

ВОДНІ БІОРЕСУРСИ

УДК 504.4:556:631:551.58:519.2:528.94

DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.1>

ОБҐРУНТУВАННЯ БЕЗПЕКИ ВОДО- І ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЗА БАСЕЙНОВИМ ПРИНЦИПОМ

¹Пічура В.І. – д.с.-г.н, професор,

¹Потравка Л.О. – д.е.н., професор,

¹Рутта О.В. – викладач,

²Білошкурєнко О.С. – студент,

¹Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна

²Поморська академія, м. Слупськ, Польща

pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com

Ефективному державному та транскордонному управлінню в галузі використання, охорони та відтворення земельних і водних ресурсів сприятиме перехід від адміністративно-територіальної до адміністративно-басейнової системи управління земельними та водними ресурсами, за якої головною одиницею управління та розроблення природоохоронних заходів буде визначено басейн водного об'єкта. Вивчення потоків речовини, енергії та інформації всередині басейну дозволяє моделювати антропогенний вплив на природні комплекси в цілому та його окремі компоненти в результаті природокористування, прогнозувати результати та коригувати господарську діяльність. Представлено методiku визначенням внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору та створення екологічного каркасу басейну річки із застосуванням ГІС-технологій. Описано існуючі підходи та їх переваги у вивченні стану та моделювання процесів басейнових територіальних структур. Запропонована концептуальна модель еколого-раціональної експлуатації території водозбірного басейну, яка включає: створення екологічного каркасу річкового басейну на основі ідентифікації внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору; розробку і наповнення геоінформаційно-аналітичної системи річкового басейну, в тому числі оцінку і прогноз екологічної ситуації та визначення найбільш агрогенно трансформованих різнопорядкових суббасейнів; розробку проекту басейнової організації природокористування, в тому числі еколого-ресурсну характеристику сучасного стану території різнопорядкових суббасейнів та оцінку ефективності провадження проекту. Розроблено алгоритм оцінки стану водозбору та проекту басейнової організації природокористування із застосуванням ГІС і ДЗЗ-технологій. Запропоновано механізм створення та обґрунтовано перспективи впровадження геоінформаційно-аналітичної системи підтримки басейнового природокористування, яке передбачає систематизацію різнорівневої та галузевої

інформацій моніторингових спостережень із метою організації ґрунто- та водохоронних заходів.

Ключові слова: річка, басейн річки, водні та земельні ресурси, наукові підходи, геоінформаційно-аналітична система, еколого-раціональна експлуатація, природокористування.

Постановка проблеми. Останніми роками найбільш перспективним об'єктом географічних досліджень щодо встановлення просторово-часових закономірностей організації та взаємозв'язків стабілізуючих (природне середовище) та дестабілізуючих (антропогенне середовище) компонентів екосистем є басейн річки, який [1] оцінюється як «особлива просторова одиниця біосфери, найбільш перспективна для багатоаспектного вивчення природи, економіки та для управління навколишнім середовищем». Басейни мають досить чіткі природні кордони – вододіли та внутрішню функціонально-цілісну замкнутість міграційних потоків поверхневого та внутрішньогрунтового стоку вод, а також міграцію розчинених речовин і твердої речовини ґрунтів, винос яких здійснюється через замикаючий створ водозбору [2]. Басейн представляє собою обмежену вододілом частину земної поверхні з урахуванням товщі ґрунтів, звідки відбувається стікання води в окрему річку. Це водно-балансова система, в якій відбувається трансформація атмосферних опадів у інші елементи водного балансу. Тому, велике значення для виникнення басейнів мають режим випадання опадів, температурні характеристики клімату та все те, що визначає співвідношення елементів балансу поверхневого стоку вод. З точки зору кліматичних особливостей басейни виникають там, де кількість атмосферних опадів перевищує їх випаровування та фільтрацію води в ґрунті [3].

Традиційно в гідрології басейн річки розглядається як водозбірна поверхня, яка визначає обсяг стоку, характер водного режиму та інші гідрологічні характеристики стоку, твердого стоку та стоку речовин. Особливе місце займає ерозійний напрямок у дослідженні річкових басейнів [4]. Будь-яка ерозійна форма має свій басейн стоку поверхневих вод, або водозбір. Водозбори різних річок (водотоків) розділені між собою вододілами.

В річкових басейнах легко виділяються парагенетичні зв'язки, в яких верхня ланка визначає поведінку нижньої ланки, а нижня ланка інтегрує явища, які відбуваються у верхніх ланках басейну [5]. Зокрема, на басейновому рівні здійснюється найважливіша функція взаємозв'язків складових (біотичних і абіотичних) екосистем [6], між якими існують генетичні, історичні чи функціональні зв'язки, виражені безперервним обміном речовин, енергії та інформації між ними. Саме річковий басейн виступає в якості цілісної системи з установленими екологічними, соціальними та економічними зв'язками [7, 8]. Також басейн є природно-організованою територіальною одиницею, яка забезпечує можливість установ-

лення істинних просторово-часових закономірностей наслідків і ступеня впливу людської діяльності на деградацію природних екосистем [9, 10].

Басейн будь-якої річки внаслідок господарського використання зазнає певних антропогенних навантажень. Причому потреба у водних ресурсах річок постійно зростає, що, відповідно, впливає на кількісні та якісні показники їх стану [11]. Річка є одночасно джерелом води та приймачем стічних вод [12]. Найбільш уразливими до антропогенного впливу є малі річки, зокрема, розорювання водозборів, надмірна їх насиченість просапними культурами, меліорація, недостатня лісистість [13]. Усе це посилює ерозійні процеси, що призводять до замулення й забруднення [14], зміни водно-фізичних властивостей ґрунтів [15, 16], теплового та водного балансів [17], порушення гідравлічних взаємозв'язків поверхневих і підземних вод, а також умов формування стоку [18–20]. Ситуація ускладнюється ще й тим, що в останні роки простежується тенденція до активного відведення берегів і заплав річок під дачне будівництво, садівництво й городництво [21]. Тому сучасні підходи до вивчення антропогенного впливу на водозборах і в річкових долинах повинні ґрунтуватися на екосистемному [22, 23] та басейновому підходах [1], які полягають у комплексній оцінці використання водних і земельних ресурсів, структури ландшафтів і їх деструкції. Перевагами використання басейнового підходу є [24]: чіткість і простота виділення меж; ієрархічна структура, що дозволяє переходити на різні територіальні рівні управління; організація односпрямованих потоків речовини, енергії та інформації; геосистемний взаємозв'язок, що дає можливість здійснювати всі види екологічного моніторингу; приуроченість ґрунтового й рослинного покриву, системи розселення та природокористування до окремих басейнових структур; локалізація техногенних джерел забруднення середовища вздовж водозбірних басейнів – водотоків.

Басейновий підхід знайшов широке застосування в еколого-географічних дослідженнях [25–28]. Вивчення потоків речовини, енергії та інформації всередині басейну дозволяє моделювати антропогенний вплив на природні комплекси в цілому та його окремі компоненти (в тому числі воду й ґрунт) в результаті природокористування, прогнозувати результати та коригувати господарську діяльність [29]. Переваги, об'єктивна необхідність і доцільність комплексного управління водними ресурсами, заснованого на басейновому принципі, визнана сьогодні в усьому світі. Країни з різним державним устроєм змушені шукати шляхи взаємодії учасників водогосподарського комплексу та спільно вирішувати завдання його розвитку в рамках басейнів водних об'єктів. Результатом багаторічних обговорень членами Європейського союзу комплексної політики з управління водними ресурсами стало закріплення басейнового принципу управління

водними ресурсами в Рамковій директиві ЄС 2000/60/ЄС [30]. В ній визначено, що інтегроване управління водними ресурсами на основі басейнових принципів забезпечить процес, який сприятиме скоординованому розвитку та управлінню водними, земельними та пов'язаними з ними ресурсами для підвищення результативності економічного та соціального добробуту на принципах справедливості для сталого розвитку важливих екосистем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Басейновий принцип в останні роки все частіше використовується для виявлення та прогнозування загострення природоохоронних проблем, коли територіальні узагальнення здійснюються за гідрографічними басейнами в різних природних зонах. Коритний Л. М. [1, 24] наголосив, що басейновий підхід є основою сучасної геоекологічної оцінки територій. Долженко В. А. [31] акцентував увагу на необхідності широкого та послідовного впровадження в життя принципів управління та правового регулювання в галузі використання та охорони водних об'єктів на основі басейнового підходу. Швебс Г. І. [32] пропонував виділення та вивчення природно-господарських одиниць на основі басейнового підходу з ціллю оптимізації природокористування. В результаті пошуку рішення проблеми поєднання адміністративних кордонів із природними межами все більш привабливою стає басейнова концепція природокористування [1, 22, 24, 29].

Традиційно механізм управління природними ресурсами є адміністративно-територіальним, який у більшості випадків не відповідає межам природних територіальних систем. Такий підхід має пріоритет за рахунок налагодженої системи надходження інформації про території для прийняття управлінських рішень і оцінки економічної ефективності господарської діяльності. Але узагальнені середні екологічні показники абсолютно не відображають просторову диференціацію оцінюваних показників усередині адміністративних кордонів [33]. Тому в останні роки приходить усвідомлення того, що багатоаспектні явища взаємодії суспільства з природою можна вивчати й регулювати лише за допомогою басейнового та геосистемного підходів у поєднанні з комплексним територіально-ландшафтним аналізом [34, 35].

Таким чином, можна констатувати, що басейновий підхід до різних географічних і еколого-економічних проблем за свою майже піввікову історію довів життєвість, необхідність і перспективність. Починаючи з його застосування в гідрології суші, в інших науках фізико-географічного циклу та ландшафтознавства, в даний час все більше використовується у геоекологічних дослідженнях для вирішення задач збалансованого природокористування, що обґрунтовується з методологічних, методичних і організаційних позицій і вже підтверджено конкретними результатами. Басейновий принцип управління водними ресурсами визначає передумови та

напрями створення в Україні сучасного механізму використання, охорони та відтворення вод [5], який відповідатиме найбільш ефективній міжнародній практиці та надасть змогу реалізувати стратегію державної політики, спрямованої на запобігання виснаженню водних ресурсів і досягнення та підтримку якості води [36].

Постановка завдання. Здійснити теоретико-методологічне обґрунтування безпеки водо- і землекористування за басейновим принципом із застосуванням геоінформаційних систем (ГІС) та технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Матеріали та методи досліджень. Для просторово-часового дослідження стану водних та земельних ресурсів в межах басейнів річок, розробки природоохоронних заходів на основі басейнної концепції природокористування важливою задачею є коректне створення екологічного каркасу басейну річки із визначенням внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору із застосуванням ГІС-технологій.

Для поділу річкових басейнів на групи, залежно від порядку головного русла, використаний підхід Стралера-Філософова [37, 38], у якому водотік (або русло тимчасового водотоку), який не отримує приток, відноситься до русла 1-го порядку. Два русла 1-го порядку, зливаючись, дають початок водотокам 2-го порядку. За цим правилом нижче вузла злиття будь-яких однопорядкових водотоків починається русло більш високого порядку (порядок збільшується на одиницю).

При злитті різнопорядкових водотоків і утворений нижче вузла їх злиття водотік зберігає порядок, який був у водотоку до злиття однопорядковими водотоками (рис. 1). Дослідження особливостей навантаження



*Рис. 1. Структура річкового басейну IV порядку (відповідно до кодування басейнів за Стралером – Філософовим):
.... – лінія вододілу, 1–4 – порядки водотоків або ерозійної мережі*

геоморфологічної роботи на басейн річки та всіх компонентів ландшафту, у взаємозв'язку з визначенням характеристик із параметрами стоку води, - можливі за умови басейнної організації території на рівні водозборів ерозійних форм IV порядку, яка передбачає можливість виявлення ландшафтно-ї неоднорідності території [24].

Поділ (районування) території на басейни річок – одне з найбільш типових і необхідних операцій у гідрологічних і екологічних дослідженнях. Річкові басейни можуть виступати в якості основної операційно-територіальної одиниці при районуванні, оцінці інтенсивності ерозійних процесів та ін. Застосування басейнового підходу географічно та екологічно обґрунтоване (басейн – природна та іноді – природно-господарська система).

Геоморфологічні дослідження позиційно-динамічної структури басейну річки необхідно проводити на основі даних Shuttle radar topographic mission (SRTM) – радарна топографічна зйомка більшої частини території земної кулі, за винятком найпівнічніших (> 60), найбільш південних широт (> 54), а також океанів, яка була створена за 11 днів у лютому 2000 р. за допомогою спеціальної радарної системи. Двома радіолокаційними сенсорами SIR-C і X-SAR було зібрано понад 12 терабайт даних (що приблизно дорівнює обсягу інформації бібліотеки Конгресу).

Виділення водотоків, визначення їх порядків і водозбірних територій виконується за допомогою програми ArcGIS на основі цифрової моделі рельєфу з використанням удосконаленого нами алгоритму [39-41] гідрологічного геомодельовання робочого модуля Hydrology tools of Spatial Analyst Tools, який включає вісім послідовних кроків моделювання.

Крок 1. Візуалізація цифрової моделі рельєфу (ЦМР) на основі SRTM-90 із дозволом пікселю на місцевості 90×60 м.

Крок 2. Заповнення некоректних знижень рельєфу із застосуванням функції Fill. За допомогою цієї функції виконується корекція ЦМР із метою подальшого створення коректного ґрида кумулятивного (сумарного) стоку.

Крок 3. Побудова ґрида напрямків стоку з використанням функції Flow Direction, яка дозволяє встановити напрям стоку за структурою відношень 8-ми сусідніх румбів, які визначаються морфометричними характеристиками рельєфу (ухил і експозиція). Тобто визначається напрямок максимального ухилу від центра осередку до центрів 8-ми сусідніх чарунків.

Крок 4. Побудова ґрида кумулятивного стоку функцією Flow Accumulation, який створюється на основі ґрида напрямку стоку.

Крок 5. Ідентифікація чарунків водотоку зі значеннями кумулятивного стоку вище заданого. На цьому етапі виконується процедура вибору граничного значення кумулятивного стоку за допомогою інструменту Con, який є складовим набору інструментів Conditional. Функція Con, важлива частина

команди ArcGrid, яка необхідна для визначення коректності значень чарунків вхідних даних і комплексного контролю вихідних даних.

Крок 6. Визначення ланок водотоків функцією Stream Link. Ланки водотоків представляють собою окремі просторові лінійні сегменти неперервних потоків, які взаємозв'язані послідовністю вузлів (точок) виходу (витоку русла 1-го порядку або початку витоку більш високого порядку) з кінцевими вузлами (точками) вододілу (гирла різнопорядкових водотоків).

Крок 7. Присвоєння порядку кожній ланці водотоків функцією Stream Order. Кожен водотік, який є ланкою мережі, класифікується за наданим їм порядком, який залежить від взаємозв'язку та послідовності вузлів.

Крок 8. Визначення дренажної (водозбірної) площі кожної ланки функцією Watershed. Дренажна (водозбірна) площа басейну водотоку визначається на підставі ґридів напрямку стоку й водотоків, для яких вона обчислюється.

Представлений алгоритм передбачає, що дослідник задає деяке граничне значення, виражене через мінімальну кількість чарунок растра або мінімальну водозбірну площу (км²), які дають поверхневий стік. Під час побудови моделі річкової мережі на основі растру акумуляції стоку гранична величина виділення чарунок, складових руслової мережі приймається рівною 600. Таке граничне значення пов'язане з тим, що у використанні цифрової моделі рельєфу на основі даних SRTM-90 для автоматичного виділення річкової мережі засобами ГІС-технологій є деякі обмеження, обумовлені наявністю на цифровій моделі рельєфу рослинності та штучних споруд, що ускладнюють достовірність виділення верхніх ланок річкової мережі та виділення вододілів басейну річки. Після отримання геоморфологічної моделі басейнової організації водозбірної території здійснюється додаткова ручна корекція для підвищення якості моделювання.

Аналіз внутрішньої геоморфологічної структури водозбірної території басейну дає можливість детально дослідити її позиційно-динамічну просторово-організовану системи, складові якої є різко відмінними між собою за типом, складом, рівнем організації, характером і тривалістю експлуатації, що визначає індивідуальність існуючої екологічної ситуації в їх водозборах, які в сукупності формують певний екологічний стан водозбірного регіону досліджень.

Результати досліджень. Ефективному державному та транскордонному управлінню в галузі використання, охорони та відтворення земельних і водних ресурсів сприятиме перехід від адміністративно-територіальної до адміністративно-басейнової системи управління земельними та водними ресурсами, за якої головною одиницею управління та розроблення природоохоронних заходів повинний бути визначений басейн водного об'єкта. Впровадження інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом сприятиме сталому територіальному розвитку,

координації розвитку водного сектора, сталому використанню пов'язаних із ним ресурсів, створенню ефективної економіки та підвищенню якості життя місцевого населення держави [42, 43].

Доповнює басейновий підхід [44, 45] і може реалізуватися паралельно з ним екорегіональний підхід до моніторингу та управління якістю ґрунтово-земельних і водних ресурсів. Екорегіон являється цілісним природно-господарським утворенням, яке оцінюється за ступенем антропогенного впливу та перетворенням природних ландшафтів. Загальний екологічний стан екорегіонів визначається рангом екологічної напруженості – ступенем трансформації ландшафтів, як результату певного поєднання та співвідношення ареалів екологічних ситуацій різного ступеня гостроти. Зокрема, в певному екорегіоні формується специфічна «фонова» якість місцевого стоку вод під впливом географічних особливостей, включаючи регіональні геохімічні умови та історичний розвиток господарської діяльності, які визначають особливості просторово-розподілених на певній території джерел надходження додаткових речовин у водні об'єкти, концентрація яких визначається за пріоритетними в екорегіоні джерелами забруднення, спектр яких обумовлений домінуючою на водозборі галуззю господарювання. При сільськогосподарському освоєнні земель такими компонентами стають азот, фосфор, калій; при меліоративному – сульфати й залізо; при розвитку промисловості – хлоридні та сульфатні іони. Кожен екорегіон відрізняється за певним станом характерного для нього діапазону показників якості вод і, таким чином, цільовими показниками стану водних об'єктів, які встановлені з урахуванням еколого-господарського стану на водозборі. Цей принцип регулювання стану водних об'єктів покладений в основу рамкової Водної директиви Євросоюзу [30] й спрямований на запобігання погіршенню стану, захист та відновлення водних екосистем і підземних вод. Зокрема, поєднання екорегіонального та басейнового підходів дозволяє виділити однорідні за природно-антропогенними умовами території, які стають об'єктом подальшого комплексного екологічного моніторингу, який поєднує елементи агроекологічного та гідрологічного моніторингів (рис. 2) [46].

Із басейнових позицій екорегіон представляє собою природно-господарське утворення, зовнішні та внутрішні кордони якого визначаються підсистемами певного рівня ієрархії, цілісні за спільними просторовими відносинами, які обумовлені гідрофункціонуванням. При такому розумінні екорегіон і його басейнові структури виступають об'єктами управління водного господарським комплексом і басейнової організації природокористування.

Басейни є цілісними екосистемами високого рівня організації з розвиненими зворотними зв'язками. Якщо порушити режим русла річки в

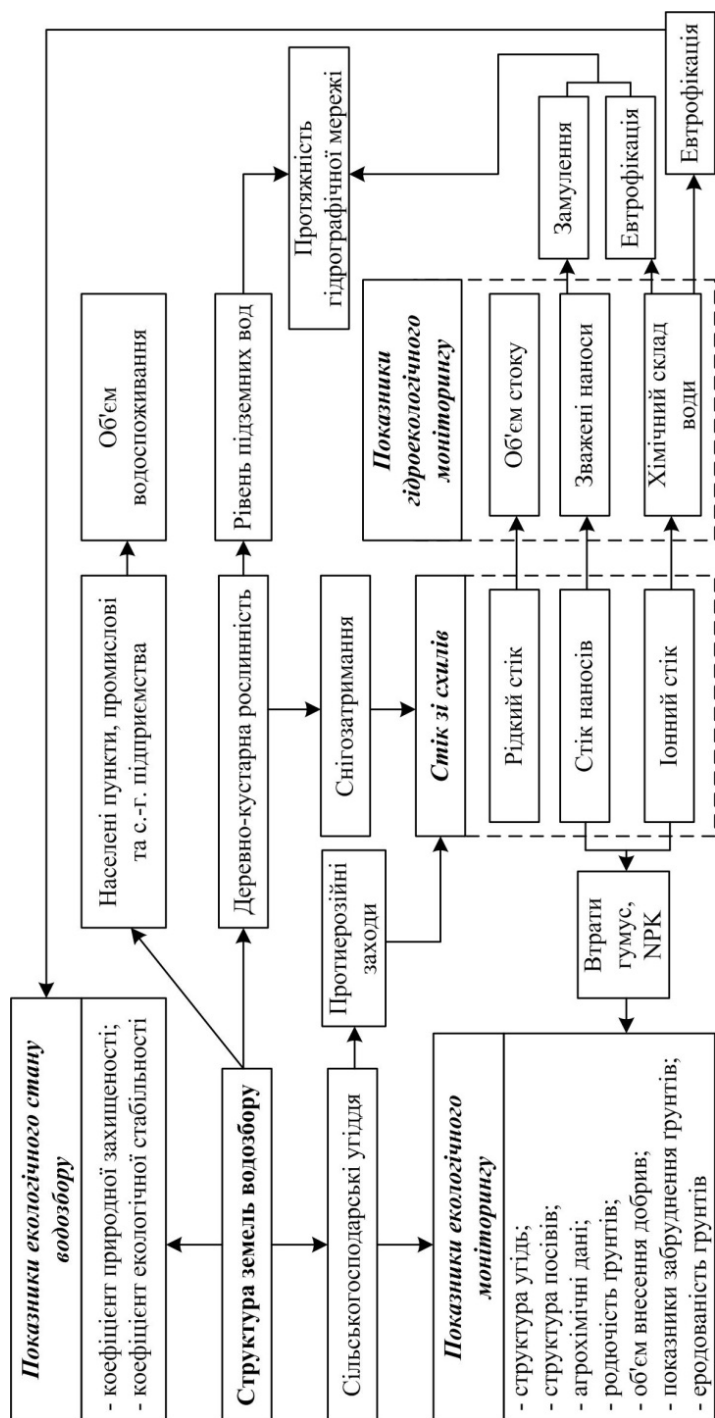


Рис. 2. Взаємозв'язок показників агро- та гідроecологічного моніторингу

середній течії, це неодмінно викличе певну реакцію в усіх екосистемах басейну – й угору, й униз за течією, і в бокових напрямках – тобто в екосистемах, що знаходяться на верхніх, віддалених від русла вододільних рівнях басейну. Також у працях вчених [47, 48] розглядається басейнову систему як геоекологічну систему зі входами та виходами для потоків речовини, енергії та інформації, що функціонує у визначених просторово-часових межах, які визначені верхньою та нижньою межами вододілу, та співпадає з поверхнею конвективних атмосферних процесів і верхнім горизонтом водотривких порід. У зв'язку з цим особливе значення набув екосистемний підхід до аналізу стану басейнів річок. Він базується на раніше розроблених екологічних моделях малих річок і водойм [49], які є важливими локальними структурними природними одиницями транскордонних річок і відображають зміни стану річок у ході зростаючого антропогенного впливу [2, 5, 10, 11]. Зокрема, басейн малої річки [50, 51] є складною саморегулюючою системою, яка має здатність до функціонування незалежно від змін зовнішніх умов і є важливим індикатором стану довкілля транскордонних водозбірних площ, зумовлений рівнем антропогенного навантаження на складові його ландшафтних екосистем, які представляють собою сукупність на однорідній ділянці земної поверхні біогеоценозів, поєднаних між собою генетичними (за походженням), історичними (історія розвитку та освоєння), геохімічними (геохімічне сполучення, стік води, перенесення органічних і мінеральних речовин) і біотичними зв'язками (міграція тварин, перенесення спор і живого рослинного матеріалу) та охоплених певним типом господарського використання [1, 2, 5].

Запропоновано використовувати крупні басейни, зоновані за біокліматичними поясами, як основу для природно-ресурсного районування. Такий принцип районування в найбільшому ступені ув'язує між собою водні, кліматичні, мінеральні та земельні ресурси. Визначення антропогенного впливу на басейни малих і середніх річок в існуючих соціо-економічних умовах має важливе значення, адже можлива втрата цих екосистем призведе до низки глобальних екологічних проблем (зменшення водності річок першого порядку, втрати цінних біологічних видів тощо) [52]. Екологічне відродження великих транскордонних річок повинно ґрунтуватися на розробленні відповідних стратегій, науковим підґрунтям яких повинна бути реальна інформація про екологічний стан у їх складі різнопорядкових суббасейнів малих і середніх річок і постійна взаємодія відповідних служб країн транскордонних басейнів.

У середині 90-х рр. XX ст. екосистемний підхід набув подальшого розвитку для потреб розроблення та оцінки параметрів стану екосистем і їх компонентів із урахуванням функціонування з метою екологічного нормування [53]. У використанні цього підходу відзначається, що антропоген-

ний вплив на екосистеми річок у своїй основі пов'язаний із додатковим надходженням у них речовини та енергії. Частину речовин екосистема здатна переробити, засвоїти, а від решти звільняється й виносить за свої межі. Чим більше накопичується зайвих речовин у екосистемі, тим більше їй необхідно енергії для їх утилізації або перенесення в іншу екосистему. Основним джерелом такої енергії є гідрофізичні процеси, що зумовлюють певні процеси стоку, швидкість течії та водність річки, які характеризуються [54] як основні інтегруючі екологічні фактори, які беруть участь у формуванні геосистеми та безпосередньо визначають її межі та напрям кругообігу речовин. На даний час у результаті вирубування лісів [55], значної розораності ландшафтів [9], інтенсифікації або хімізації агровиробництва [56] відбувається систематичне надходження та постійне зростання біогенних елементів [10] у екосистемі більшості річок. Паралельно зросли витрати безповоротного споживання води, трансформувалася стік річок, у результаті чого знизилася природна енергія річних екосистем, що спричинило значне погіршення умов здатності річок виносити в інші водні системи мінеральні та органічні речовини. Це призвело до їх накопичення та, як наслідок, зарегулювання, замулення, деградації та повного зникнення малих річок [57]. Важливим для вирішення проблеми річок в умовах невідомості та нестабільності джерел їх забруднення є екологічне прогнозування [58] ймовірності змін стану річних екосистем.

Недостатня обґрунтованість теоретичних передумов для подібних досліджень транскордонних річок, порушення принципу єдності екологічних і економічних аспектів ємності екосистем при експлуатації природних ресурсів країнами в їх басейнах, зумовили виникнення різнопланових негативних екологічних наслідків. Відсутність достовірних прогнозів розвитку ситуації на річках та їх водозбірних площах призвела до заболочення та засолення значних площ земель, зниження їхньої продуктивності, забруднення вод. Результатом у екологічному прогнозуванні ситуації та раціонального природокористування в басейнах річок повинно стати визначення оптимальної структури екосистем окремих типів в складі різнопорядкових суббасейнів, визначення взаємозв'язку між її елементами та визначення їх ролі у функціонуванні екосистеми в цілому. Виникає необхідність, по-перше, визначити ступінь трансформації екологічної рівноваги екосистеми річок за окремими типами різнопорядкових суббасейнів; по-друге, виділити еталонні суббасейни річок для їх віднесення до заповідного фонду, по-третє, здійснити інтеграцію природоохоронних стратегій із впровадження підсилених природоохоронних заходів на територіях екологічно порушених суббасейнів річок у Стратегію соціально-економічного розвитку країн транскордонних басейнів; по-четверте, більш детально вивчити закономірності формування екосистем річок, гідробіологічний їх

режим, визначити продуктивність механізму надходження та поведінки забруднювачів, організацію моніторингу на заповідних і деградованих річнопорядкових суббасейнах річок. Результати таких досліджень повинні стати основою прогнозування змін у екосистемах річкових басейнів і розроблення обґрунтованих концепцій для раціонального природокористування в їх межах [59–61].

Коритний Л. М. [1, 24] у своїх працях використовував геосистемно-гідрологічний підхід для дослідження річкового басейну. Він відмічав, що басейн представляє собою реальну геосистему, що легко виділяється на карті та місцевості, має чітку ієрархічну упорядкованість класифікації річкових систем, у яких водні об'єкти частіше за все слугують шляхом розповсюдження та акумуляції забруднюючих речовин. Тому, з нашого погляду, басейн річки можна розглядати як функціонально-цілісну оболонку геосистеми зі своїм входом і виходом, усередині якої відбуваються індивідуальні природно-антропогенно обумовлені процеси зв'язку та кругообігу речовин.

Основні завдання дослідження басейнової організації як географічної системи є виявлення просторово-часової ієрархії елементів і явищ, розташованих на земній поверхні, шляхом поділу цілого на частини; визначення просторових форм різнорангових структур і виявлення закономірностей, що визначають кількісні відносини між внутрішніми елементами цих структур; виявлення типу організації системи та визначення міри її організованості. Виділення басейнів річок – одна з найбільш типових операцій у гідрологічних і екологічних дослідженнях, яка на сьогоднішній день значно спрощується зі застосуванням геоінформаційного підходу на основі сучасних геоінформаційних систем. До того ж активний розвиток комп'ютерної техніки та геоінформаційних технологій останнім часом дозволяє отримати необхідні характеристики про запаси водних ресурсів і екологічний стан водних об'єктів [62] для своєчасного прийняття управлінських рішень щодо раціонального використання водних ресурсів конкретного басейну повніше та швидше в порівнянні з традиційними методами. Нині значного поширення набули різні методи аналізу ресурсів поверхневих і підземних вод, у тому числі зі застосуванням ГІС-технологій. Геоінформаційні системи знаходять усе ширше застосування як для виконання оперативних розрахунків і оцінки водних ресурсів, їх водозбірних площ, так і для вивчення гідрологічного режиму водних об'єктів. Процеси збору, оброблення та інтерпретації даних, проектування гідрологічних мереж і підготовки пропозицій для прийняття рішень із використанням ГІС-технології та персональних комп'ютерів вирішуються легше та ефективніше, ніж раніше в гідрологічній практиці. Можливість ГІС-технології оперативно представляти на цифрових або паперових картах водні об'єкти та їх

водозбірні території спільно з гідрографічними характеристиками, гідрологічними постами й даними вимірювань дозволяє оперативно проводити автоматизований комплексний аналіз і інтерпретацію матеріалів спостережень і космічних знімків для отримання детальної картини процесів, що відбуваються [58].

Використання геоінформаційних систем для комплексної оцінки стану річних басейнів передбачає виконання наступних видів робіт [63]:

- дослідження структури річкових басейнів, що дозволяє виявити механізми функціонування басейну як геосистеми;

- збір інформації про природні умови, забруднення поверхневих і підземних вод із використанням фондових матеріалів організацій екологічного моніторингу, а також даних польових досліджень;

- виявлення основних чинників, що визначають умови розвитку негативних природних процесів і зміну показників стану поверхневих вод;

- побудова узагальнюючих карт як природних умов досліджуваного регіону, так і карт районування басейну щодо рівня антропогенної трансформації, стану якості поверхневих вод;

- аналіз результатів районування.

- Кінцевим результатом досліджень екологічного стану басейнів річок повинно стати встановлення шляхів оптимізації та розроблення проєктів геопланування басейнового природокористування [64, 65]. Геопланування передбачає комплексний підхід до проблем територіального планування басейну, який розглядає інтегровані компоненти ландшафтної оболонки – природу, населення та господарство.

Геопланування втілює геоекологічні аспекти функціонування екосистем через комплекс проектних рішень. При цьому пріоритетом є обґрунтування їх раціональних просторових поєднань на кожній ділянці, в кожному басейні, регіоні та країні в цілому. Найбільш оптимальне поєднання та взаємодія компонентів ландшафтної оболонки досягаються шляхом реалізації трьох складових геопланування: формування екологічного каркасу регіону, екістичних (способи створення поселень) територіальних систем і каркасу антропогенно-техногенних навантажень на природне середовище.

У регіонах з аграрною спеціалізацією об'єктом геопланування є сільськогосподарські землі – особливо цінний природний ресурс, де земля виступає як головний засіб виробництва та основа сталого розвитку. Зокрема, геопланування [2] є глибоким комплексним підходом до вивчення сталих природно-антропогенних взаємин у географічній оболонці: воно включає принципи як еколого-ландшафтного планування, з його упором на геоекологічну оптимізацію територій, так і територіального планування, спрямованого на задоволення соціально-економічних потреб регіону. Геопланування усуває суперечності між еколого-географічним

і соціально-економічним підходами до організації природокористування, так як враховує екстичний фактор, який визначає основні види господарської діяльності населення та загальний рівень антропогенно-техногенних навантажень на природне середовище в межах системи розселення, основним індикатором яких є річні системи та їх басейни. Об'єктом геопланування на виході є інтегрований територіальний соціо-природно-господарський комплекс.

Узагальнення дослідження. У зв'язку із необхідністю зміни існуючої ситуації в управлінні водними та земельними ресурсами, розроблення ефективних заходів басейнового природокористування з метою вирішення ґрунтозахисних і гідроекологічних проблем та покращення екологічного стану навколишнього середовища найбільш перспективним є розроблення та впровадження концептуальної моделі еколого-раціональної експлуатації території водозбірного басейну на основі геоінформаційно-аналітичної системи моніторингу та управління басейновим природокористуванням, методи визначення структури земельного фонду водозбору та розроблення проєкту басейнової організації природокористування на території водозбору річки з використанням ГІС і ДЗЗ-технологій [66, 67].

Концептуальна модель еколого-раціональної експлуатації території водозбірного басейну включає: створення екологічного каркасу річкового басейну на основі ідентифікації внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору; розробку і наповнення геоінформаційно-аналітичної системи річкового басейну, в тому числі оцінку і прогноз екологічної ситуації та визначення найбільш агрогенно трансформованих різнопорядкових суббасейнів; розробку проєкту басейнової організації природокористування, в тому числі еколого-ресурсну характеристику сучасного стану території різнопорядкових суббасейнів та оцінку ефективності провадження проєкту.

Раціональне природокористування, засноване на концептуальній моделі еколого-раціональної експлуатації території водозбірного 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 гідроекосистеми річки. Для цього найбільш перспективним є впровадження геоінформаційно-аналітичної системи (ГІАС) підтримки басейнового природокористування, яке передбачає систематизацію різнорівневої 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-гос-

подарсько-демографічної системи, яка є найбільш ефективним об'єктом управління [68].

Створення інтегрованої багаторівневої ГІАС басейнового природо-користування повинне здійснюватися на основі інформаційних ресурсів і взаємодії спеціально уповноважених координаційних органів. Структурно запроектована ГІАС представляє собою логічну модель, яка включає три підсистеми – базу даних, спеціальну програмну підтримку та аналітичний блок. Аналітична частина базується на багатомірній реляційній базі даних, яка містить предметно-орієнтовану інформацію. Аналітичний блок ГІАС включає методи, алгоритми та програми, орієнтовані на предметну область. У рамках системи розглядаються дві предметні області (рис. 3), які мають

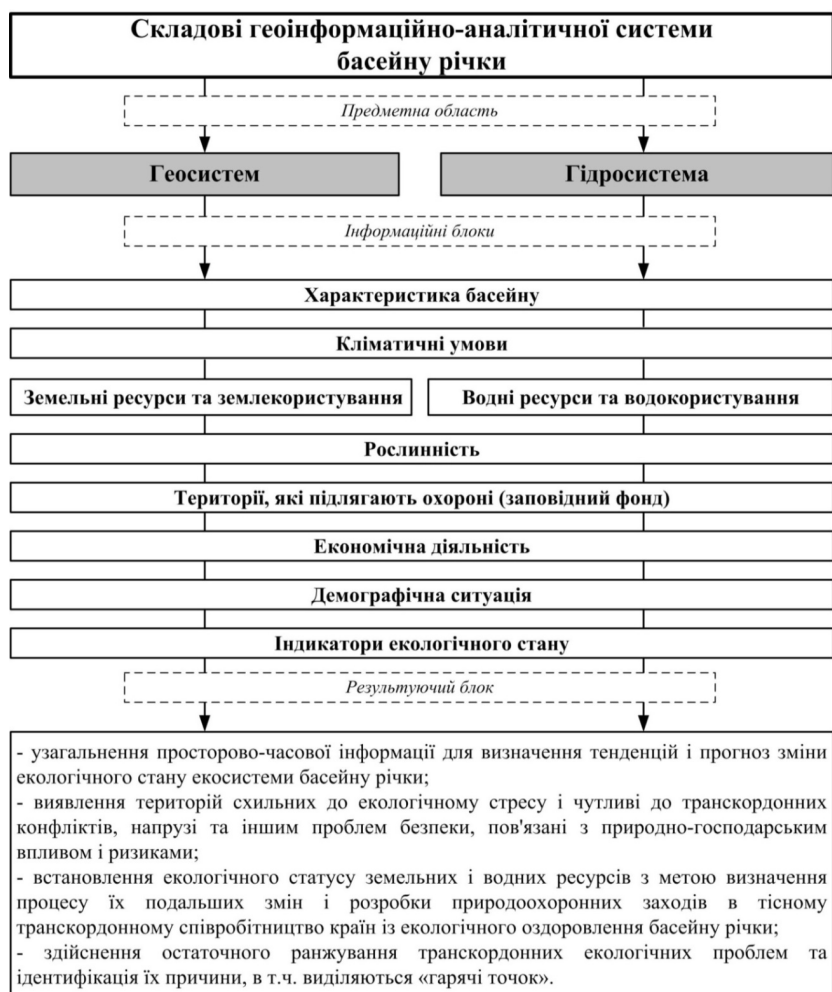


Рис. 3. Структурна схема ГІАС басейну річки

умовні назви «Гідросистема» та «Геосистема». Предметна область «Гідросистема» включає розділи: гідрогеологія (умови), гідрологія (ресурси) та екологія (якість). Предметна область «Геосистема» включає розділи: умови (природний потенціал), ресурси (характеристика), екологія (якість) стосовно до територіальних об'єктів.

Для комплексного аналізу екологічного стану басейну річки в ГІАС бажано 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).

У відповідності до нашої методики [69] визначення структури земельного фонду водозбору та розроблення проєкту басейнової організації природокористування на території водозбору річки з використанням ГІС і ДЗЗ-технологій 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 (рис. 4).

Розроблення та впровадження відповідних ґрунто- та водоохоронних заходів із облаштування водозбірної території річки мають бути переведені в науково-правову площину організації природокористування із



Рис. 4. Етапи створення ГІАС для розроблення проектів басейнового природокористування

забезпеченням відповідних землевпорядних дій [70, 71], що представлені на рисунку 5.

При територіальному плануванні водозбірних басейнів необхідно знайти компроміс між досягненням екологічної стійкості агроландшафтів і економічно вигідною інтенсивністю сільськогосподарського виробництва з отриманням стабільних урожаїв. Для цього варто визначити



Рис. 5. Критерії та заходи землевпорядних робіт при басейновій організації природокористування

найбільш пріоритетні способи екологізації ріллі, серед яких її скорочення є крайнім заходом.

До таких способів у порядку пріоритету використання можна віднести:

1. Зміна частки стабілізуючих сівозмін на ріллі за рахунок збільшення площ багаторічних трав. Це найоптимальніший спосіб підвищення екологічної стабільності ріллі без скорочення її площі [72].

У структурі польових сівозмін на схилах крутизною 0–3° необхідно вводити до 20% багаторічних трав. На схилах 3–5° впроваджують зерно-трав'яні сівозміни з часткою багаторічних бобово-злакових трав до 50% і не допускають вирощування просапних культур. Найбільш ерозійно небезпечні ділянки ріллі на схилах крутизною понад 5° необхідно повністю віддати під травопільні та ґрунтозахисні сівозміни.

Використання багаторічних трав у сівозмінах направлене на одночасне вирішення кількох завдань: накопичення органічних речовин і підвищення родючості ґрунту; зниження інтенсивності водно-ерозійних процесів; зменшення загального антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Крім того, тривале використання багаторічних трав дозволить знизити витрати мінеральних добрив, призведе до скорочення частки бур'янів і чисельності шкідливих комах, зниження захворювання сільськогосподарських культур.

2. Упровадження агролісомеліоративних заходів на ріллі, а саме збільшення частки контурних протиерозійних лісосмуг на схилах. Численні дослідження переконливо довели, що під захистом лісових смуг продуктивність ріллі підвищується на 15–30%. Середня врожайність зернових культур під захистом лісонасаджень вище на 18–23%, технічних культур – на 20–26%, кормових – на 29–41%. Найбільш стійкі ландшафтні умови формуються при частці агролісомеліоративних насаджень на ріллі в зоні Лісостепу – 3,0–3,5% і в зоні Степу – 3,5–4,5% [5, 73].

3. Тимчасова (поворотна) консервація сильно еродованої ріллі. Такі землі слід перевести в довгостроковий поклад. Сукцесії, які з'являються на покладах, характерні для зональних екосистем, мають значний ресурсний і біосферний потенціал і особливо важливі для відновлення родючості ґрунтів. Для формування екологічно стабільних покладів необхідно досягнення ними як мінімум 10-річного віку, а передчасне їх повернення в сільськогосподарське використання посилить їх ерозійну деструкцію. Просторова ідентифікація таких земель дуже складна, однак усе більш перспективним рішенням цього завдання є використання даних дистанційного зондування Землі [74].

4. Трансформація сильно деградованих ділянок ріллі в інші види угідь. При цьому слід враховувати фізико-географічні умови території: для

зони Лісостепу – переважно вибіркове заліснення, для Степу – переведення в природні кормові угіддя. На ріллі, що залишилася після скорочення, слід максимально сконцентрувати енергетичні та матеріальні ресурси для екологічно безпечної інтенсифікації сільськогосподарського виробництва з метою отримання обсягів продукції, необхідних для сталого розвитку економіки регіону та країни.

Іншим способом підвищення екологічної стійкості басейнових ландшафтних територіальних структур є облаштування природно-кормових угідь, зокрема виділення площ під їх природне самовідновлення та створення умов для розширеного відтворення родючості ґрунтів. Природне самовідновлення планується здійснити шляхом проведення суцільного заліснення, насадження лісосмуг, виділення ділянок для самозарастання лісом, створення реміз. Заходи для заліснення території проводять шляхом створення різних типів насаджень і з урахуванням високої природної здатності листяних насаджень до розростання від початкових лісових масивів. При проектуванні місць заліснення використовують наступні прийоми: суцільне заліснення крутих еродованих схилів; заліснення у вигляді прибалкових і прибалочних лісових смуг на межі ріллі та кормових угідь; суцільне заліснення верхньої частини балок у верхів'ях річок і місцях скупчення джерел; заліснення водоохоронної зони річок.

Особливу увагу слід приділяти водоохоронній лісистості – лісонасадження в межах водоохоронної зони запобігають забрудненню, замуленню водних об'єктів і виснаженню їх вод. Особливе значення водоохоронна лісистість набуває в зонах Лісостепу та Степу, де сума опадів у 1,5–1,7 рази менше суми їх випаровування. З метою захисного заліснення слід віддавати перевагу швидкозростаючим породам, щоб вони якомога раніше починали виконувати свої водорегулюючі функції: береза, клен, черемха, ясен зелений і пухнастий тощо.

На площах ріллі, де на непридатних ділянках зустрічаються острівці з природною рослинністю, пропонується організувати ремізи – ділянки з частково штучно загущеною рослинністю, із забороною випасу худоби та сінокосіння, ці ділянки служать укриттям для диких тварин. Під самозарастання відводяться ділянки, віддалені від населених пунктів. Це верхів'я ярів і балок, прилеглих до великих приярових лісових смуг або лісових масивів, і в яких спостерігаються ознаки відновлюваних сукцесій. У деяких випадках такі балки «обрамляють» проектними додатковими лісосмугами для підсилення розростання деревно-чагарникової рослинності.

Розроблення та впровадження відповідних ґрунто- та водоохоронних заходів із облаштування водозбірної території оптимально проводити на рівні басейнів 5–4-го порядків і нижче на басейнових позиційно-динамічних, адаптивно-ландшафтних і геосистемних принципах і здійсню-

вати у відповідності до алгоритму оцінки стану водозбору та розроблення проекту басейнової організації природокористування зі застосуванням ГІС і ДЗЗ-технологій (рис. 6).

Основою для організації еколого-раціональної експлуатації території є результати комплексного геоморфологічного аналізу досліджуваної території басейну на локальному рівні. Для здійснення поставленого завдання використовують сучасний програмний продукт ArcGIS. Геоінформаційна система має широкий набір інструментів і модулів для моделювання, просторового аналізу процесів і явищ.

Вихідною інформацією для протиерозійного проектування ландшафтів слугують відомості про структуру земельного фонду території басейну річки. Головним джерелом актуальних відомостей для здійснення геопланування є дані дистанційного зондування Землі зі супутникових апаратів Landsat із просторовим дозволом до 15 метрів. Використання матеріалів космічної зйомки дозволяє не тільки відобразити сучасну структуру земельного фонду, а й простежити її динаміку в часі. На основі даних дистанційного зондування створюються векторні тематичні шари, які найбільш повно відображають структуру угідь і об'єднуються в просторові бази даних або бази геоданих. Наявність тільки одних векторних даних уже дозволяє зробити багато аналітичних процедур: розрахунок геометричних характеристик (площа полігональних і протяжність лінійних

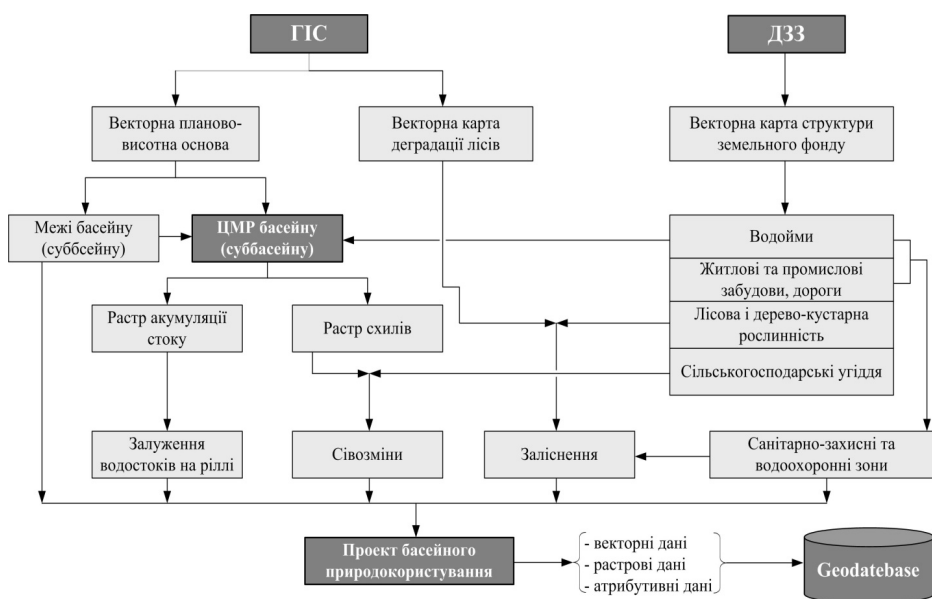


Рис. 6. Алгоритм оцінки стану водозбору та розроблення проекту басейнової організації природокористування із застосуванням ГІС і ДЗЗ-технологій

об'єктів), аналіз просторової сумісності методом накладення (оверлейн-аналіз), різні статистичні та геостатистичні операції.

Базисом протиерозійного ґрунто- та водоохоронного проектування території водозбору є похідні набори растрових даних для операційно-територіальної одиниці просторового аналізу – річкового басейну, отримані на основі цифрової моделі рельєфу (ЦМР). Для побудови ЦМР особливу увагу варто звернути на коректність її гідрологічної складової. Спочатку отриману ЦМР необхідно перевірити на наявність локальних знижень – топологічних помилок, що виникають через особливості алгоритму побудови моделі й можуть бути виправлені за допомогою операції «Fill». Отримані ЦМР систематизують у каталозі растрових даних на локальному рівні ГІАС, із якого вони доступні для подальших аналітичних операцій. Проектна організаційна структура орних угідь розроблялася на основі ґридів ухилів земної поверхні, отриманих шляхом просторового аналізу ЦМР. Значення чарунків ухилів об'єднують у групи з інтервалами: 0–3°, 3–5°, 5–7°, більше 7°. Шляхом накладення ґридів ухилів і векторного шару угідь напівавтоматизованим способом визначають структуру й конфігурацію сівозмін відповідно до табл. 1. Проектування залуження водостоків виконують шляхом ідентифікації тальвегів флювіальної мережі. Для цього за допомогою набору інструментів «Gidrology» створюють растри акумуляції стоку, на якому відображені місця концентрації водних потоків. Після обробки растрових даних і переведення їх у векторний формат отримують ерозійну мережу балок, які рекомендуються до залуження.

У результаті здійснення всіх просторових операцій створюють геоінформаційні проекти протиерозійної оптимізації структури земельного фонду на основі ґрунто- та водоохоронного облаштування територій для кожного басейну або суббасейну. Першочергове облаштування здійснюють на територіях різнопорядкових суббасейнів із високим ступенем агрогенної трансформації ландшафтів.

Екологічну ефективність оптимізації агроландшафтів басейну необхідно оцінювати за співвідношенням стабілізуючих і дестабілізуючих угідь, виражених через набір коефіцієнтів.

1. Коефіцієнт природної захищеності ($K_{пз}$) [75] визначає рівень стійкості природних ландшафтів до антропогенних впливів, який залежить, перш за все, від кількості та характеру розподілу земель екологічного фонду: природних біогеоценозів, природоохоронних зон і особливо природних територій, що знаходяться під охороною:

$$K_{пз} = \frac{\sum S_{ст}}{S} \quad (1)$$

де $S_{ст}$ – площа земель екологічного фонду; S – площа дослідної території. Для досягнення критичного рівня захищеності хоча б половина всього земельного фонду повинна належати до стабілізуючих ландшафтів.

2. Стійкість агроландшафту (K_{CA}) можна оцінити за співвідношенням площ, зайнятих середньоформуєчими та дестабілізуючими угіддями за формулою [76]:

$$K_{CA} = \frac{\sum S_{ст}}{\sum S_{дест}} \quad (2)$$

де $S_{ст}$ – площа стабілізуючих угідь; $S_{дест}$ – площа дестабілізуючих угідь.

Сприятливий екологічній стійкості відповідає коефіцієнт $K_{CA} \geq 0,71$, відносно сприятливий – 0,70–0,60, задовільний – 0,59–0,56, напружений – 0,55–0,46, критичний – $K_{CA} \leq 0,45$.

До стабілізуючих елементів ландшафту відносять природну деревно-чагарникову трав'янисту рослинність, сади, кормові угіддя, частину орних земель, зайнятих багаторічними травами, болота, водні об'єкти; до дестабілізуючих – рілля, яри, зсуви, площі під забудовою та дорогами, промисловими об'єктами, іншими ділянками, що зазнали значних антропогенних змін.

3. Більш детальну оцінку екологічного стану ландшафтів дає коефіцієнт екологічної стабільності (K_{EC}), який враховує диференційований внесок кожного елементу ландшафту через систему коефіцієнтів [77]:

$$K_{EC} = \frac{\sum S_i \cdot k_i}{S} \cdot K_p \quad (3)$$

де S_i – площа угіддя i -го виду; k_i – коефіцієнт екологічної стабільності угіддя i -го виду (табл. 2); S – загальна площа оцінюваної території; K_p – коефіцієнт морфологічної стабільності рельєфу (1 – для стабільних територій, 0,7 – для нестабільних, наприклад, пісків, зсувів, крутих схилів).

Таблиця 1. Коефіцієнти екологічної оцінки угідь

Вид угідь	Коефіцієнт екологічної стабільності угіддя, k_i
Забудовані території та дороги	0,00
Рілля	0,14
Виноградники	0,29
Лісосмуги	0,38
Фруктові сади і чагарники	0,43
Городи	0,50
Сінокоси	0,62
Пасовища	0,68
Водойми та болота природного походження	0,79
Ліси природного походження	1,00

Якщо значення $K_{EC} \leq 0,33$ – територія екологічно нестабільна, 0,34–0,50 – помірно стабільна, 0,51–0,66 – середня ступінь стабільності, $K_{EC} \geq 0,67$ – територія екологічно стабільна.

Висновок. Обґрунтування безпеки водо- і землекористування та впровадження концептуальної моделі еколого-раціональної експлуатації території басейну ріки, як цілісної позиційно-динамічної просторово-організованої системи взаємопов'язаних природно-антропогенних складових дозволить оптимізувати структуру земельного фонду, зменшити ризики екологічної деструкції земельних і водних ресурсів, забезпечити екологізацію сільського господарства та поліпшення екологічної ситуації в річкових басейнах. Акцентовано, що концептуальна модель еколого-раціональної експлуатації території водозбірного басейну включає: створення екологічного каркасу річкового басейну на основі ідентифікації внутрішньої геоморфологічної структури території водозбору; розробку і наповнення геоінформаційно-аналітичної системи річкового басейну, в тому числі оцінку і прогноз екологічної ситуації та визначення найбільш агрогенно трансформованих різнопорядкових суббасейнів; розробку проєкту басейнної організації природокористування, в тому числі еколого-ресурсну характеристику сучасного стану території різнопорядкових суббасейнів та оцінку ефективності провадження проєкту. Геопланування структури земельного фонду водозбору та розроблення проєкту басейнної організації природокористування здійснюється з використанням ГІС і ДЗЗ-технологій.

JUSTIFICATION OF WATER AND LAND USE SAFETY ACCORDING TO THE BASIN PRINCIPLE

¹*Pichura V.I. – Doctor of Agricultural Sciences, Professor;*

¹*Potravka L.O. – Doctor of Economic Sciences, Professor;*

¹*Rutta O.V. – teacher;*

²*Boloshkurenko O.S. – student,*

¹*Kherson State Agrarian and Economic University, Ukraine*

²*Pomeranian Academy in Slupsk, Poland*

pichuravitalii@gmail.com, potravkalarisa@gmail.com

Effective state and cross-border management in the field of use, protection and reproduction of land and water resources will be facilitated by the transition from administrative-territorial to administrative-basin system of land and water resources management, according to which the basin of the aquatic object will be defined as the main unit of management and development of environmental protection measures. The study of the flows of matter, energy and information inside the basin has allowed to model the anthropogenic impact on natural complexes as a whole and its individual components as a result of natural resource management, predict the results and adjust economic activity. The method of determination of internal geo-morphological structure of water intake area

and creation of ecological framework of river basin with application of GIS-technologies is presented. Existing approaches and their advantages in studying the state and modeling the processes of basin territorial structures are described. The conceptual model of ecological and rational exploitation of the water intake basin is proposed, which includes: creation of the ecological framework of the river basin on the basis of identification of the internal geo-morphological structure of the water intake area; development and filling of the geo-information and analytical system of the river basin, including assessment and forecast of the environmental situation and determination of the most agrogenerically transformed diverse sub-basins; development of the project of the basin organization of nature management, including the ecological and resource characteristics of the modern state of the territory of diverse sub-basins and the assessment of the effectiveness of the project. An algorithm for assessing the state of the water intake and the project of the basin organization of nature management using GIS and DZZ -technologies has been developed. The mechanism of creation and substantiated prospects of implementation of geo-information and analytical system of support of basin nature management is proposed, which provides for systematization of different level and sectoral information of monitoring observations in order to organize soil and water protection measures.

Keywords: river, river basin, water and land resources, scientific approaches, geo-information and analytical system, eco-rational use, nature management.

ЛІТЕРАТУРА

1. Корытный Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании. Иркутск: Издательство Института географии СО РАН, 2001. 163 с.
2. Лисецкий Ф. Н. Дегтярь А. В., Буряк Ж. А. Реки и водные объекты Белогорья. Белгород: Константа, 2015. 362 с.
3. Симонов Ю. Г. Фрактальный взгляд на структуру речных бассейнов и историю их развития. Эколого-географические исследования в речных бассейнах. Воронеж: ВГПУ, 2009. С. 18–20.
4. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. Москва: Академия наук СССР, 1955. 343 с.
5. Пічура В. І. Басейнова організація природокористування на водозбірній території транскордонної річки Дніпро. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 380 с.
6. Theodoropoulos C., Karaouzas I., Stubbington R. Biotic indices of hydrological variability as tools to inform dynamic ecological status assessments in river ecosystems. *Journal of Environmental Management*. 2021. Vol. 295. 113124. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113124>
7. Fox C. A. River Basin Development. International Encyclopedia of Human Geography (2nd edition). 2020. P. 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10023-X>
8. Reyhani M. N., Grundmannab P. Who influences whom and how in river-basin governance? A participatory stakeholder and social network analysis in Zayandeh-Rud basin, Iran. *Environmental Development*. 2021. Vol. 40. 100677. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100677>

9. Пічура В. І. Сільськогосподарське порушення екологічної стійкості басейну річки Дніпро. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2016. № 5 (62). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010>
10. 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.
11. Пічура В. І. Атлас екологічного стану басейну ріки Дніпро. Херсон: «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 36 с.
12. Пічура В. І., Скок С. В. Сезонно-гідрологічна структура розподілу зливних стоків міста Херсон у приміській акваторії Дніпра. *Вісник Національного університету водного господарства і природокористування*. 2017. № 4(80). С. 90–102.
13. Qiab W., Liab H., Zhanga Q., Zhanga K. Forest restoration efforts drive changes in land-use/land-cover and water-related ecosystem services in China's Han River basin. *Ecological Engineering*. 2019. Vol. 126. P. 64–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.11.001>
14. 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.
15. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Stratchuk N. V. Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20, Iss. 8. P. 192–198.
16. Zhouac J., Luoac C., Maa D., Shiad W., Wangb L., Guoa Zh., Tanga H., Wanga X., Wanga J., Liuac Ch., Weiacd W., Wanga Ch. The impact of land use landscape pattern on river hydrochemistry at multi-scale in an inland river basin, China. *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 2022. 109334. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109334>
17. Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Stratchuk N. V. Anthropogenic and climatic causality of changes in the hydrological regime of the Dnieper river. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21(4). P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/119521>
18. Пічура В. І. Ретроспективний аналіз трансформації та проноз стоку річки Дніпро. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 3. С. 76–90.
19. Шахман І. О., Бистрянцева А. М., Пічура В. І. Математичне моделювання гідроекологічних процесів та чисельні розрахунки гідрохімічного режиму нижнього Дніпра. *Таврійський науковий вісник: Сільськогосподарські науки*. 2018. Вип. 99. С. 260–269.
20. Muratoglu A., Ercinbc E. E. Water resources management of large hydrological basins in semi-arid regions: Spatial and temporal variability of water footprint of the Upper Euphrates River basin. *Science of The Total*

- Environment*. 2022. Vol. 846(1). 157396. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157396>
21. Нетробчук И. М. Геоэкологическое состояние бассейна реки Луга. URL: <http://book.net/index.php?p=achapter&bid=15084&chapter=1>
 22. Гриб Й. В., Войтишина Д. Й. Концептуальні основи відродження трансформованих екосистем малих річок рівнинної частини території України : матеріали II Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю Вінниця. 2010. С. 32–38.
 23. Наконечний І. В., Даниленко В. Л. Еколого-гідрологічні та гідрохімічні чинники циклічних сукцесій водних екосистем Тилігульського лиману. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 4. С. 16–21.
 24. Корытный Л. М. Речной бассейн как единица природно-хозяйственного районирования. Роль географии в ускорении НТП. Иркутск, 1986. Вып. 1. С. 20.
 25. Антипов А. Н., Корытный Л. М. Географические аспекты гидрологических исследований. Новосибирск: Наука, 1981. 176 с.
 26. Гребінь В. В. Географо-гідрологічний аналіз як метод досліджень сучасних змін водного режиму річок. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2006. Т. 9. С. 17–30.
 27. 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). P. 442–450.
 28. Pichura V. I., Potravka L. A., Dudiak N. V., Skrypchuk P. M., Stratchuk N. V. Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 46(2). P. 402–407.
 29. Кирилюк О. В. Історія встановлення басейнового підходу у географії та екологічному руслознавстві. *Наукові випуски Вінницького державного педагогічного університету ім. Михайла Коцюбинського*. Серія: Географія. 2007. Вип. 14. С. 40–47.
 30. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 2000. L. 327. P. 1–72.
 31. Долженко В. А. Бассейновый подход как особенность управления в области использования и охраны водных объектов. Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. *Вопросы теории и практики*. 2011. № 8(14). С. 81–83.

32. Швебс Г. И. Концентрация природно-хозяйственных систем и вопросы рационального природопользования. *География и природные ресурсы*. 1987. № 2. С. 30–38.
33. Кузьменко Я. В., Лисецкий Ф. Н., Кириленко Ж. А., Григорьева О. И. Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости при бассейновой организации природопользования. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2013. Т. 15, № 3(2). С. 652–657.
34. Гродзинський М. Д. Основи ландшафтної екології: Підручник. Київ: Либідь, 1993. 224 с.
35. Лисецкий Ф. Н., Дегтярь А. В., Нарожняя А. Г., Чепелев О. А., Кузьменко Я. В., Маринина О. А., Землякова А. В., Кириленко Ж. А., Самофалова О. М., Терехин Э. А., Украинский П. А. Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области. Белгород: Константа, 2013. 89 с.
36. Боровицька А. Г. Принцип басейнового управління як основа ведення державного водного кадастру. *Право та інновації*. 2016. № 3(15). С. 87–93.
37. Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов, 1960. 68с.
38. Strahler A. N. Hypsometric area-altitude analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 1952. Vol. 63, issue 11, p. 1117.
39. Кашавцева А. Ю., Шипулин В. Д. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3. *Ученые записки Таврического национального университета В.И. Вернадского*. Серия: География. 2011. Том 24(63). № 3. С. 85–92.
40. Пичура В. И., Павлюк Я. В. Геоинформационное районирование орошаемых и неорошаемых агроландшафтов по основным типам бассейнов средствами ARCGIS на примере Херсонской области : матеріали форуму Чисте місто. Чиста ріка. Чиста планета. Херсон: ХТПП, 2015. С. 304–312.
41. Пічура В. І. Особливості внутрішньої структури басейну річки Дніпро. Вода: проблеми та шляхи вирішення : збірник статей науково-практичної конференції з міжнародною участю, (6-8 липня 2016 року, м. Рівне). Житомир : Видавництво ЖДУ ім. І. Франка. С. 187–193.
42. Дьяков О. А. Бассейновый підхід до управління водними ресурсами у південних регіонах України. *Стратегічні пріоритети*. 2009. № 2(11). С. 225–230.
43. Интегрированное управління водними ресурсами. Глобальне Водне Партнерство–Україна. URL: <http://gwp-ukraine.env.kiev.ua>
44. Buryak Zh. A., Grigoreva O. I., Pavlyuk Ya. V. GIS maintenance of rural territories geoplanning under basin principles. *International Journal of Advanced Studies*. 2014. Vol. 4(2). P. 56–60.

45. Yermolaev O. P., Lisetskii F. N., Marinina O. A., Buryak Zh. A. Basin and eco-regional approach to optimize the use of water and land resources. *Biosciences. Biotechnology Research Asia*. 2015. Vol. 12(2). P. 145–158.
46. Буряк Ж. А. Бассейновая организация природопользования в Белгородском экорегионе: автореферат диссертации ... кандидата географических наук – 25.00.36. Москва, 2015. 23 с.
47. Кадацкая О. В. Гидрохимическая индикация ландшафтной обстановки водосборов. Минск: Наука и техника, 1987. 135 с.
48. Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. Львів: Інститут українознавства. 1997. 440 с.
49. Лойгу Э. О., Вельнер Х. А. Экологические модели малых рек и водоемов. Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. 104 с.
50. Клименко М. О., Ліхо О. А., Вознюк Н. М. Шляхи покращення екологічного стану водних екосистем. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2007. Вип. 3(39). С. 64–70.
51. Ліхо О. А., Бондарчук І. А. Удосконалення методики оцінки екологічного стану басейнів малих річок : матеріали II Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю. Вінниця, 2010. URL: <http://eco.com.ua/content/udoskonalennya-metodiki-otsinkiekologichnogo-ctanu-baseiniv-malikh-richok>
52. Клименко М. О., Статник І. І. Охорона водних об'єктів від антропогенного впливу. *Вісник КНУ імені Михайла Остроградського*. Кременчук. 2010. Вип. 6(65). С. 177–181.
53. Косолапов А. Е., Гузыкин Д. С., Плотницкий А. И., Кувалкин А. В. Экосистемный подход к анализу состояния малых водосборов. *Мелиорация и водное хозяйство*. 1996. № 1. С. 40–41.
54. Муравейский С. Д. Роль географических факторов в формировании географических комплексов. Реки и озера. 1960. С. 30–45.
55. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A. Ecological and economic aspects of afforestation in Ukraine in the context of sustainable land use. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2019. № 2. С. 1–24.
56. Geo-management in organic agriculture: monografia viacerých autorov. Co-authors: Pichura V., Potravka L. Dudiak N. Breus D. Skok S. Editors: Skrypchuk Petro and Jozef Zat'ko. Slovensko, Podhajska: Európsky inštitút ďalšieho vzdelávania, 2019. 283.
57. Водний менеджмент в Україні: проблеми та інновації розвитку : колективна монографія. За редакції Л. Ф. Кожушка, В. А. Сташука, М. А. Хвеси́ка, А. М. Роко́чинського. Рівне, 2018. 638 с.
58. 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). P. 445–453.
59. Маслова А. В., Шаликовский А. В., Шильникова Т. Л. Влияние природных и антропогенных факторов на водный баланс малых рек. *Вестник Воронежского государственного технического университета*. 1997. № 4. С. 9–15.
60. Мережко А. И. Проблемы малых рек и основные направления их исследований. *Гидробиологический журн.* 1998. № 6(34). С. 66–71.
61. Пальченко В. А. Основные принципы выбора водоохраных мероприятий в зависимости от хозяйственной деятельности в бассейнах малых рек. Рыбохозяйственные и русловые гидротехнические сооружения. Новочеркасск, 1988. С. 100–108.
62. 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). С. 3–11.
63. Шмыков В. И., Смольянинов В. М. Теоретические и методические основы оценки состояния водных ресурсов в регионе. *Вестник Самарского Государственного Университета*, Серия: География, геоэкология. 2000. № 1. URL: <http://ssu.samara.ru/~vestnik/est/>
64. Топчиев А. Г., Мальчикова Д. С., Шашеро А. Н. Методологические основы геопланирования региона. *Український географічний журнал*. 2010. № 1. С. 23–31.
65. Lisetsky F. N., Buryak J. A., Grigoreva O. I., Marinina O. A., Martsinevskaya L. V. Implementation of the Basin-Administrative and Ecoregional Approaches to Environmentally Oriented Arrangement Inter-settlement Areas of the Belgorod Region. *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol. 3(1). P. 50–63.
66. 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.
67. 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.
68. Пічура В. І., Потравка Л. О. Удосконалення механізму організації природокористування на території басейну Дніпра. *Біоресурси і природокористування*. 2019. № 11(5-6). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/13441>
69. Пічура В. І., Потравка Л. О. Протіерозійна оптимізація структури земельного фонду та екологізація природокористування на території басейну ріки Дніпро. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2020. № 2(8). С. 210–235.

70. Каштанов А. Н., Лисецкий Ф. Н., Швец Г. И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. Москва: Колос, 1994. 127 с.
71. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В., Сиротенко О. В., Кучма Т. Л. Формування збалансованих агроландшафтів на принципах ґрунтозахисної контурно-меліоративної системи землекористування. *Землеробство*. 2015. Вип. 1. С. 13–18.
72. Лисецкий Ф. Н., Землякова А. В., Нарожная А. Г. Геопланирование сельских территорий: опыт реализации концепции бассейнового природопользования на региональном уровне. *Вестник Одесского национального университета*. 2014. Т. 19, Вып. 3(22). С. 125–137.
73. Турусов В. И., Новичихин А. М., Гармашов В. М. Оптимизация агроландшафтов – основа эффективности инноваций в сельскохозяйственном производстве. *АгроПост*. 2012. URL: <http://agropost.ru/rastenievodstvo/zemledelie/optimizaciya-agrolandshaftov.html>
74. Терехин Э. А. Оценка спектрально-отражательных свойств залежных земель с использованием спутниковых данных. *Научные ведомости Белгородского государственного университета*. Серия: Естественные науки. 2017. Т. 38, № 4(253). С. 161–168.
75. Кочуров Б. И., Иванов Ю. Г. Оценка эколого-хозяйственного состояния территории административного района. *География и природные ресурсы*. 1987. № 87. С. 49–53.
76. Лопырев М. И., Макаренко С. А. Агроландшафты и земледелие. Воронеж: ВГАУ, 2001. 168 с.
77. Рыбарски И., Гайссе Э. Влияние состава угодий на экологическую стабильность территории. *Землеустроительные работы в специфических условиях*. Татранска Ломница, 1981. С. 19–26.

REFERENCES

1. Korytny L. M. (2001). *Bassejnovaja koncepcija v prirodopol'zovanii* [Basin concept in nature management]. Irkutsk: Publishing House of the Institute of Geography SB RAS. [in Russian].
2. Lisetskii F. N., Degtyar A. V., Buryak Zh. A. (2015). *Reki i vodnye ob'ekty Belogor'ja* [Rivers and water bodies of Belogorye]. Belgorod: Constant. [in Russian].
3. Simonov Yu. G. (2009). *Fraktal'nyj vzgljad na strukturu rechnyh bassejnov i istoriju ih razvitija* [A fractal view of the structure of river basins and the history of their development]. *Ecological and geographical research in river basins. Voronezh: VGPU*, 18–20. [in Russian].
4. Makkaveev N. I. (1955). *Ruslo reki i jerozija v ee bassejne* [River bed and erosion in its basin]. Moscow: USSR Academy of Sciences. [in Russian].

5. Pichura V. I. (2020). *Basejnova organizacija pryrodokorystuvannja na vodozbirnij terytorii' transkordonnoi' richky Dnipro* [Basin organization of nature conservation on the water-collecting territory of the transborder river Dnipro]. Kherson : OLDI-PLUS. [in Ukrainian].
6. Theodoropoulos C., Karaouzas I., Stubbington R. (2021). Biotic indices of hydrological variability as tools to inform dynamic ecological status assessments in river ecosystems. *Journal of Environmental Management*, Vol. 295, 113124. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113124>
7. Fox C. A. (2020). River Basin Development. *International Encyclopedia of Human Geography (2nd edition)*, 1–8. URL: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102295-5.10023-X>
8. Reyhani M. N., Grundmann P. (2021). Who influences whom and how in river-basin governance? A participatory stakeholder and social network analysis in Zayandeh-Rud basin, Iran. *Environmental Development*, vol. 40, 100677. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100677>
9. Pichura V. I. (2016). *Sil's'kogospodars'ke porushennja ekologichnoi' stijkosti basejnu richky Dnipro* [Agricultural disturbed ecological stability of the Dnieper river basin]. *Sciences report of NUBiP of Ukraine*, no. 5(62). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010>. [in Ukrainian].
10. Pichura V. I. (2017). *Geomodeljuvannja zonal'noi' nebezpeky zabrudnennja biogennymy rehovynamy poverhnevnyh vodu transkordonnomu basenji Dnipra* [Geomodeling of the zonal danger of surface water contamination by biogenic substances in the transboundary Dnipro basin]. *Bioresources and nature management*, vol. 9, no. 1-2, 24–36. [in Ukrainian].
11. Pichura V. I. (2020). *Atlas ekologichnogo stanu basejnu riky Dnipro* [Atlas of the ecological state of the Dnipro river basin]. Kherson : OLDI-PLUS. [in Ukrainian].
12. Pichura V. I., Skok S. V. (2017). *Sezonno-gidrologichna struktura rozpodilu zlyvnyh stokiv mista Herson u prymis'kij akvatorii' Dnipra* [Seasonal hydrological structure of the distribution of stormwater runoff from the city of Kherson in the suburban water area of the Dnipro]. *Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management*, vol. 4(80), 90–102. [in Ukrainian].
13. Qiab W., Liab H., Zhanga Q., Zhanga K. (2019). Forest restoration efforts drive changes in land-use/land-cover and water-related ecosystem services in China's Han River basin. *Ecological Engineering*, vol. 126, 64–73. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.11.001>
14. Pichura V. I., Shahman I. O., Bystryantseva A. M. (2018). *Prostorovo-chasova zakonodirnist' formuvannja jakosti vody v richci Dnipro* [Spatial-temporal law of water quality formation in the Dnipro river]. [in Ukrainian].

- tio-temporal patterns of water quality formation in the Dnipro River]. *Biore-sources and nature management*, vol. 10, no. 1-2, 44–57. [in Ukrainian].
15. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A., Stratchuk N. V. (2019). Geo-modelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Ero-sion. *Journal of Ecological Engineering*, vol. 20, iss. 8, 192–198.
 16. Zhouacd J., Luoac C., Maa D., Shiad W., Wangb L., Guoa Zh., Tanga H., Wanga X., Wanga J., Liuacd Ch., Weiacd W., Wanga Ch. (2022). The impact of land use landscape pattern on river hydrochemistry at multi-scale in an inland river basin, China. *Ecological Indicators*, vol. 143, 109334. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109334>
 17. Pichura V. I., Potravka L. A., Skrypchuk P. M., Stratchuk 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. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/119521>
 18. Pichura V. I. (2017). *Retrospektyvnyj analiz transformacii' ta pronoz stoku richky Dnipro* [Retrospective analysis of the transformation and prognosis of the flow of the Dnipro River]. *Balanced nature management*, no. 3, 76–90. [in Ukrainian].
 19. Shahman I. O., Bystryantseva A. M., Pichura V. I. (2018). *Matematychnie modeljuvannja gidroekologichnyh procesiv ta chysel'ni rozrahunky gidrohimichnogo rezhymu nyzhn'ogo Dnipra* [Mathematical modeling of hydroecological processes and numerical calculations of the hydrochemical regime of the lower Dnieper]. *Taurian scientific bulletin: Agricultural sciences*, vol. 99, 260–269. [in Ukrainian].
 20. Muratoglue A., Ercinbc E. E. (2022). Water resources management of large hydrological basins in semi-arid regions: Spatial and temporal variability of water footprint of the Upper Euphrates River basin. *Science of The Total Environment*, vol. 846, 157396. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157396>
 21. Netrobchuk I. M. *Geoekologicheskoe sostoyanie basseyna reki Luga* [Geoecological state of the Luga river basin]. URL: <http://book.net/index.php?p=achapter&bid=15084&chapter=1>
 22. Hryb Y. V., Voytyshyn D. Y. (2010). *Konceptual'ni osnovy vidrodzhen-nja transformovanyh ekosystem malyh richok rivnynnoi' chastyny terytorii' Ukrai'ny* [Conceptual foundations of the revival of transformed ecosystems of small rivers of the plain part of the territory of Ukraine]. *Collection of materials of the 2nd All-Ukrainian congress of ecologists with international participation in Vinnytsia*, 32–38.
 23. Nakonechny I. V., Danylenko V. L. (2014). *Ekologo-gidrologichni ta gidrohimichni chynnyky cyklichnyh sukcesij vodnyh ecosystem Tyli-gul's'kogo lymanu* [Ecological, hydrological and hydrochemical factors of

- cyclic successions of water ecosystems of Tyligul estuary]. *Agroecological journal*, no. 4, 16–21. [in Ukrainian].
24. Korytny L. M. (1986). *Rechnoy basseyn kak edinita prirodno-khozyaystvennogo rayonirovaniya* [River basin as a unit of natural and economic zoning]. *The role of geography in accelerating scientific and technical progress*, Irkutsk. Iss. 1, 20. [in Russian].
 25. Antipov A. N., Korytny L. M. (1981) *Geograficheskie aspekty gidrologicheskikh issledovaniy* [Geographic aspects of hydrological research]. Novosibirsk: Nauka. [in Russian].
 26. Grebin V. V. (2006). *Geografo-gidrologichnyy analiz yak metod doslidzhen' suchasnyh zmin vodnogo rezhymu richok* [Geographical and hydrological analysis as a method of researching modern changes in the water regime of rivers]. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, Iss. 9, 17–30. [in Ukrainian].
 27. 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.
 28. Pichura V. I., Potravka L. A., Dudiak N. V., Skrypchuk P. M., Stratchuk N. V. (2019). Retrospective and Forecast of Heterochronal Climatic Fluctuations Within Territory of Dnieper Basin. *Indian Journal of Ecology*, vol. 46(2), 402–407.
 29. Kirilyuk O. V. (2007). *Istoriya vstanovlennja basejnovogo pidhodu u geografii' ta ekologichnomu ruslozhnavstvi* [The history of establishing the basin approach in geography and ecological river studies]. *Scientific extracts of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubinsky. Series: Geography*, 14, 40–47. [in Ukrainian].
 30. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000, establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*, L. 327, 1–72.
 31. Dolzhenko V. A. (2011). *Basseynovyy podkhod kak osobennost' upravleniya v oblasti ispol'zovaniya i okhrany vodnykh ob'ektov* [Basin approach as a feature of management in the field of use and protection of water bodies]. *Historical, philosophical, political and legal sciences, cultural studies and art history. Questions of theory and practice*, no. 8 (14), 81–83. [in Russian].
 32. Shvebs G. I. (1987). *Kontsentratsiya prirodno-khozyaystvennykh sistem i voprosy ratsional'nogo prirodopol'zovaniya* [Concentration of natural and economic systems and issues of rational nature management]. *Geography and natural resources*, no. 2, 30–38. [in Russian].
 33. Kuzmenko Ya. V., Lisetsky F. N., Kirilenko Zh. A., Grigorieva O. I. (2013). *Obespechenie optimal'noy vodookhrannoy lesistosti pri basseyno-*

- voy organizatsii prirodopol'zovaniya [Ensuring optimal water protection forest cover in the basin organization of nature management]. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, vol. 15, no. 3 (2), 652–657. [in Russian].
34. Grodzinsky M. D. (1993). *Osnovy landshaftnoi' ekologii'* [Basics of landscape ecology]. Textbook. Kyiv: Lybid. [in Ukrainian].
35. Lisetskii F. N., Degtyar A. V., Narozhnyaya A. G., Chepelev O. A., Kuzmenko Ya. V., Marinina O. A., Zemlyakova A. V., Kirilenko Zh. A., Samofalova O. M., Terekhin E. A., Ukrainskiy P. A. (2013). *Basseyenovyy podkhod k organizatsii prirodopol'zovaniya v Belgorodskoy oblasti* [Basin approach to the organization of nature management in the Belgorod region]. Belgorod: Constant. [in Russian].
36. Borovytska A. G. (2016). *Pryncyp baseynovogo upravlinnja jak osnova vedennja derzhavnogo vodnogo kadastru* [The principle of basin management as a basis for maintaining the state water cadaster]. *Law and innovation*, no. 3 (15), 87–93. [in Ukrainian].
37. Philosophers V. P. (1960). *Kratkoe rukovodstvo po morfometrich-eskomu metodu poiskov tektonicheskikh struktur* [Brief guide to the morphometric method of searching for tectonic structures]. Saratov. [in Russian].
38. Strahler A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topogra-phy. *Geol. Soc. Amer. Bull.*
39. Kashchavtseva A. Yu., Shipulin V. D. (2011). *Modelirovanie rechnykh basseynov sredstvami ArcGIS 9.3* [River basin modeling using ArcGIS 9.3]. *Scientific notes of the Taurida National University V.I. Vernadsky. Series: Geography*, vol. 24 (63), no. 3, 85–92. [in Russian].
40. Pichura V. I., Pavlyuk Ya. V. (2015). *Geoinformatsionnoe rayonirovanie oroshaemykh i neoroshaemykh agrolandshafov po osnovnym tipam basseynov sredstvami ARCGIS na primere Khersonskoy oblasti* [Geoinformation zoning of irrigated and non-irrigated agrolandscapes by the main types of basins using ARCGIS on the example of the Kherson region]. *Clean place. Pure river. A clean planet: Collection of materials for the forum*. Kherson: KhTPP, 304–312. [in Russian].
41. Pichura V. I. (2016). *Osoblyvosti vnutrishn'oi' struktury basejnu richky Dnipro* [Features of the internal structure of the Dnipro river basin]. *Water: problems and solutions. Collection of articles of the scientific and practical conference with international participation*, (Rivne, July 6-8, 2016). Zhytomyr ZhdU Publishing House named after I. Franko. 187–193. [in Ukrainian].
42. Dyakov O. A. (2009). *Baseynovyj pidhid do upravlinnja vodnymiy resursamy u pivdennyh regionah Ukrai'ny* [Basin approach to water resources manage-

- ment in the southern regions of Ukraine]. *Strategic priorities*, no. 2(11), 225–230. [in Ukrainian].
43. *Integrovane upravlinnja vodnymi resursamy* [Integrated management of water resources]. *Global Water Partnership–Ukraine*. URL: <http://gwp-ukraine.env.kiev.ua> [in Ukrainian].
44. Buryak Zh. A., Grigoreva O. I., Pavlyuk Ya. V. (2014). GIS maintenance of rural territories geoplanning under basin principles. *International Journal of Advanced Studies*, vol. 4 (2), 56–60.
45. Yermolaev O. P., Lisetskii F. N., Marinina O. A., Buryak Zh. A. (2015). Basin and eco-regional approach to optimize the use of water and land resources. *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, vol. 12(2), 145–158.
46. Buryak Zh. A. (2015). *Basseynovaya organizatsiya prirodopol'zovaniya v Belgorodskom ekoregione* [Basin organization of nature management in the Belgorod ecoregion]: abstract of the thesis ... Candidate of Geographical Sciences – 25.00.36. Moscow. [in Russian].
47. Kadatskaya O. V. (1987). *Gidrokhimicheskaya indikatsiya landshaftnoy obstanovki vodosborov* [Hydrochemical indication of the landscape conditions of watersheds]. Minsk: Science and technology. [in Russian].
48. Kovalchuk I. P. (1997). *Regional'nyj ekologo-geomorfologichnyj analiz* [Regional ecological and geomorphological analysis]. Lviv: Institute of Ukrainian Studies. [in Ukrainian].
49. Loigu E. O., Velner H. A. (1985) *Ekologicheskie modeli mal'kikh rek i vodoemov* [Ecological models of small rivers and reservoirs]. Leningrad: Gidrometeoizdat. [in Russian].
50. Klymenko M. O., Liho O. A., Vozniuk N. M. (2007). *Shljahy pokrashhen-nja ekologichnogo stanu vodnyh ekosystem* [Ways to improve the ecological state of water ecosystems]. *Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management*, vol. 3 (39), 64–70. [in Ukrainian].
51. Liho O. A., Bondarchuk I. A. (2010). *Udoskonalennja metodyky ocinky ekologichnogo stanu basejniv mal'kikh richok* [Improving the methodology for assessing the ecological state of small river basins]. *Collection of materials of the II All-Ukrainian congress of ecologists with international participation. Vinnytsia*. URL: <http://eco.com.ua/content/udoskonalennya-metodiki-otsinkiekologichnogo-ctanu-basejniv-malikh-richok> [in Ukrainian].
52. Klymenko M. O., Statnyk I. I. (2010). *Ohorona vodnyh ob'ektiv vid antropogennogo vplyvu* [Protection of water bodies from anthropogenic influence]. *Mykhailo Ostrogradsky KNU Bulletin*. Kremenichuk. Vol. 6 (65), 177–181. [in Ukrainian].
53. Kosolapov A. E., Guzykin D. S., Plotnitsky A. I., Kuvalkin A. V. (1996). *Ekosistemnyy podkhod k analizu sostoyaniya mal'kikh vodosborov* [Ecosys-

- tem approach to the analysis of the state of small watersheds]. *Land reclamation and water management*, no. 1, 40–41. [in Russian].
54. Muraveisky S. D. (1960). *Rol' geograficheskikh faktorov v formirovanii geograficheskikh kompleksov* [The role of geographical factors in the formation of geographical complexes]. *Rivers and lakes*, 30–45. [in Russian].
55. Dudiak N. V., Pichura V. I., Potravka L. A. (2019). Ecological and economic aspects of afforestation in Ukraine in the context of sustainable land use. *Land management, cadastre and land monitoring*, no 2, 1–24.
56. Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Breus D., Skok S. et al. (2019). Geo-management in organic agriculture: monografia viacerých autorov. Editors: Skrypchuk Petro and Jozef Zat'ko. Slovensko, Podhajska: Európsky inštitút ďalšieho vzdelávania.
57. *Vodnyj menedzhment v Ukrai'ni: problemy ta innovacii' rozvytku* [Water management in Ukraine: problems and innovations of development]: collective monograph. (2018). Edited by L. F. Kozhushka, V. A. Stashuka, M. A. Khvesyka, A. M. Rokochinska. Rivne. [in Ukrainian].
58. 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.
59. Maslova A. V., Shalikovskiy A. V., Shilnikova T. L. (1997). *Vliyaniye prirodnnykh i antropogennykh faktorov na vodnyy balans malykh rek* [Influence of natural and anthropogenic factors on the water balance of small rivers]. *Bulletin of the Voronezh State Technical University*, no. 4, 9–15. [in Russian].
60. Merezhko A. I. (1998). *Problemy malykh rek i osnovnye napravleniya ikh issledovaniy* [Problems of small rivers and the main directions of their research]. *Hydrobiological journal*, no. 6 (34), 66–71. [in Russian].
61. Palchenko V. A. (1988). *Osnovnye printsipy vybora vodookhrannykh meropriyatiy v zavisimosti ot khozyaystvennoy deyatel'nosti v basseynakh malykh rek* [Basic principles for choosing water protection measures depending on economic activity in small river basins]. *Fishery and channel hydraulic structures*. Novocherkassk. 100–108. [in Russian].
62. Pichura V. I. (2016). Spatial prediction of soil erosion risk in the Dnieper river basin using revised universal soil loss equation and GIS-technology. *Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University*, no 2(56), 3–11.
63. Shmykov V. I., Smolyaninov V. M. (2000). *Teoreticheskie i metodicheskie osnovy otsenki sostoyaniya vodnykh resursov v regione* [Theoretical and methodological foundations for assessing the state of water resources

- in the region]. *Bulletin of the Samara State University, Series: Geography, geoecology*, no. 1. URL: <http://ssu.samara.ru/~vestnik/est/> [in Russian].
64. Topchiev A. G., Malchikova D. S., Shashero A. N. (2010). *Metodologicheskie osnovy geoplanirovaniya regiona* [Methodological bases of geoplanning of the region]. *Ukrainian geographical journal*, no 1, 23–31. [in Russian].
65. Lisetsky F. N., Buryak J. A., Grigoreva O. I., Marinina O. A., Martsinevskaya L. V. (2015). Implementation of the Basin-Administrative and Ecoregional Approaches to Environmentally Oriented Arrangement Inter-settlement Areas of the Belgorod Region. *Biogeosystem Technique*, vol. 3 (1), 50–63.
66. Pichura V. I., Potravka L. O. (2019). *Typizacija terytorii' basejnu riky Dnipro za stupenem agrogennoi' transformacii' landshaftnyh terytorial'nyh struktur* [Typification of the territory of the Dniper river basin according to the degree of agrogenic transformation of landscape territorial structures]. *Scientific horizons*, no. 9 (82), 45–56. [in Ukrainian].
67. Pichura V. I., Potravka L. O. (2019). *Metodologija prostorovo-chasovoi' ocinky stanu ekosystemy basejnyv richok i organizacii' racional'nogo pryrodokorystuvannja* [Methodology of spatio-temporal assessment of the state of the ecosystem of river basins and the organization of rational nature management]. *Aquatic bioresources and aquaculture*, no. 2, 144–174. [in Ukrainian].
68. Pichura V. I., Potravka L. O. (2019). *Udoskonalennja mehanizmu organizacii' pryrodokorystuvannja na terytorii' basejnu Dnipra* [Improvement of the mechanism of nature management organization in the territory of the Dnipro basin]. *Bioresources and nature management*, no. 11 (5–6). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bio/article/view/13441> [in Ukrainian].
69. Pichura V. I., Potravka L. O. (2020). *Protjerozijna optymizacija struktury zemel'nogo fondu ta ekologizacija pryrodokorystuvannja na terytorii' basejnu riky Dnipro* [Anti-erosion optimization of the structure of the land fund and greening of nature use in the territory of the Dnipro river basin]. *Aquatic bioresources and aquaculture*, no. 2 (8), 210–235. [in Ukrainian].
70. Kashtanov A. N., Lisetsky F. N., Shvebs G. I. (1994). *Osnovy landshaftno-ekologicheskogo zemledeliya* [Fundamentals of landscape-ecological agriculture]. Moscow: Kolos. [in Russian].
71. Tarariko O. G., Ilyenko T. V., Syrotenko O. V., Kuchma T. L. (2015). *Formuvannja zbalansovanyh agrolandshaftiv na pryncypah g'runtozahysnoi' konturno-melioratyvnoi' systemy zemlekorystuvannja* [Formation of balanced agrolandscapes based on the principles of the soil-pro-

- tective contour-ameliorative system of land use]. *Agriculture*, vol. 1, 13–18. [in Ukrainian].
72. Lisetskii F. N., Zemlyakova A. V., Narozhnyaya A. G. (2014). *Geoplanirovanie sel'skikh territoriy: opyt realizatsii kontseptsii basseynovogo prirodopol'zovaniya na regional'nom urovne* [Geoplanning of rural areas: experience in implementing the concept of basin nature management at the regional level]. *Bulletin of the Odessa National University*, vol. 19, Iss. 3 (22), 125–137. [in Russian].
73. Turusov V. I., Novichikhin A. M., Garmashov V. M. (2012). *Optimizatsiya agrolandshaftov – osnova effektivnosti innovatsiy v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve* [Optimization of agricultural landscapes is the basis for the effectiveness of innovations in agricultural production]. *AgroPost*. URL: <http://agropost.ru/rasteniievodstvo/zemledelie/optimizatsiya-agrolandshaftov.html> [in Russian].
74. Terekhin E. A. (2017). *Otsenka spektral'no-otrazhatel'nykh svoystv zaleznykh zemel' s ispol'zovaniem sputnikovyykh dannykh* [Estimation of the spectral-reflective properties of fallow lands using satellite data]. *Scientific statements of the Belgorod State University. Series: Natural Sciences*, vol. 38, no. 4(253), 161–168. [in Russian].
75. Kochurov B. I., Ivanov Yu. G. (1987). *Otsenka ekologo-khozyaystvennogo sostoyaniya territorii administrativnogo rayona* [Assessment of the ecological and economic state of the territory of the administrative region]. *Geography and natural resources*, no. 87, 49–53. [in Russian].
76. Lopyrev M. I., Makarenko S. A. (2001). *Agrolandshafty i zemledelie* [Agrolandscapes and agriculture]. Voronezh: VGU. [in Russian].
77. Rybarsky I., Geisse E. (1981). *Vliyanie sostava ugodiy na ekologicheskuyu stabil'nost' territorii* [Effect of land composition on the ecological stability of the territory]. *Land management works in specific conditions*. Tatranska Lomnica. 19–26. [in Russian].