності до вимог Водна Рамкова директива 2000/60/ЄС, Водній стратегії України на період до 2025 року, в Законі України «Про затвердження Загальнодержавної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну ріки Дніпро на період до 2021 року».

Матеріали та методи

Дешифрування даних дистанційного зондування Землі і використання серії коректно каліброваних супутникових знімків *MODIS* (геометричне розрізнення ~ 230×230 м) забезпечують можливість визначення

співвідношення просторового розподілу стабілізуючих (природні) і дестабілізуючих (агрогенні) угідь на великих транскордонних територіях басейнів річок. За нашими дослідженнями встановлено, що просторову інтерпретацію диференціації дестабілізуючих угідь (розораність території) найбільш ефективно здійснювати на основі серії космічних знімків *MODIS* за квітень та серпень. Дешифрування знімків здійснюється на основі значень безрозмірного показника *NDVI* (нормалізованого диференціального вегетаційного індексу) в межах 0,3–0,4. Розораність території для всього водозбору басейну Дніпра визначалася за даними суперпозицій космічних знімків *MODIS* станом на 23.04.2018 р. і 13.08.2018 р.

Розподіл стабілізуючих угідь значною мірою визначається просторовою диференціацією лісних масивів та лісосмуг. Враховуючи, що значення *NDVI* добре корелює з надземною фітомасою рослинності, дешифрування та визначення площ лісних 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 із значеннями *NDVI* більше 0,6. Оперативне великомасштабне дослідження території водозбірного басейну ріки 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°, в 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*. На наступному кроці із застосуванням модуля *Zonal Statistics of Spatial Analyst Tools* програми *ArcGIS* визначається частка

(у %) стабілізуючих і дестабілізуючих угідь, частка земель на схилах більше 1°, в т.ч. розораних схилів і схилів південної експозиції в межах структурних територіальних одиниць (суббасейнів) транскордонного водозбору.

Частка еродованої ріллі розраховується із застосуванням регресійного рівняння (*Oliynyk et al.*, 2014) залежності еродованої ріллі від площі орних земель на схилах крутизною більше 1°, 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°, %

Групування суббасейнів транскордонної водозбірної території здійснено за авторською методикою за шістьма показниками: стабілізуючі – лісистість; дестабілізуючі – розораність, частка територій зі схилами більше 1°, 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 із непорушеними та слабкопорушеними ландшафтними територіальними структурами (ЛТС); II група – суббасейни із високим ступенем агрогенної трансформації ЛТС; III – суббасейнів із високим ступенем агрогенної трансформації ЛТС і ґрунтово-ерозійною небезпекою.

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

Імовірнісний кригінг використовує змінні-індикатори (від 0 до 1) і вихідні безперервні значення даних для розрахунку ймовірності їх відхилень від заданого значення середньої координати, якій присвоюється значення близько «0,5». Значення «0,5» встановлюється 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%. В результаті геомодельовання створюються інтерполяційні растри вхідних значень в єдиних межах від 0 до 1,

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

$$IPM = \frac{ЗР + Е + РС + СПЕ}{4} \quad (2)$$

Ступінь трансформації визначається за вимірювальною шкалою від 0 до 1, яка складається із 6-и 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).

Для обробки, геоінформаційного аналізу та математичного моделювання просторової неоднорідності розподілу досліджуваних показників використані ліцензовані програмні продукти *ArcGIS 10.1*, *MathWorks MATLAB 7.9 R2009b* і *STATISTICA Advanced + QC for Windows v.10 Ru*.

Результати досліджень та обговорення

Визначено, що майже половину довжини всіх ерозійних форм на території басейну Дніпра займають водотоки 1-ого порядку, а 90% становить сумарна довжина 1–4-ого порядків. Операційно-територіальна одиниця (суббасейн) позиційно-динамічної структури басейну Дніпра визначена на рівні водозборів ерозійних форм IV порядку й вище, яка забезпечує можливість визначити стан басейнових ландшафтних територіальних і аквально-структур у взаємозв'язку їх характеристиками із параметрами стоку води. Виділено 776 суббасейнів розміром від 1,9 до 22680,2 км² IV–IX порядків. Аналіз структури різнопорядкових водозбірних площ басейну Дніпра показав, що площа, дренована тальвегами, з 1-ого по 4-й порядок становить 58,4 %, 5 і 6-ого порядків – 33 %, 7–9-ого – 8,6 % (*Pichura et al.*, 2017). Живлення головного русла наносами здійснюється за рахунок верхньої та середньої ланок (91,4 %), а живлення місцевими наносами нижньої ланки русла Дніпра становить 1,8 %.

Головним джерелом живлення являються снігові води, у верхній течії вони складають близько 50%, підземні – 27% і дощові – понад 23%.

В басейні р. Дніпро присутні різноманітні форми екстенсивного та інтенсивного природокористування – промислове, сільськогосподарське, рекреаційне тощо, в результаті чого нераціонально використовуються земельні, водні, лісові, мінеральні та інші важливі ресурси. Ускладнюється екологічна ситуація транскордонним положенням басейну і фактичною неможливістю вплинути на процеси природокористування в межах сусідніх держав. Разом з тим, провідний і найпотужніший вплив за масштабами проявів природокористування є сільськогосподарське, який зумовив великомасштабну агрогенну трансформацію басейнових ландшафтних структур (близько 283 тис.км² або 55,4 % площі басейну повністю втратили свій природний ландшафт) та значного підвищення ґрунтово-ерозійної міграції високотоксичних та біогенних речовин і погіршення екологічного стану значної частини транскордонного водозбору і ерозійно-русових систем далеко за межами первинних осередків забруднення. Стан басейнових ландшафтних структур до антропогенного впливу оцінено як нестійкий.

Зважаючи на особливості агрогенної трансформації водозбору, було проаналізовано просторову диференціацію середовища стабілізуючих угідь – лісів. Ліси, будучи частиною природної сфери басейну Дніпра, виконують цілу низку найважливіших і унікальних еколого-економічних функцій. Вони впливають на водообмін і стан водних екосистем, запобігають ерозії ґрунтів, перешкоджають утворенню ярів і зсувів, а також зберігають ландшафти і родючість ґрунтів тощо. Ступінь лісистості водозбірних річкових суббасейнів забезпечує збереження природної екологічної рівноваги всього транскордонного басейну, який значно порушений господарською діяльністю людини. Земельні ресурси басейну ріки Дніпро характеризуються високим рівнем господарської освоєності. При обліку ступеня розораності і лісистості для оцінки наслідків антропогенного порушення території (Seregin, 1980) перехід від середнього до сильного ступеня трансформації земельного фонду пов'язаний з часткою ріллі більше 40 % і лісистості не менше 20%.

Лісові ресурси нерівномірно розподілені по території басейну ріки Дніпро. Ліси переважно зосереджені у верхній частині басейну і мало представлені в нижній частині невеликою площею штучних лісонасаджень і лісовими полезахисними смугами. Загальна площа лісів складає 175,4 тис. км² (рис. 1а), в т.ч. Білорусії – 48,6 %, Російській Федерації – 31,6 % і Україні – 15,7 %. Лісистість територій транскордонного басейну Дніпра за окремими водозбірними річковими суббасейнами варіює від 0 % до 95 % (рис. 1б): 516 суббасейнів із загальною площею 324,4 тис.км² (63,5 % площі транскордонного басейну) мають менше 20 % лісних масивів (Лісостеп, Степ); ступінь лісистості в межах 20–40 % мають 143 суббасейни (Лісостеп, зона мішаних лісів) із загальною площею 110,1 тис.км² (21,5 %); лісистість більшу 40 % мають 117 суббасейнів (зона мішаних лісів) із загальною площею 76,5 тис.км² (15,0 %).

Переважна частина суббасейнів (97 %) із лісистістю більше 20 % розміщені в межах верхньої течії (зони мішаних лісів) ріки Дніпро, в свою чергу, у суббасейнах зон Степу та Лісостепу басейну Дніпра площа лісів в два-три рази менше оптимального рівня або вони майже відсутні. Середнє значення лісистості територій суббасейнів становить: зона мішаних лісів – 34,7%, Лісостеп – 12,7%, Степ – 3,7%.

Земельні ресурси басейну ріки Дніпро характеризуються високим рівнем господарської освоєності (рис. 2а). Майже 3/5 площі басейну втратили свій природний ландшафт в результаті інтенсивного господарського використання (Pichura, 2016). М.І. Лопирьов (Lopyrev et al., 1999) запропонував оцінювати стійкість ландшафтів за співвідношенням «рілля / природні угіддя». В середньому, для полого-горбистого рельєфу співвідношення «рілля / природні угіддя» характеризує такі типи стану ландшафту: 70:30 – руйнівний, 60:40 – нестійкий, 50:50 – гранично-стійкий, 40:60 – мінімально стійкий, 35:65 – середньостійкий, 30:70 – стійкий, 25:75 – високостійкий, 0:25:100–75 – екологічна рівновага зі стійким підвищенням родючості ґрунтів. З урахуванням специфіки структури природних угідь в межах басейну Дніпра – домінування частки лісів і незначна частка інших угідь (болота, землі під водою, ліси природного і штучного походження, захисні водоохоронні насадження, заповідні території, пасовища, сінокоси, перелоги), – нами було модифіковано методику, а стійкість ландшафтів басейну оцінювалась за співвідношенням «рілля/лісистість».

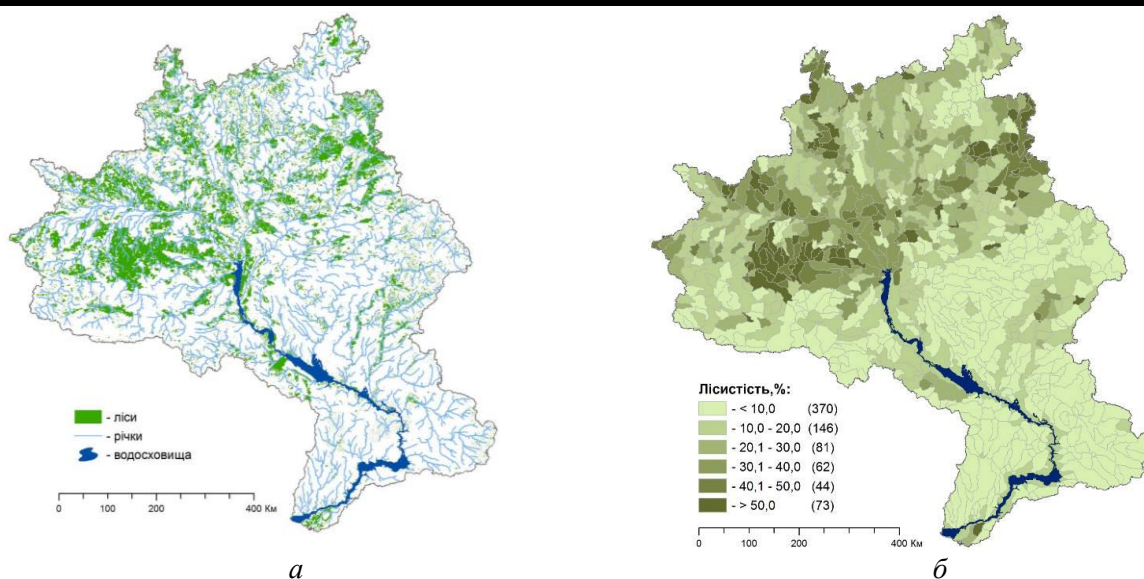


Рис. 1. Просторовий розподіл лісних масивів на території басейну ріки Дніпро: а – ліси; б – частка в границях різнопорядкових водозбірних суббасейнів, %

Розораність територій басейну Дніпра в окремих суббасейнах розподілена достатньо нерівномірно, із півночі на південь транскордонного водозбору збільшується в середньому на 75 %, із заходу на схід – на 60 %: 299 суббасейнів (рис. 2б) із загальною площею 164,9 тис.км² (32,3 % площі транскордонного басейну) мають високостійкі та стійкі ландшафтні територіальні структури (ЛТС) із розораністю 30 % і менше (зона мішаних лісів); середню і мінімальну стійкість ЛТС (розораність – 30–40 %) мають 61 суббасейн із загальною площею 66,1

тис. км² (зона мішаних лісів); розораність у межах 40–50 % і відповідно граничності ЛТС мають 72 суббасейни із загальною площею 9,3 тис.км² (18,2 %) (Лісостеп, Степ); нестійку і руйнівну ступінь (більше 50 % розораності території) ЛТС мають 344 басейни із загальною площею 21,4 тис.км² (42,0 %) – Лісостеп і Степ. Така структура просторової диференціації співвідношення розораності і лісистості у водозборі вказує на значну трансформацію ландшафтних структур більше ніж 60 % території басейну Дніпра.

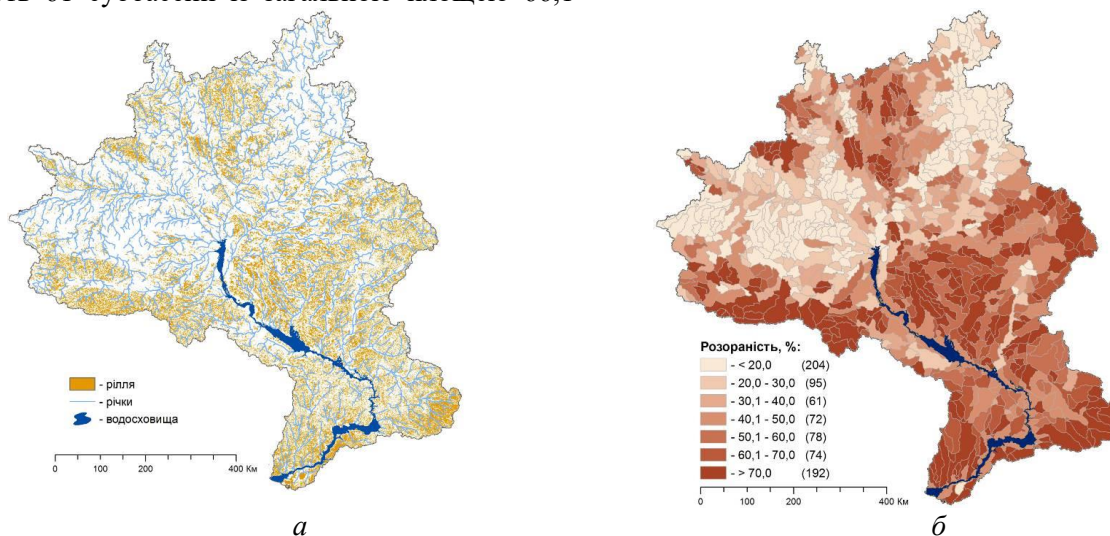


Рис. 2. Розораність територій різнопорядкових суббасейнів у водозборі р. Дніпро: а – рілля; б – частка рілля в границях різнопорядкових суббасейнів, %

Для оптимізації басейнового природокористування в аспекті протиерозійної організації території була здійснена додаткова оцінка морфометричних характеристик рельєфу, які визначають ерозійну небезпеку водозбірної території.

Найбільш цінними для господарського використання є плакорні ділянки. Ерозійна небезпека водозбірних суббасейнів залежить від наявності частки земель із схилами крутизною більше 1° . Визначено, що 225 суббасейнів (рис. 3а) із часткою земель із схилами крутизною більше 1° рівною та менше 20 % становить 109,5 тис.км² (21,4 %); 487 суббасейнів мають 20–50 % схилих земель із загальною площею 360,4 тис.км² (70,5 %); більше 50 % площі схилих земель мають 64 суббасейни із площею

41,1 тис.км² (8,1 %) – зона Лісостепу. Частка схилів в межах території басейну Дніпра збільшується із заходу на схід у 2,7 раза.

Виявлено закономірність: якщо частка схилів південної експозиції перевищує 25%, то рельєф басейну характеризується підвищеним ерозійним потенціалом при сніготаненні. Площа земель зі схилами південної експозиції (P_{CX}) визначається на основі растру розподілу схилих земель за їх експозицією, з вибіркою значень азимуту в інтервалі від 135° до 225° . Частку P_{CX} менше 20 % (рис. 3б) мають 183 суббасейни із загальною площею 104,4 тис.км² (20,4 %), в межах 20–25 % P_{CX} мають 472 суббасейни із площею 341,6 тис.км² (66,9 %), підвищений ерозійний потенціал при сніготаненні має 121 суббасейн із площею 65,0 тис.км² (12,7 %).

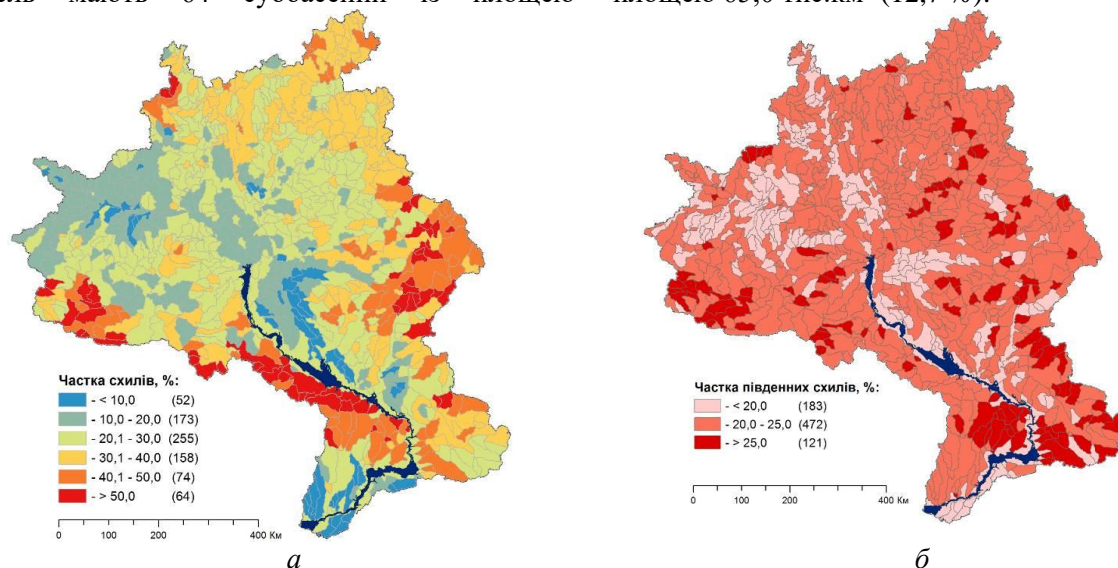


Рис. 3. Характеристика морфометричних параметрів схилих земель у межах різнопорядкових суббасейнів водозбору р. Дніпро: а – частка схилів більше 1° , %; б – частка схилів південної експозиції, %

На розораних схилих землях транскордонного басейну сучасні водно-ерозійні процеси здебільшого проявляються у формі площинного змиву ґрунтів. Природними факторами просторової диференціації ерозійних процесів та інтенсивності їх протікання є рельєф місцевості (крутизна, довжина та експозиція схилу), метеорологічні умови (кількість та інтенсивність дощів, а також швидкість сніготанення), протиерозійні властивості ґрунтів тощо. Розораність схилих земель у басейні Дніпра на окремих територіях його суббасейнів складає 64 % (рис. 4а): 596 суббасейни із

загальною площею 383,6 тис.км² (75,2 %) мають менше 20 % розораних схилів; від 20 до 50% розораних схилів мають 174 суббасейни із площею 125,1 тис.км² (24,5 %), більше 50 % розораних схилів мають 6 суббасейнів із площею 2,3 тис.км² (0,5 %). Розораність схилих земель значно збільшується (в 11 разів) із заходу на схід транскордонного басейну, також подібна тенденція спостерігається від витoku (зони мішаних лісів) до дельти р. Дніпро (Степ), в цьому напрямку частка розораних схилих земель у різнопорядкових суббасейнах збільшується в середньому в 4–5 разів.

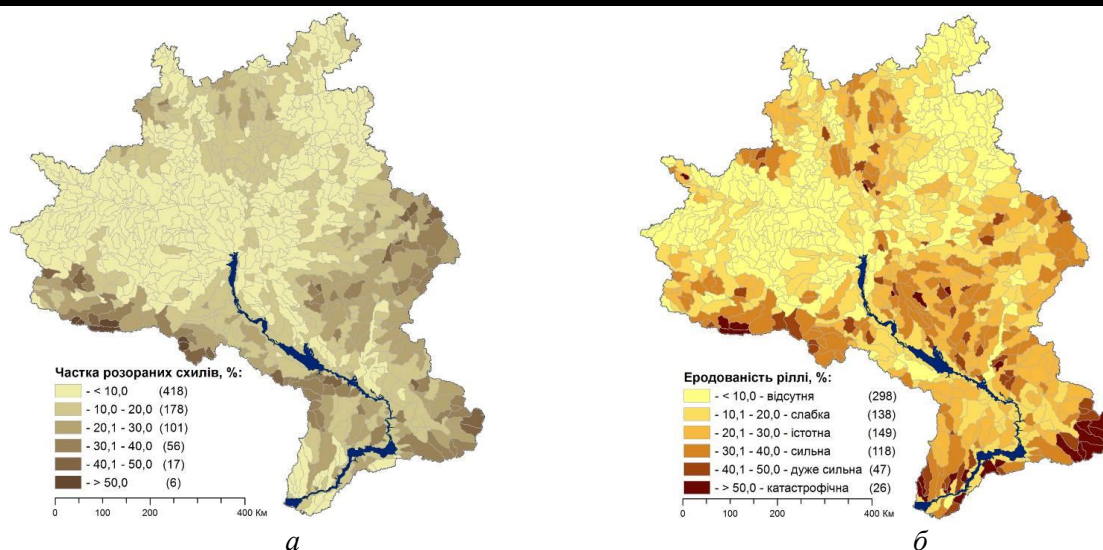


Рис. 4. Розораність схилових земель та інтенсивність деградації сільськогосподарських земель у межах різнопорядкових суббасейнів водозбору р. Дніпро:
а – частка розораних схилів, %; б – частка еродованої ріллі, %

В результаті високого рівня сільськогосподарської освоєності басейнових ландшафтних територіальних структур, зокрема їх висока розораність, екстенсивного та інтенсивного використання сільськогосподарських угідь, значного посилення набули процеси деградації ґрунтового покриву, які характеризуються показником еродованості. Він є індикатором негативних змін властивостей ґрунтів внаслідок дії процесів водної ерозії на території водозбірних басейнів, що призводить до втрати найбільш родючого шару ґрунту, виносу гумусу (дегуміфікації ґрунтів) і поживних речовин, значного погіршення фізичних властивостей ґрунтів, зменшення урожайності та якості сільськогосподарських культур. З погіршенням агрофізичних властивостей ґрунтів ще більше зростає їх схильність до ерозії, яка може привести до повної втрати гумусового горизонту та безповоротного погіршення ґрунту. На середньо- та сильнозмитих землях інфільтраційна можливість ґрунту зменшується до 30% і змиваємість збільшується в 1,5–2,0 рази, що призводить до значного збільшення акумулятивних процесів у річках продуктів ерозійного руйнування ґрунтів, разом з ним агрохімікатів, біогенів, важких металів, в тому числі радіонуклідів, що значно погіршують якість поверхневих вод, призводять до евтрофікації акваторій, замулення малих річок, що є причиною повного зникнення багатьох із них у межах басейну Дніпра.

Еродованість ґрунтів на території басейну Дніпра варіює (рис. 4б) від 0,13 % (відсутня) до 74,5% (катастрофічна): 436 суббасейни із загальною площею 260,2 тис.км² (51% площі транскордонного басейну) мають слабку або взагалі відсутню площу еродованих земель; істотну ступінь еродованості ґрунтів мають 149 суббасейнів із загальною площею 117,5 тис. км² (23,0%); від сильного до катастрофічного рівня еродованості ґрунтів – 191 суббасейн із загальною площею 133,3 тис.км² (26,0 %). Визначено, що в середньому на слабоеродованих ґрунтах недобір врожаю сільськогосподарських культур складає 10–20%, на середньоеродованих – 40–60% і на сильноеродованих – до 80% (Lisetskiy et al., 2012). У зонах Степу та Лісостепу басейну Дніпра недобір врожаю на змитих ґрунтах також значно залежить від ступеня зволоження ґрунтів, яка від витоку до дельти р. Дніпро зменшується в 3 рази.

Оцінка екологічної ситуації в басейні р. Дніпро проведена за авторською методикою типізації територій водозбору та узагальненої оцінки його стану за рівнем агрогенної трансформації і водно-ерозійної деструкції ландшафтних структур басейнів річок на основі ГІС-технологій. Типізація різнопорядкових суббасейнів у водозборі Дніпра здійснена із використанням інструменту Grouping analysis of Spatial Statistics Tools за комплексом показників: лісистість, розораність, частка схилів більше 1°, частка розораних схилів, частка схилів південної експозиції і еродованість ґрунтів. Це дозволило виділити три групи (рис. 5а, табл. 1), 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 і сучасного стану ландшафтних територіальних структур басейну р. Дніпро.

Таблиця 1. Типізація суббасейнів у водозборі Дніпра за рівнем агрогенної трансформації стану ландшафтних територіальних структур

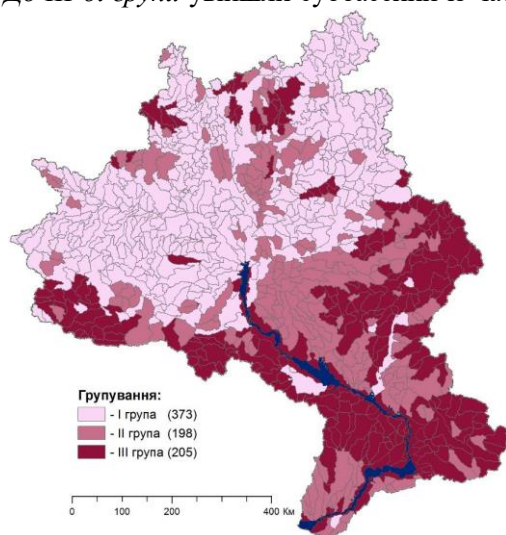
Групи	Розораність	Лісистість	Еродованість ріллі	Частка схилів	Розораність схилів	Частка схилів південної експозиції
	%					
I	19,3±8,7	29,8±11,5	5,8±4,3	26,4±8,9	5,0±3,8	21,3±2,2
II	75,7±15,1	6,9±4,4	21,5±11,4	16,6±8,0	12,1±6,3	20,9±2,8
III	66,7±11,2	7,4±4,8	33,2±11,0	44,0±13,2	28,2±10,1	24,9±2,8

До I-ої групи увійшли суббасейни із непорушеними та слабо 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. км² (43,9 % території басейну).

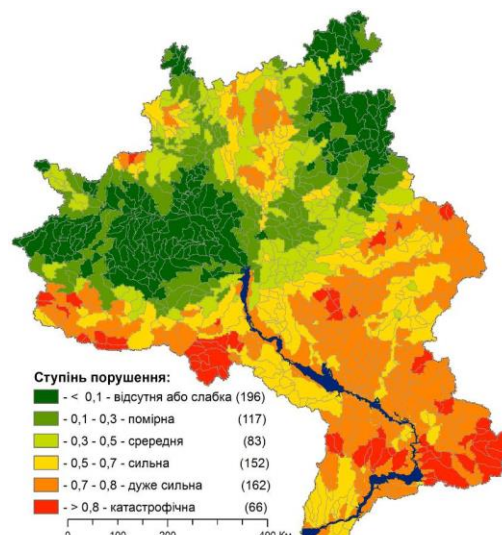
Друга група характеризується високим ступенем агрогенної трансформації ландшафтів із часткою ріллі близько 76 %, істотною та сильною еродованістю та низьким рівнем лісистості території – 7 %. До цієї групи увійшло 198 суббасейнів загальною площею 116,6 тис. км² (22,8 %).

До III-ої групи увійшли суббасейни із 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. км² і підтоплення 10 тис. км² продуктивних земель та докорінної зміни умов природного водообміну, який уповільнився до 30 разів (Hvesik, 2013). 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-ої групи, приурочені до зони мішаних лісів, II і III груп – до зон Лісостепу і Степу.



а



б

Рис. 5. Типізація водозбірної території р. Дніпро за рівнем агрогенної трансформації (а) ландшафтних територіальних структур та ступенем порушення різнопорядкових суббасейнів (б) з урахуванням потенціалу прояву водно-ерозійних процесів

Для визначення інтегрального значення ступеню агрогенної трансформації ландшафтних територіальних структур різнопорядкових суббасейнів на території водозбору р. Дніпро здійснено просторову інтерполяцію та нормування окремих дестабілізуючих показників із застосуванням методу імовірнісного кригінгу. 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. 5б).

Близько 313 суббасейнів (табл. 2) із загальною площею 172,5 тис. км² (33,7% від площі водозбору Дніпра) мають слабку або помірну ступінь агрогенного порушення, 83 суббасейни (62,8 тис. км² або 12,3%) – середню ступінь порушення, 380 суббасейнів (275,7 тис. км² або 54%) мають від сильного до катастрофічного ступеня агрогенного порушення та потребують першочергової розробки і впровадження ґрунто- та водоохоронних заходів природокористування.

Таблиця 2. Градація водозбірних суббасейнів за ступенем агрогенного порушення ландшафтних територіальних структур басейну р. Дніпро

Ступінь порушення		Кількість басейнів, шт.	Частка суббасейнів, %	Площа, км²	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

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 (*Lopyrev et al.*, 2001), стійкість ландшафтів до антропогенного впливу можна оцінити у співвідношенні площі ріллі до площі природних угідь. Мінімально стійкий стан досягається, коли це співвідношення дорівнює 40:60. У басейні р. Дніпро ця пропорція становить 60:40. Для досягнення мінімальних показників стійкості басейнових ландшафтних територіальних структур необхідно у межах 470 суббасейнів скоротити ріллю на 7900 тис. га.

Оскільки орні землі є основним джерелом сільськогосподарської продукції та запорукою продовольчої безпеки країни, їх правове використання строго контролюється. Переведення сільськогосподарських земель в інші категорії, допускається тільки у виняткових випадках, пов'язаних з містобудівною, промисловою та політичною діяльністю, а також

непридатністю земель для здійснення сільськогосподарського виробництва. Тому, необхідною є розробка концептуальної моделі еколого-раціональної експлуатації водозбірної території р. Дніпро на основі басейнових принципів природокористування.

Висновки

В результаті широкомасштабного просторового моделювання встановлена неоднорідність мозаїчного агроландшафту та визначені морфометричні характеристики рельєфу територій басейну Дніпра. Структура просторової диференціації співвідношення розораності і 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 розташовані на схилах крутизною 1° і більше; частка розораних схилів у 35% суббасейнів складає більше 20%; підвищений ерозійний потенціал при сніготаненні мають 12,7 % суббасейни, ступінь еродованості ґрунтів варіює від 0,13 % (відсутня) до 74,5% (катастрофічна). Від середнього до катастрофічного ступеня еродованості ґрунтів

мають 340 суббасейнів із загальною площею 250,8 тис. км² (49,0%). Проведена типізація території басейну ріки Дніпро за рівнем агрогенної трансформації і водно-ерозійної деструкції ландшафтних структур дозволила виділити три групи за основними класифікаційними ознаками (лісистість, еродованість і розораність території, в т.ч. схилів). До першої групи увійшли суббасейни із непорушеними та слабо порушеними ландшафтними структурами із загальною площею 224,2 тис.км² (43,9 %), до другої групи – із високим ступенем агрогенної трансформації ландшафтних структур загальною площею 116,6 тис.км² (22,8 %), до третьої групи увійшли суббасейни загальною площею 170,2 тис.км² (33,3 %) агрогенно трансформовані ландшафтні структури із високою ґрунтово-ерозійною небезпекою. За дестабілізуючими показниками (розораність загальна, еродованість паші, розораність схилів, частка схилів південної експозиції) було виділено 6 категорій суббасейнів за ступенем агрогенного порушення з урахуванням проявів водно-ерозійних процесів. Визначено, що 463 суббасейни із загальною площею 338,5 тис. км² (66,3%) входять до категорій із середнім, сильним, дуже сильним і катастрофічним ступенем агрогенної трансформації. Рациональне землекористування повинно враховувати властивості і особливості ландшафту, сприяти охороні і відтворенню ґрунтового, рослинного покриву та інших природних компонентів в єдиній згоді між державами транскордонного басейну.

Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурсним проектом Ф 84.

References

- Dubnyak, S. & Timchenko, V. (2000). Ecological role of hydrodynamic processes in the Dnieper reservoirs. *Ecological Engineering*, 16 (1), 181–188. doi: [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00103-8](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00103-8).
- Khvesyuk, M. A. (2013). Ekologichni problemy basynu r. Dnipro ta shliakhy yikh vyrishennia [Environmental problems of the Dnieper basin and ways of their solution]. *Ekologhiia i pryrodokorystuvannia*, 17, 68–74 [in Ukrainian].
- Lillie, M., Budd, C., Potekhina, I. & Hedges, R. (2009). The radiocarbon reservoir effect: new evidence from the cemeteries of the middle and lower Dnieper basin, Ukraine. *Journal of Archaeological Science*, 36 (2), 256–264. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jas.2008.09.005>.
- Lisetskii, F. N. & Pichura, V. I. (2016). Assessment and forecast of soil formation under irrigation in the steppe zone of Ukraine. *Russian Agricultural Sciences*, 2, 154–158. doi: 10.3103/S1068367416020075.
- Lisetskiy, F. N., Svetlichny, A. A. & Cherny, S. G. (2012). Sovremennye problemy eroziovedeniya [Modern problems of erosion science]. Belgorod : Constant [in Russian].
- Lopyrev, M. I., Shevchenko, V. E., Zezyukov, N. I. & Fedotov, V. A. (1999). Proektirovanie i vnedrenie ekologo-landshaftnykh sistem zemledeliya v sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh Voronezhskoy oblasti [Design and implementation of ecological landscape farming systems in agricultural enterprises of the Voronezh region]. Voronezh : Origins [in Russian].
- Lopyrev, M. I. & Makarenko, S. A. (2001). Agrolandshafty i zemledelie [Agrolandscapes and agriculture]. Voronezh : VGU [in Russian].
- Oliinyk, V. S. & Bielova, N. V. (2014). Erodovalnist zemel v ahrolandshaftakh Peredkarpattia [Land erosion in the agricultural landscapes of the Precarpathian region]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*, 10 (2), 361–364 [in Ukrainian].
- Pichura, V. I. (2016). Struktura hidrogeomorfolohichnoi systemy dlia stvorennia heoosnovy ekolohichnoho karkasa basynu richky Dnipro [Structure of the hydrogeomorphological system for creating the geo-foundation for the ecological framework of the Dnieper river basin]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarno-ekonomichnoho universytetu*, 2 (40), 19–25 [in Ukrainian].
- Pichura, V. I., Shakhman, I. A. & Bystriantseva, A. N. (2018). Prostorovo-chasova zakonodirnist formuvannia yakosti vody v richtsi Dnipro [Spatial and temporal regularities of water quality formation in the Dnieper river]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*, 10 (1–2), 44–57 [in Ukrainian].
- Semenchenko, V. & Rybianets, N. (2006). The state and water quality of small rivers in Belarus: the case study of the Dnieper river basin. *Ecology & Hydrobiology*, 6 (1–4), 61–67. doi: [https://doi.org/10.1016/S1642-3593\(06\)70127-6](https://doi.org/10.1016/S1642-3593(06)70127-6).
- Seregin, S. Ya. (1980). Basseynovyy printsip

- geograficheskogo prognozirovaniya i prirodopolzovaniya [Basin principle of geographical forecasting and environmental management]. *Geograficheskiye issledovaniya dlya tseley sotsialisticheskogo prirodopolzovaniya* : tezisy dokladov seksii II VII syezda Geogr. obshchestva SSS (pp. 26–34). Moskva : GO SSSR [in Russian].
- Shakhman, I. A., Pilipenko, Yu. V., Lipisivitskiy, A. A. & Demianova, O. O. (2012). Optimizatsiya antropogennoy nagruzki na reki Nizhnego Pridneprovya [Optimization of anthropogenic load on the rivers of the Lower Dnieper]. *Zakhyst navkolyshnoho seredovyscha. Enerhooshchadnist. Zbalansovane pryrodokorystuvannia* : materialy 2-ho Mizhnarodnoho konhresu (p. 159). Lviv : Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki [in Russian].
- Skok, S. V. (2018). Kharakterystyky kanalizatsiino-poverkhnevyykh stokiv mista Kherson ta otsinka yikh vplyvu na stan hidroekosystem Nyzhnoho Dnipra [Characteristics of sewage-surface runoff of the city of Kherson and assessment of their impact on the state of the Lower Dnieper hydroecosystems] (Avtoreferat dysertatsii kandydata silskohospodarskykh nauk). Dniprovskiy derzhavnyi ahrarno-ekonomichnyi universytet, Dnipro [in Ukrainian].
- Timchenko, V., Oksiyuk, O. & Gore, J. (2000). A model for ecosystem state and water quality management in the Dnieper River delta. *Ecological Engineering*, 16 (1), 119–125. doi: [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00096-3](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00096-3).