

УДК 519.2:[911.2+504] (075.8)

ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ МОДЕЛЕЙ СТІЙКОСТІ МАЛИХ УРБОЛАНДШАФТНИХ БАСЕЙНОВИХ ГЕОСИСТЕМ

Самойленко В.М., Верес К.О.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Стан проблеми та аналіз публікацій. Обґрунтовані в наших працях [1-5], що враховують розробки і інших науковців ([6-17]), принципові підходи до моделювання стану малих басейнових геосистем урбанізованих ландшафтів базуються, перше, на системному задаванні останніх як МУБГ – малих урболандшафтних басейнових геосистем – з притаманним МУБГ специфічним комплексуванням різних підсистем, приурочених до адекватних їм структур (генезисних, басейнових, урболандшафтних, урбофункціональних тощо). По-друге, такі підходи засновані на аналізі двох типів стійкості МУБГ – фазової та параметричної – та формулюванні принципів уявлень щодо змісту цих типів, а також їх підтипів, видів та підвидів. А проте, спрямованість на майбутнє, корисне для природоохоронної практики, прикладне втілення наших розробок зумовила необхідність подальшої, більш детальної структуризації та параметризації моделей стану МУБГ, що потребувало і відповідних наступних досліджень в цьому аспекті, результатам чого і присвячена дана стаття.

Постановка завдання. Таким чином, основним завданням даної статті було, з одного боку, визначення шляхів параметризації моделей стійкості малих урболандшафтних басейнових геосистем для різновидів цієї стійкості та реальне втілення такої параметризації у чисельні критеріальні класифікаційно-категорійні схеми рівнів стану басейнових геосистем, зважаючи на сьогоденну можливість зазначеного втілення. З іншого боку, було поставлено за мету провести вибіркове тестування розроблених схем рівнів стану геосистем для забезпечених належною для цього інформацією п'яти репрезентативних МУБГ річок Києва ([1-4]) – Горенки, Віти, Нивки, Сирцю та Либіді, у т.ч. для остаточного відпрацювання певних методичних рішень, які у цілому, як і вся створювана нами методика моделювання, спрямовані на оптимізацію природокористування в урбанізованих ландшафтах.

Основний матеріал. Результати реалізації щойно поставлених завдань полягають у наступному.

Фазова стійкість (ФС). За [4] відображає міру саморегуляційної здатності об'єкта моделювання – МУБГ чи її заданих складників, зумовлену певними чинниками, які і визначають зміст фазової стійкості за її підтипами, до яких належать фазово-антропоїзаційна, фазово-етологічна і фазово-загальнофункціональна стійкість.

Фазово-антропоїзаційна стійкість (ФАС). Зумовлюється ступенем антропоїзації МУБГ і/або її передусім урболандшафтних та басейнових підсистем і свідчить про міру їх "залишкової" здатності до саморегуляції. Тому чисельно таку стійкість можна моделювати, базуючись на модифікації методики розрахунку коефіцієнта та категорій антропогенної перетвореності ландшафтів П.Г.Шищенка ([13, 9]), зважаючи на принципи та способи такої модифікації, викладені у [18], а також на

зміст і специфіку можливих видів природокористування у МУБГ, що, зрозуміло, віддзеркалюють структурно-функціональні і інші особливості урбанізованих ландшафтів ([6-9, 11]). Таким чином, підсумково аналізуючи урбофункціональну структуру (УФС) МУБГ, як стосовно МУБГ у цілому, так і у поєднанні з певними складниками інших її структур (див. [4]), у загальному вигляді ФАС МУБГ можна оцінювати за індексом фазово-антропізаційної стійкості ($I_{FAS,k}$, у %) k -того об'єкта за моделлю

$$I_{FAS,k} = 100 - I_{ANT,k} = 100 - \sum_{i=1, j=1}^n (r_i q_j) p_{ij} , \quad (1)$$

де $I_{ANT,k}$ – середньовиважений (за відповідними площами) індекс антропізації k -тої МУБГ (або k -тої урболандшафтної чи басейнової тощо підсистеми певної МУБГ тощо) (у %); p_{ij} – загальна частка площі території цієї МУБГ у цілому і/або її заданої підсистеми чи їх набору (без площі власне водних об'єктів – річкових русел, штучних водойм і озер) з i -тим рангом антропогенної перетвореності та j -тим індексом глибини такої перетвореності (у частках одиниці); r_i – значення зазначеного i -того рангу антропогенної перетвореності (у %), що визначається за домінантною функціональною ознакою (головним видом "урбанізаційного" природокористування), тобто за типом певних урбофункціональних підсистем в межах МУБГ чи її складників; q_j – значення зазначеного j -того індексу глибини цієї перетвореності, який відображає "субфункціональні" особливості таких підсистем ("всередині" ідентифікованих для них рангів), додатково враховуючи їх визначені типово-структурні та інші ознаки (наприклад, ознаку природоохоронного статусу і т.ін., див. далі) та "конкретизуючи" значення $(r_i q_j)$ в межах їх інтервалів для певних рангів; n – кількість комбінацій i -того рангу та j -того індексу.

При цьому, з одного боку, зважаючи, по-перше, на зміст рангу перетвореності r_i , для $(r_i q_j)$ застосовується спеціальна шкала відношень, категорії якої у певному інтервальному відсотковому вираженні відповідають зростанню значень $(r_i q_j)$ від їх початкового інтервалу (категорії), що відображає належність частин території МУБГ, яка оцінюється, до територій з реалізованим природоохоронним статусом ($(r_i q_j)$ до 10%), до кінцевих інтервалів (категорій), що характеризують території, приурочені до складської та промислової підсистем УФС (з максимумом $(r_i q_j)$ у 100%). По-друге, у межах кожного такого інтервалу $(r_i q_j)$ також має бути диференційоване застосування значень вже q_j як певного, явного або "опосередкованого", вагового коефіцієнта, що визначає "конкретне" значення $(r_i q_j)$ всередині цього інтервалу з додатковим урахуванням змісту q_j , тобто, наприклад, капітальності та висотності житлової зони, різновидів природоохоронної або рекреаційної зони, структури землекористування у агровиробничій зоні тощо. У чисельному еквіваленті все це може бути реалізоване насамперед через запровадження як інтервальних, так і усереднених значень добутку $(r_i q_j)$.

Зважаючи на щойно викладені принципи, і була розроблена відповідна категорійна шкала відношень для добутку $(r_i q_j)$ у моделі (1), наведена у табл.1. Ця шкала вирізняє десять загальнофункціональних категорій $(r_i q_j)$ за, зрозуміло, десятьма типами урбофункціональних підсистем і, не дивлячись на її "рівномірний" характер, зберігає і відображає логіку та зміст покладених в її основу видів

природокористування, їх значущість та чисельні співвідношення тощо, обґрунтовані у працях П.Г.Шищенка [13, 9] та О.Ю.Дмитрука [6-8].

Таблиця 1. Інтервальні та усереднені значення добутку ($r_i \cdot q_j$) у частковій моделі індексу антропізації МУБГ (див. (1)) в залежності від типів урбофункціональних підсистем¹⁾ (з урахуванням праць [13, 9, 6-8])

Типи урбофункціональних підсистем в межах МУБГ	Інтервальні та усереднені значення ($r_i \cdot q_j$), %
1) природоохоронна	(0-10]; 5
2) полірекреаційна	(10-20]; 15
3) меморіально-культурна	(20-30]; 25
4) агровиробнича	(30-40]; 35
5) культурно-освітня	(40-50]; 45
6) громадсько-адміністративна	(50-60]; 55
7) житлова	(60-70]; 65
8) транспортна	(70-80]; 75
9) складська	(80-90]; 85
10) промислова	(90-100]; 95

¹⁾ при територіальному збігу (комплексуванні) декількох з 1)-10) типів обирається тип з найбільшим значенням ($r_i q_j$)

Конкретне застосування категорійної шкали таблиці 1 можливе вже сьогодні за умови оперування із усередненими значеннями ($r_i q_j$) (що і було зроблено далі при тестуванні цієї частини методики моделювання). При подальшому ж розвитку і деталізації застосування зазначеної шкали треба, зрозуміло, чисельно враховувати "субфункціональні" особливості її категорій (типів урбофункціональних підсистем), у всіх випадках зважаючи, зокрема, на наступне.

Об'єктами, що формують природоохоронну урбофункціональну підсистему в межах МУБГ, є території з вже реалізованим (встановленим) певним природоохоронним статусом, що загалом відбиває передусім категорійність об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) України ([19]). Звідси, інтервальні коливання ($r_i q_j$) для природоохоронної категорії табл.1, поєднуючи, як і всі такі категорії, менші їх числові значення з меншою мірою антропізації (див. (1)) та навпаки, очевидно, будуть найменшими для "високостатусних" об'єктів ПЗФ – заповідників, національних природних і регіональних ландшафтних парків, а найбільшими – для дендрологічних, зоологічних парків та парків-пам'яток садово-паркового мистецтва тощо. Аналогічно за змістом у категорійній варіабельності значень ($r_i q_j$) можна врахувати і приуроченість частин території МУБГ до "імплементованих" елементів екомережі, зважаючи на її ранг, вид таких елементів та класифікаційну схему критеріїв їх ідентифікації та рівня природно-каркасної значущості та стану (див. [18]), а також приуроченість зазначених територій до не тільки запроектованих, але тих, що вже реально виконали та виконують своє призначення, елементів водоохоронних зон [14] і т.ін.

Полірекреаційна урбофункціональна підсистема тлумачиться як сукупність зон чи ареалів превалюючого рекреаційно-спортивно-оздоровчого призначення ([6-8]), а отже, найменші в категорійному інтервалі значення ($r_i q_j$) будуть відповідати, наприклад, зонам неорганізованої та "менш організованої" рекреації (лісопарків, гідропарків, лугопарків, скверів і т.ін.), поступово збільшуючись стосовно територій під спортивними комплексами (спортмайданчиків, стадіонів), санаторно-курортними об'єктами, включаючи бази відпочинку, розважальними комплексами різного гатунку тощо.

Коливання індексу антропізації у моделі (1), а звідси і коливання відповідних категорійних значень ($r_i q_j$) щодо меморіально-культурної урбофункціональної підсистеми мають відображати глибину перетвореності частин території МУБГ в залежності від специфіки (у т.ч. інфраструктури, часу створення і т.ін.) об'єктів-складників такої підсистеми – передусім ареалів поховань (цвинтарів) і релігійно-культурних (монастирських) комплексів.

Типологія (насамперед структура і інтенсивність землекористування, а також подекуди різновид забудови чи конструктивних рішень тощо) агровиробничого виду "урбанізаційного" природокористування має спричинити і змінність значень ($r_i q_j$) у відповідній категорії табл.1, зважаючи, що до агровиробничої урбофункціональної підсистеми належать території агроугідь (садів, полів), включаючи зони чи ареали парників, дачних і підсобних господарств ([6]) тощо.

Типово-забудовна ознака у цілому стосується і може бути використана при категорійній диференціації значень ($r_i q_j$) для багатьох типів урбофункціональних підсистем в межах МУБГ за табл.1. А проте, найбільш критичною ця ознака є у зазначеному аспекті для культурно-освітньої (території закладів освіти, культури, об'єктів науково-дослідної та науково-виробничої сфери тощо), громадсько-адміністративної та житлової ("гіпердомінантної") урбофункціональних підсистем, коли зважання вже на належність відповідних територій до некапітальної низькоповерхової або капітальної середньо- чи багатоповерхової забудови зумовить і відповідний вибір значень ($r_i q_j$), на який у певних ситуаціях може істотно вплинути і конфігурація такої забудови (лінійна, полігональна, ареальна, квартально-периметрова і т.ін., див. [6-8]), а також деякі інші функціонально-організаційні особливості зазначених підсистем.

Тип забудови (у т.ч. її конфігурація) як ознака "впливає", що щойно зазначалось, і на глибину антропогенної перетвореності, а отже і на варіабельність ($r_i q_j$) стосовно транспортної, складської та промислової урбофункціональних підсистем, але має бути врахована у комплексі і з іншими їх відповідними ознаками. Зокрема, для територій, приурочених до транспортної зони, доцільно взяти до уваги і значущість (клас) транспортних магістралей, їх детермінованість (і/або комплексний характер) щодо головного спрямування (пасажирські та вантажні перевезення) та певних видів транспорту (трамвайних, тролейбусних, автобусних, автомобільних, залізничних шляхів сполучення, метрополітену і т.ін.), враховуючи і планово-висотну приуроченість шляхів сполучення тощо. До того ж треба зважати на те, що до транспортної підсистеми загалом належить і підсистема зв'язку, що може спричинити необхідність врахування наявності об'єктів останньої, таких як ЛЕП, трубо- та продуктопроводи тощо. Для ареалів складської урбофункціональної

підсистеми можна брати до уваги і їх диференціацію на комунально-, транспортно- (включаючи гаражні комплекси різного гатунку) та промислово-складські комплекси, а для промислової зони – знову-таки її типологію з огляду на галузеве призначення, господарську інфраструктуру тощо.

Диференційованого оцінювального підходу за табл.1 потребують і інші, не зазначені вище, у т.ч. специфічні, ареали. Наприклад, ареали пустирів можна відносити до підсистем, адекватних їх відведенню під визначений вид природокористування (житлової, транспортної, промислової і т.ін.). При невизначеності з таким відведенням, ареали пустирів, за відсутності на них звалищ різноманітного походження і т.ін., можна умовно кваліфікувати як складники полірекреаційної підсистеми, а за наявності таких звалищ – складської тощо.

З іншого боку, інтервали значень індексу $I_{FAS,k}$ моделі (1) були згруповані у наслідкову до табл.1 шкалу відношень (категорійно-класифікаційну схему), що містить сім визначених категорій фазово-антропізаційної стійкості МУБГ чи її заданих підсистем як категорій їх здатності до саморегуляції, згідно з чим і здійснюється безпосереднє оцінювання рівня їх стану (від МУБГ чи певних її підсистем з вельми сильною до таких же об'єктів з гранично слабкою здатністю до саморегуляції) (табл.2). Тобто, наприклад, МУБГ із змодельованою 5-ю категорією за табл.2 буде визначена як МУБГ з послабленою здатністю до саморегуляції і т.ін. До того ж, зважаючи на підходи [20] до ідентифікації стану водних об'єктів за класами та враховуючи певні уточнення до назв цих класів тощо (див. [5]), щойно зазначені категорії були згруповані у п'ять класів. Це створило можливість типізувати рівень стану МУБГ чи її підсистем за класом: від відмінного (I) та доброго (II) до незадовільного (IV) та поганого (V), обираючи "точкою відліку" для природоохоронних органів МУБГ із задовільним і гіршим за нього класом рівня стану. Слід одразу зазначити, що таке запровадження класів, універсальне, за назвами і мірою необхідності планування природоохоронних заходів, було зроблено стосовно і деяких інших різновидів стійкості МУБГ, де це було можливо і виправдано за сутністю моделювання.

Таблиця 2. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану МУБГ за ознаками її фазово-антропізаційної стійкості (здатності до саморегуляції)

Значення $I_{FAS,k}$ за моделлю (1), %	Здатність до саморегуляції (категорія рівня стану)	Рівень стану за класом
≥ 90	вельми сильна (1)	відмінний (I)
[80-90)	сильна (2)	добрий (II)
[70-80)	середня (3)	задовільний (III)
[60-70)	послаблена (4)	
[50-60)	слабка (5)	незадовільний (IV)
[30-50)	вельми слабка (6)	
< 30	гранично слабка (7)	поганий (V)

Результати тестування фазово-антропізаційної стійкості на прикладі п'яти МУБГ річок Києва, наведені у табл.3, засвідчили, що з таких позицій найвищою здатністю

до саморегуляції володіють басейнові геосистеми Горенки та Віти, а найнижчою – Сирцю та Либіді.

Таблиця 3. Результати модельної оцінки рівня стану МУБГ річок Києва за ознаками їх фазово-антропоїзаційної стійкості (модель (1), табл.1-2)

МУБГ	$I_{FAS,k}$ %	Здатність до саморегуляції	Рівень стану за класом
р. Горенка	83,3	сильна (2)	добрий (II)
р. Віта	72,7	середня (3)	задовільний (III)
р. Нивка	55,9	слабка (5)	незадовільний (IV)
р. Сирець	47,3	вельми слабка (6)	незадовільний (IV)
р. Либідь	44,0	вельми слабка (6)	незадовільний (IV)

Фазово-етологічна стійкість (ФЕС). У цілому відображає міру збереження відношень гідрофункціонування, які є основними структуротворними у (квазі)природній підсистемі МУБГ як територіальній одиниці басейнової ЛТС. Тобто, ця стійкість визначає ступінь цілісності та збереження рис формування та існування відповідних водно-міграційних речовинно-енергетичних потоків і зв'язків як для МУБГ у цілому, так і в межах насамперед басейнових (квазі)природно-територіальних підсистем МУБГ, а також порушення / непорушення ієрархічної впорядкованості ([12]) зазначених підсистем тощо. За такого тлумачення фазово-етологічна стійкість може бути оцінена за низкою її ознак, що визначатимуть і рівень стану за адекватними їм видами ФЕС. Серед таких ознак (видів) можна передусім вирізнити наступні ([4]).

По-перше, можна вести мову про гідромережну ознаку (вид) ФЕС, яка віддзеркалює міру трансформації (квазі)природних елементів гідромережі МУБГ – за ступенем і видом каналізації такої мережі, мірою та способом зміни та регулювання водного режиму тощо, що стосується як основного водотоку МУБГ, так і ділянок гідромережі суббасейнових геосистем більш низьких порядків, у т.ч. враховуючи взагалі міру збереження ядер всіх цих геосистем у вигляді власне водотоків з (квазі)природними руслами і т.ін. З таких позицій, у першому наближенні гідромережний вид фазово-етологічної стійкості МУБГ доцільно модельно оцінювати для двох його підвидів згідно з наступними математично-логічних міркуваннями та побудовами.

Оцінювання першого підвиду – гідромережної каналізаційно-підпірної ФЕС (ГКПФЕС) – базується на загальній моделі індексу такої стійкості ($I_{HCBFES,k}$, у %), що розраховується на основі індексу каналізації та підпору, середньовиваженого за довжиною типово ідентифікованих ділянок гідромережі. Така модель має вигляд

$$I_{HCBFES,k} = 100 - I_{CH,BW,k} = 100 - \sum_{i=1}^n I_{T,CH,BW,i} l_i, \quad (2)$$

де $I_{CH,BW,k}$ – середньовиважений індекс каналізації русел і берегів та штучного підпору заданої "реальної" гідромережі k -тої МУБГ – головного водотоку, або і обраних його руслових приток, як трансформованих чи нетрансформованих (квазі)природних, так і "суто техногенних", тобто "заново" створених, у т.ч. на місці

руслових чи неруслових водотоків, у вигляді певних гідротехнічних споруд з "новими" штучними руслами (аналогічним чином можна визначати також індекси каналізації та підпору k -тої басейнової (квазі)природно-територіальної підсистеми МУБГ) (у %); $I_{T,CH,BW,i}$ – значення i -того індексу варіанта (як комбінації типів) каналізації та підпору (у %); I_i – загальна частка довжини ділянок заданої гідромережі з i -тим "варіантним" індексом $I_{T,CH,BW}$ (у частках одиниці по відношенню до загальної довжини цієї гідромережі); n – кількість розрахункових варіантів каналізації та підпору.

Для врахування індексу $I_{T,CH,BW,i}$ як чинника наявності та комбінації типів чи відсутності каналізації русел і берегів і штучного підпору ділянок гідромережі застосовується спеціальна шкала відношень, наведена у табл.4. При цьому під узагальнювальним терміном "каналізація русел і берегів і штучний підпір" розуміється застосування системи гідротехнічних заходів та технологій і гідротехнічних споруд (ГТС), досить часто у комплексі, наслідки чого призводять до істотної техногенної трансформації процесів русло- та берегоформування за рахунок виправлення русел, перетворення водотоків або їх ділянок на канали, водоводи та водойми різного типу, укріплення берегів, оперативно регульованої чи нерегульованої ("пасивної") зміни водного режиму водотоків тощо. Сімома основними складниками (типами) зазначеної каналізації і створення підпору стосовно гідромережі МУБГ можна умовно вважати:

- штучне спрямлення і/або поглиблення русел безпідпірних ділянок водотоків;
- штучну безпідпірну трансформацію ділянок русел, аж до повної їх "заміни", внаслідок застосування ГТС відкритого або закритого типу (за адекватними конструктивними особливостями) на кшталт каналів, колекторів і т.ін. з тривкими монолітними закріплювальними (бетонними і т.п.) конструктивними елементами в ложі спрямлених ділянок водотоків, а також тунелів, якими прямують останні, тощо;
- штучну трансформацію берегів водотоків і водойм із застосуванням різноманітних регуляційних, у т.ч. берегозахисних і берегоукріплювальних ГТС (насамперед обвалування і т.ін.);
- штучну (квазі)підпірну трансформацію русел і берегів водотоків (включаючи колишні) внаслідок створення (виникнення) ланцюжку штучних водойм (озер, ставків) з послабленим або відсутнім водообміном між ними без трансформації їх ложа тривкими конструкціями;
- штучний підпір водотоків за рахунок їх загачування, у т.ч. без або із створенням руслових ставків-загат без трансформації їх ложа тривкими конструкціями;
- штучний підпір і каналізацію водотоків за рахунок створення руслових відкритих чи закритих підпірних водойм-накопичувачів (у т.ч. колекторів-резервуарів, ставків-резервуарів і т.ін.) або підпірних (шлюзованих) / напірних каналів, водоводів і т.ін. із, зрозуміло, трансформованим ложем тощо;
- штучний підпір (з або без каналізації) гирлових ділянок водотоків (при впадінні водотоків у водосховища та іншій техногенній трансформації гирл тощо), у т.ч. за умов "вільного" гирла (без ГТС у створі впадіння водотоку) або заблокованого гирла

(з ГТС у цьому створі, включаючи насосні станції перекидання стоку у вищерозташований б'єф водосховища і т.ін.).

Таблиця 4. Інтервальні та усереднені значення індексу варіанта каналізації русел і берегів та штучного підпору ділянок гідромережі МУБГ ($I_{T,CH,BW,i}$ в моделі (2)) в залежності від варіантів такої каналізації та підпору

Варіанти каналізації (без підпору, а) та підпору і каналізації (б) ділянок гідромережі:	Інтервальні та усереднені значення $I_{T,CH,BW,i}$ %
1а) відсутність штучного спрямлення і/або поглиблення та трансформації русел і берегів гідротехнічними спорудами; 1б) відсутність штучного підпору і каналізації ((квазі)природні ділянки гідромережі)	0
2а) відсутність штучного спрямлення і/або поглиблення та трансформації русел ГТС, штучна трансформація берегів; 2б) створення загачених ділянок водотоків ¹⁾ без спрямлення (поглиблення) їх русел і штучної трансформації берегів	(0-20]; 10
3а) штучне спрямлення і/або поглиблення русел без штучної трансформації русел і берегів ГТС; 3б) створення загачених ділянок водотоків ¹⁾ зі спрямленням (поглибленням) їх русел без штучної трансформації берегів	(20-50]; 35
4а) штучне спрямлення і/або поглиблення русел без штучної їх трансформації ГТС, штучна трансформація берегів; 4б) створення загачених ділянок водотоків ¹⁾ зі спрямленням (поглибленням) їх русел з штучною трансформацією берегів чи руслових ставків-загат або створення (виникнення) ланцюжку штучних водойм (озер, ставків) з послабленим чи відсутнім водообміном між ними ²⁾	(50-80]; 65
5а) штучне спрямлення та трансформація русел і берегів ГТС відкритого типу; 5б) створення руслових відкритих підпірних водойм-накопичувачів або підпірних / напірних каналів, водоводів і т.ін. з трансформованим ложем	(80-90]; 85
6а) штучне спрямлення та трансформація русел і берегів ГТС закритого типу; 6б) створення руслових закритих підпірних водойм-накопичувачів або підпірних / напірних каналів, водоводів і т.ін. з трансформованим ложем	(90-100]; 95

¹⁾ включаючи ділянки з штучним підпором "вільного" гирла (додаткова позначка *). Для ділянок з штучним гирловим підпором у випадку заблокованого гирла у варіантах 2б) – 4б) завжди застосовуються максимальні значення індексу $I_{T,CH,BW,i}$ (додаткова позначка **); ²⁾ включаючи ставки-загати на яружно-балковій мережі з або без поверхневого стоку до нижче розташованих ділянок тощо

Оцінювальне, у т.ч. тестове, використання табл.4 можливе вже зараз, орієнтуючись на середні значення "варіантного" індексу $I_{T,CH,BW}$. У майбутньому ж, зрозуміло, цей аспект потребує розвитку і уточнення шляхом диференційованого врахування конкретних числових значень зазначеного індексу. Таке врахування має зважати на змістовні, насамперед конструктивні, особливості варіантів каналізації та підпору ділянок гідромережі, що модельно оцінюються. Зокрема, більші значення

$I_{T,CH,BW,i}$ у відповідних інтервалах мають, очевидно, присвоюватися: ділянкам із штучним і спрямленням, і поглибленням русел – у порівнянні з ділянками з якимсь одним таким атрибутом; ділянкам штучних водойм з послабленим чи відсутнім водообміном – у порівнянні з ділянками поєднаних стоком руслових ставків-загат і т.ін.; ділянкам ставків-загат із штучно трансформованими берегами – у порівнянні з аналогічними ділянками без такої трансформації, загалом зважаючи і на конструктивні особливості останньої; ділянкам каналізаційних тунелів – у порівнянні з ділянками закритих (перекритих) каналів тощо.

Власне категорійно-класифікаційна схема щодо *ГКПФЕС* оперує з "похідними" від можливих значень середньовиваженого індексу $I_{CH,BW,k}$ (див. модель (2)) діапазонами коливань значень вже індексу гідромережної каналізаційно-підпірної *ФЕС* $I_{HCBFES,k}$. За ними вирізняється шість категорій рівня стану *МУБГ*, що враховують різну міру техногенного етологічного заблокування ([21]) заданої "реальної" гідромережі цієї басейнової геосистеми (або її басейнових підсистем) за рахунок каналізації та штучного підпору ділянок такої мережі. Ці категорії об'єднані досить умовно (скоріше для формального визначення відповідної ситуації при плануванні природоохоронних заходів), знову-таки, у п'ять класів рівня зазначеного стану (табл.5). Отже, наприклад, *МУБГ* із помірним етологічним заблокуванням її гідромережі – категорія (2) – буде відповідати доброму рівню стану *МУБГ* за ознаками її *ГКПФЕС*, а з надто та вельми сильним щойно зазначеним заблокуванням (категорії (5) і (6)) – поганому рівню такого стану за класом і т.ін.

Таблиця 5. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану *МУБГ* за ознаками її гідромережної каналізаційно-підпірної фазово-етологічної стійкості (етологічного заблокування гідромережі *МУБГ*)

Значення $I_{HCBFES,k}$ за моделлю (2), %	Етологічне заблокування гідромережі (категорія рівня стану)	Рівень стану за класом
100	відсутнє (1)	відмінний (I)
[80-100)	помірне (2)	добрий (II)
[50-80)	середнє (3)	задовільний (III)
[20-50)	сильне (4)	незадовільний (IV)
[10-20)	вельми сильне (5)	поганий (V)
< 10	надто сильне (6)	

Результати орієнтовного тестування гідромережної каналізаційно-підпірної *ФЕС* стосовно головних водотоків п'яти *МУБГ* Києва з використанням середніх значень варіантного індексу $I_{T,CH,BW,i}$ тощо (табл.6) показують, що тестовим геосистемам властиве сильне (Нивка, Горенка та Віта) і вельми сильне (Либідь і Сирець) етологічне заблокування гідромережі. Зрозуміло, що така оцінка була б більш точною, передусім щодо геосистем Віти та Горенки, при врахуванні стану не тільки головних водотоків *МУБГ*, а й їх приток, запровадженні не середніх, а більш конкретних, у т.ч. варіантних, значень індексу $I_{T,CH,BW,i}$ і т.ін. (див. попередній текст).

Таблиця 6. Результати модельної оцінки рівня стану МУБГ річок Києва за ознаками їх гідромережної каналізаційно-підпірної фазово-етологічної стійкості (модель (2), табл.4-5)

МУБГ	$I_{HCBFES,k}$, %	Етологічне заблокування гідромережі (категорія рівня стану)
р. Горенка	32,7	сильне (4)
р. Віта	48,0	сильне (4)
р. Нивка	27,7	сильне (4)
р. Сирець	15,2	вельми сильне (5)
р. Либідь	19,1	вельми сильне (5)

Оцінювання другого підвиду – *гідромережної стоково-регулювальної ФЕС (ГСРФЕС)* як своєрідного змістовно-методичного "доповнення" до міркувань та побудов стосовно каналізаційно-підпірної стійкості – у спрощеному вигляді можна здійснювати за моделлю, яка враховує міру техногенної трансформації динаміки гідромережі МУБГ за рахунок зарегулювання водного стоку останньої штучними водоймами, тобто

$$I_{HRCFES,k} = f \{100 (W_{MMWR,k} / W_{ARM,k})\} , \quad (3)$$

де $I_{HRCFES,k}$ – індекс гідромережної стоково-регулювальної фазово-етологічної стійкості k -тої МУБГ (для території МУБГ у цілому або для k -тої басейнової (квазі)природно-територіальної підсистеми МУБГ), який адекватний індексу штучного зарегулювання стоку МУБГ стосовно заданої "реальної" гідромережі (див. пояснення до формули (2)) і визначається у % за інтервалами співвідношення ($W_{MMWR,k} / W_{ARM,k}$), у якому $W_{MMWR,k}$ – загальний об'єм штучних водойм всіх типів і видів в межах заданої гідромережі, а $W_{ARM,k}$ – об'єм середнього багаторічного річного стоку МУБГ або її підсистеми (всі об'єми – у млн. м³).

Відповідна вищевикладеному категорійно-класифікаційна схема (табл.7) на основі коливань індексу $I_{HRCFES,k}$ оперує лише з категоріями гідромережної стоково-регулювальної ФЕС як категоріями техногенної етологічної трансформації заданої гідромережі МУБГ і рівень стану останньої при цьому кваліфікується, наприклад, як "МУБГ з помірною, середньою і т.ін. етологічною трансформацією гідромережі" тощо.

Таблиця 7. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану МУБГ за ознаками її гідромережної стоково-регулювальної фазово-етологічної стійкості (етологічної трансформації гідромережі МУБГ)

Значення $I_{HRCFES,k}$ за (3), %	Етологічна трансформація гідромережі (категорія рівня стану)
0	відсутня (1)
(0-25]	помірна (2)
(25-50]	середня (3)
(50-75]	сильна (4)
(75-100]	вельми сильна (5)
> 100	надто сильна (6)

Слід зазначити, що майбутнє удосконалення змісту табл.7 є можливим насамперед шляхом деталізації (при можливому уточненні меж) її категорій, у т.ч. із зважанням на типи і види штучних водойм і розкриттям інтервальних значень $I_{HRCFES,k}$. Більш коректним було б і врахування в цій таблиці не загального, а корисного (того, що регулюється) об'єму штучних водойм, хоча, з огляду на реальні типи та конструктивні особливості таких водойм на сильно урбанізованих територіях та й загалом на зміст моделювання ГСРФЕС, зазначене врахування не є критичним. Крім того, слід зважати на те, що категорії схеми табл.7 недоцільно поєднувати з певними класами рівня стану МУБГ (добрим, незадовільним тощо), позаяк певне зарегулювання стоку може мати і деякі екопозитивні риси (підтримання меженного стоку тощо), а отже при відповідних табл.7 оцінюваннях доцільно враховувати лише обумовлену вище техногенну трансформацію.

Тестування щойно запропонованих підходів було проведене на прикладі забезпечених відповідними даними чотирьох МУБГ річок Києва. Його результати, наведені для території геосистем у цілому у табл.8, засвідчили, що МУБГ Либіді, Віти та Нивки характеризуються помірною етологічною трансформацією їх гідромережі, а Сирцю – сильною. При цьому не слід забувати, що такі оцінки доцільно аналізувати лише у контексті спільного розгляду з оцінками етологічного заблокування гідромережі зазначених МУБГ (див. табл.6).

Таблиця 8. Результати модельної оцінки рівня стану МУБГ Києва за ознаками їх гідромережної стоково-регульовальної фазово-етологічної стійкості (за моделлю (3), табл.7 і вихідними даними за [11])

МУБГ	Кількість штучних водойм	$W_{MMWR,k}$, млн. м ³	$W_{ARM,k}$, млн. м ³	$I_{HRCFES,k}$, %	Етологічна трансформація гідромережі (категорія рівня стану)
р. Віта	21	1,442	18,3	7,9	помірна (2)
р. Нивка	143	1,274	5,40	23,6	помірна (2)
р. Сирець	12	0,9004	1,39	64,8	сильна (4)
р. Либідь	9	0,282	3,76	7,5	помірна (2)

По-друге, крім гідромережної, можна говорити і про вододільно-водозбірну ознаку (вид) ФЕС, яка відображає міру антропогенної трансформації місцезнаходження, у т.ч. визначеності або невизначеності позиції, редукції чи розширення площі тощо, (квазі)природного вододілу та водозбору, як МУБГ у цілому, так і інших її заданих (квазі)природно-територіальних підсистем. Така трансформація найчастіше буває зумовлена ситуацією, за якої каналізаційно-технологічні та інші забудовні умови формування комунально-побутового та промислового стоку, включаючи зливово-талій ([1]), спричиняють зміну, подекуди істотну, реальних меж як поверхневого, так і підземного водозбору МУБГ, до того ж за рахунок відповідної зміни складу та позиції джерел надходження забруднених вод. Параметризація моделі водозбірно-вододільного виду ФЕС МУБГ, яка загалом повинна бути побудована на певних співвідношеннях насамперед площ

(квазі)природного та "реального" (трансформованого через щойно зазначені причини) водозборів геосистеми, має стати предметом окремого спеціального дослідження у майбутньому, що потребує застосування інструментарію ГІС для аналізу результатів накладання шарів рельєфу репрезентативних МУБГ і мереж міського водовідведення тощо.

По-третє, можна оперувати і з іншими ознаками (видами) фазово-етологічної стійкості. За ними, наприклад, можна модельно оцінювати, користуючись відповідними графами та певними їх топологічними параметрами і т.ін., міру узгодження орієнтації певних просторових форм будівельного і ін. освоєння території ([6]) з орієнтацією (квазі)природних елементів гідромережі. Також принципово можна модельно аналізувати параметри антропогенно зумовлених змін процесів пересихання водотоків МУБГ і їх заростання вищою водною рослинністю та зіставляти коефіцієнти густоти (та й загалом склад) колишньої та сучасної гідромережі геосистеми тощо. При цьому, аналогічно до вищевикладеного, обумовлені чисельні критерії всіх цих інших ознак (видів) ФЕС можуть бути надалі відповідним чином поєднані з адекватними категорійно-класифікаційними схемами рівнів стану об'єктів моделювання.

Фазово-загальнофункціональна стійкість (ФЗФС). Може чисельно оцінюватися згідно з розподілом території МУБГ за її наявними урбоінтегративними підсистемами (приуроченими до урбанізаційного ядра і інших мезопідсистем ЛУС відповідного рангу [7, 4]) і відображає узагальнені умови структурно-функціональної трансформації та розвитку МУБГ. При цьому, зважаючи на площі МУБГ та вимогу адекватності мірил моделювання, найбільш коректним у першому наближенні буде зіставлення розмірів територій цих геосистем у межах урбанізаційного ядра та поза ним (чим більші перші – тим менша ФЗФС). А отже, наприклад, серед обраних тестових басейнових геосистем Києва найгіршим рівнем стану за ознакою ФЗФС будуть відзначатися МУБГ Либіді та Сирцю, а дещо кращим, як менш трансформовані у зазначеному аспекті, – геосистеми Віти, Нивки та Горенки.

Параметрична стійкість (ПС). Цей другий тип стійкості моделюється і оцінюється за мірою поліваріантної відповідності обраних визначальних параметрів стану об'єкта моделювання – МУБГ або її визначених підсистем – певним еталонним параметрам, заданим з огляду на "нормальність" природних властивостей, структури та типових особливостей цього об'єкта ([12]). За таких вихідних умов розрізняють декілька підтипів параметричної стійкості ([4]), а саме такі підтипи, як параметрично-процесова, параметрично-відновлювальна та параметрично-інтегральна.

Параметрично-процесова стійкість (ППС). Характеризує щойно зазначену міру відповідності для параметрів, що відображають основні структуротворні процеси в об'єкті моделювання. Цю стійкість можна згідно з [14, 18] чисельно моделювати за певним індексом параметрично-процесової стійкості ($I_{PPSi,k}$, у %), індивідуальним, по-перше, для кожного обраного i -того структуротворного процесу (а отже, одночасно, для i -того виду ППС) у k -тій МУБГ, орієнтуючись на приуроченість процесу до набору певних урбофункціональних підсистем МУБГ, його спрямованість та інтенсивність (як "міру негативності" для стійкості МУБГ) і т.ін.

По-друге, $I_{PPSi,k}$ може бути індивідуальним для кожних i -тих наслідків, знову-таки для стійкості МУБГ, комбінації або перерозподілу інтенсивності груп чи типів структуротворних процесів тощо, в усіх випадках подаючи цей індекс у загальному вигляді як

$$I_{PPSi,k} = 100 - I_{PROi,k} , \quad (4)$$

де $I_{PROi,k}$ – середньовиважені за відповідними площами k -того модельного об'єкта (набору заданих урбофункціональних підсистем k -тої МУБГ або її k -тої басейнової підсистеми) визначені характеристики щойно зазначених i -тих процесів чи наслідків, параметризовані (у %) таким чином, що коливаються в межах від значень, близьких до 0 (як найбільш сприятливих для стійкості МУБГ), до значень, близьких до 100% (як цілковито недопустимих для стійкості МУБГ).

У цілому i -тими процесами у моделі (4) можуть бути, наприклад, подані через їх інтенсивність або інший атрибут флювіо-ерозійні та гравігенно-схиллові незсувні чи зсувні процеси на водозборі, процеси радіоактивного та хімічного забруднення або ущільнення ґрунтів останнього, руслові процеси, оцінені через ерозійний показник стійкості русел (за [22]) і т.ін. За чисельну міру ж i -тих наслідків у моделі (4) може правити ступінь співвідношення інтенсивності різних типів флювіо-гідроміграційних процесів (стоково-поверхневих, стоково-підземних та інфільтраційно-гідроміграційних), у т.ч. у зіставленні з аналогічними показниками для еталонних, слабко- або "неурбанізованих" малих басейнових геосистем, що значною мірою визначає і інтенсивність та змістовний плин групи полюціо-динамічних процесів тощо. При цьому значення індексу $I_{PPSi,k}$ також мають бути класифікаційно категоровані аналогічно до вже викладених міркувань з вирізненням певних категорій рівня стану МУБГ за ознаками (видами) її параметрично-процесової стійкості, спеціально зважаючи до того ж і на склад і площі (особливо при порівнянні різних геосистем) урбофункціональних підсистем МУБГ, заданих для моделювання її ППС з огляду на відповідність типу цих підсистем змісту моделювання (тобто, немає сенсу оцінювати, наприклад, площинну водну ерозію щодо підсистем або їх частин з водонепроникними поверхнями і т.ін.).

Зокрема, за приклад параметричного застосування щойно викладених підходів може правити ідентифікація таких видів параметрично-процесової стійкості. По-перше, можна оперувати з флювіо-ерозійною ППС (ФЕППС), використовуючи модель індексу такого виду стійкості ($I_{FEPPS,k}$, у %) k -того об'єкта

$$I_{FEPPS,k} = 100 - I_{FER,k} = 100 - \sum_{j=1}^n I_{IFER,j} p_{ER,j} , \quad (5)$$

де $I_{FER,k}$ – індекс флювіальної ерозії МУБГ (у %), середньовиважений в межах її заданих (і наявних) урбофункціональних підсистем (як правило, 1-4 типів за табл.1 та подекуди, частково, і інших типів цієї таблиці, зважаючи на типово-забудовну ознаку та інші функціонально-організаційні особливості таких підсистем); $I_{IFER,j}$ – індекс інтенсивності зазначеної ерозії (у %), що визначається в інтервальному або усередненому подаванні за спеціальною шкалою відношень в залежності від регіональних значень річного змиву верхнього шару ґрунту (табл.9); $p_{ER,j}$ – загальна частка площі об'єкта моделювання з j -тим індексом інтенсивності I_{IFER} (у частках

одиниці від загальної площі заданих урбофункціональних підсистем); n – кількість розрахункових індексів I_{IFER} .

Таблиця 9. Інтервальні та усереднені значення індексу інтенсивності флювіальної ерозії ($I_{IFER,j}$ в моделі (5)) в залежності від регіональних значень річного змиву верхнього шару ґрунту (на основі [16, 17] та [23, 24] з нашим упорядкуванням, модифікацією і доповненням)

Річний змив верхнього шару ґрунту, т/га					Інтервальні та усереднені значення $I_{IFER,j}$, %
зона мішаних лісів ¹⁾	лісостепова зона		степова зона		
	1 ²⁾	2 ³⁾	1 ⁴⁾	2 ⁵⁾	
< 2	< 4	< 2	< 4	< 3	(0-20]; 10
[2-3]	[4-10)	[2-8]	[4-10)	[3-8)	(20-40]; 30
(3-4]	10	(8-9]	10	8	(40-60]; 50
(4-8]	(10-12]	(9-12]	(10-15]	(8-12]	(60-80]; 70
> 8	> 12	> 12	> 15	> 12	(80-100]; 90

1) Поліський край; 2) Дністровсько-Дніпровський лісостеповий край; 3) Лівобережно-Дніпровський та Середньо-Руський лісостепові краї; 4) Дніпровсько-Дністровський північностеповий край; 5) Лівобережно-Дніпровсько-Приазовський, Донецький, Задонецько-Донський північностепові, Причорноморський середньостеповий та Кримський сухостеповий (без Присивасько-Кримської низовинної області) краї

Удосконалення табл.9 можливе в майбутньому через деталізацію значень індексу $I_{IFER,j}$ насамперед шляхом більш регіонально деталізованого врахування значень річного змиву верхнього шару ґрунту тощо. Власне ж категорійно-класифікаційна схема щодо флювіо-ерозійної стійкості МУБГ або її басейнових підсистем наведена у табл.10 і визначає п'ять категорій рівня стану МУБГ за ознаками такої стійкості (від геосистем з вельми слабкою до геосистем з вельми сильною інтенсивністю флювіальної ерозії) та відповідні їм п'ять класів рівня стану.

Таблиця 10. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану МУБГ за ознаками її флювіо-ерозійної параметрично-процесової стійкості (інтенсивності флювіальної ерозії)

Значення $I_{FEPPS,k}$ за моделлю (5), %	Інтенсивність флювіальної ерозії (категорія рівня стану)	Рівень стану за класом
[80-100)	вельми слабка (1)	відмінний (I)
[60-80)	слабка (2)	добрий (II)
[40-60)	середня (3)	задовільний (III)
[20-40)	сильна (4)	незадовільний (IV)
< 20	вельми сильна (5)	поганий (V)

Треба обов'язково зважати також на те, що, з одного боку, тестування і практичне застосування модельних підходів згідно з табл.9-10 потребує додаткових спеціальних досліджень. З іншого боку, як при оцінюванні, так і, особливо, при

порівнянні рівня стану різних МУБГ за ознаками їх ФЕППС слід враховувати частку площі геосистем, для якої ця стійкість моделювалася, відносно їх загальної площі. Зокрема очевидно, що для тестових геосистем Києва зазначені оцінки і зіставлення ФЕППС будуть найбільш змістовними для геосистем Горенки, Віти та Нивки, а найменш змістовними – для басейнової геосистеми Либіді через істотну за площею водонепроникність поверхні її водозбору.

По-друге, вже виключно для територій урбофункціональних підсистем 1-4 типів за табл.1 в межах МУБГ (див. наші праці [25, 14]), можна як вид ідентифікувати радіоекологічну параметрично-процесову стійкість (РЕППС), застосовуючи, згідно з методичними підходами зазначених праць, модель індексу такого виду стійкості ($I_{REPPS,k}$, у %) k -того об'єкта

$$I_{REPPS,k} = 100 - I_{LRES,k} = 100 - \sum_{j=1}^n I_{FLRES,j} p_{RE,j} , \quad (6)$$

де $I_{LRES,k}$ – індекс рівня радіоекологічного стану МУБГ (у %), середньовиважений в межах її наявних урбофункціональних підсистем 1-4 типів за табл.1; $I_{FLRES,j}$ – індекс рівня радіоекологічного стану території для її ландшафтно-гідроекологічного районування, який визначається (у %) за цифровою картою полів таких індексів регіональної ГІС радіоактивно забруднених геосистем (для поля 1 він становить 100%, для поля 2 – 90%, для поля 3 – 80% і т.д., завершуючи полем 10 з $I_{FLRES,j} = 10\%$, див. [25, 14]); $p_{RE,j}$ – загальна частка площі об'єкта моделювання з j -тим індексом стану I_{FLRES} (у частках одиниці від загальної площі наявних урбофункціональних підсистем 1-4 типів); n – число розрахункових індексів I_{FLRES} .

Категорійно-класифікаційна схема для моделювання радіоекологічної стійкості МУБГ або її басейнових підсистем, наведена у табл.11, оперує з десятима категоріями рівня радіоекологічного стану МУБГ (із збереженням їх назв за [14] – від вельми задовільного до гранично поганого рівня) та з поєднаними зі змістом цих категорій за [14]), уніфікованими за назвами з попередніми оцінками, п'ятьма класами такого рівня.

Таблиця 11. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану МУБГ за ознаками її радіоекологічної параметрично-процесової стійкості

Значення $I_{REPPS,k}$ за моделлю (6), %	Рівень радіоекологічного стану за категорією ([14]) та її номер	Рівень радіоекологічного стану за класом
> 85	вельми задовільний (1)	відмінний (I) і добрий (II)
[75-85)	задовільний (2)	задовільний (III)
[65-75)	помірно погіршений (3)	незадовільний (IV)
[55-65)	середньо погіршений (4)	
[45-55)	вельми погіршений (5)	
[35-45)	гранично погіршений (6)	
[25-35)	початково поганий (7)	поганий (V)
[15-25)	середньо поганий (8)	
[5-15)	вельми поганий (9)	
< 5	гранично поганий (10)	

Результати орієнтовної оцінки рівня стану тестових басейнових геосистем Києва за ознаками їх радіоекологічної параметрично-процесової стійкості (модель (6), табл.11), проведеної за наявних на сьогодні можливостей згідно з вищевикладеними підходами, засвідчують, що рівень такого стану всіх п'яти геосистем відповідає класу "задовільний" з $I_{REPPS,k}$ близьким до 80. А отже, згідно з [14, 25] ці геосистеми є тими, що потребують розробки та реалізації заходів з вибіркової (оптимально фрагментарно обумовленої) реєстрації параметрів радіоекологічного стану, що головним чином стосується МУБГ річок Горенки, Нивки та Віти.

Параметрично-відновлювальна стійкість (ПВС). Характеризує ([4]) саме міру здатності об'єктів моделювання до відновлення власних (квазі)природних властивостей і типових особливостей, зумовлену наявністю головних чинників такого відновлення – озелених територій із різним генезисом та типом озеленення, територій із спеціальним природоохоронним (чи іншим охоронним) статусом з відповідним реально запровадженим (діючим) регламентом природокористування тощо з урахуванням модельного індексу антропогенізації. На відміну від такого індексу з його складниками (див. формулу (1)), що вже зазначеним чином результуювально відображає структурно-функціональні аспекти урбанізації ландшафтів через оцінювання фазово-антропогенізаційної стійкості модельних об'єктів, певний індекс ПВС має бути застосовним вже для оцінювання міри відповідності структурної "ваги" саме чинників відновлення стану об'єктів оптимальним характеристикам (тобто, наприклад, показувати, наскільки ступінь озеленення території відповідає бажаному чи оптимальному такому ступеню тощо).

А отже, індекс параметрично-відновлювальної стійкості ($I_{PR\Sigma(i),k}$, у %) k -того об'єкта можна оцінювати, у т.ч. як набір часткових індексів за складниками його чисельника чи знаменника та при пропорційному категорійно-класифікаційному поєднанні діапазонів індексу (індексів) з рівнями стану об'єкта, за змістом загальної моделі

$$I_{PR\Sigma(i),k} = f(I_{UR\Sigma(i),k} / I_{TR\Sigma(m),k}) , \quad (7)$$

де $I_{UR\Sigma(i),k}$ – індекс "корисно-відновлювальних" чинників, який визначається за питомими (у %) площами всіх (або i -тих) корисних для відновлення стану територій (з (квазі)природною рослинністю та штучними насадженнями, охоронним регламентом природокористування тощо) без, зрозуміло, дублювання таких площ при їх спільному розгляді; $I_{TR\Sigma(m),k}$ – загальний (або m -тий) індекс структурної антропогенної трансформації, який може бути обчислений на основі, наприклад, ступеня техногенного перетворення ландшафтно-архітектурних систем (за [6]), де у цілому враховується міра відповідних перетворень, що характеризують наявність і параметри водонепроникних поверхонь, потужність техногенних відкладів та інші відповідні атрибути насамперед антропогенної генезисної підсистеми МУБГ.

Зокрема, у першому наближенні, за складниками чисельника (7) можна параметризувати такий вид стійкості, як фітогенна параметрично-відновлювальна стійкість (ФГПВС), однойменний індекс якої ($I_{FGPRS,k}$, у %) заданого k -того об'єкта моделювання (МУБГ у цілому або її k -тої басейнової, урболандшафтної чи інших

підсистем або їх поєднань), адекватний територіальному індексу озеленення, доцільно визначати за моделлю

$$I_{FGPRS,k} = f \{100 (S_{FG,k} / S_{MO,k})\} , \quad (8)$$

де $S_{FG,k}$ – площа озеленення заданого об'єкта моделювання як сумарна площа його озеленених територій ([26, 6]), а отже, ареалів із (квазі)природною рослинністю і/або штучними насадженнями: лісів, лук, боліт, лісопарків, лісосмуг, лугопарків, скверів, газонів, садів, присадибних деревних і/або деревно-чагарникових ділянок тощо, включаючи всі відповідні території природоохоронної, полірекреаційної, меморіально-культурної, агровиробничої та деяких інших урбофункціональних підсистем в межах МУБГ; $S_{MO,k}$ – загальна площа цього об'єкта моделювання (без площі власне водних об'єктів – річкових русел, штучних водойм та озер).

Категорійно-класифікаційна схема ФГПВС початково зважає на j -ті фактичні величини співвідношення $(S_{FG,k} / S_{MO,k})$, яке, у свою чергу, нормується за l -тими критеріальними значеннями як "регіонально-інтервальне" з огляду на зміст цього співвідношення та зміст аргументів, обраних для його нормування за [16, 17], згідно із формулою

$$\{100 (S_{FG} / S_{MO})\}_l = \{0,5 (K_F + K_{INC})\}_l I_{FAS,G^*} , \quad (9)$$

де $K_{F,l}$ і $K_{INC,l}$ – "регіонально-інтервально" детерміновані критеріальні значення, відповідно, показників лісистості та ступеня природного стану басейнів малих річок України за [16, 17] (у %); I_{FAS,G^*} – середнє значення індексу фазово-антропізаційної стійкості моделі (1) для доброго за класом цієї стійкості рівня стану МУБГ (див. табл.2), $I_{FAS,G^*} = 0,85$.

Запровадження I_{FAS,G^*} як коефіцієнта у модель (9) враховує допустиму міру певного "зниження" еталонних вимог до МУБГ у порівнянні з аналогічними вимогами до малих басейнових геосистем за [16, 17] з огляду на генезисно-функціональну вагомість і відносну "незворотність" "чинника урбанізації" МУБГ.

Зазначена схема ФГПВС (табл.12) вирізняє п'ять категорій рівня стану МУБГ або її підсистем за ступенем озеленення (від вельми високого до вельми низького, що, відповідно, і характеризує відновлювальну здатність, про яку йде мова) та п'ять відповідних цим категоріям класів рівня стану. Така схема, зрозуміло, надалі може бути удосконалена шляхом, насамперед, більш точного та детального регіонального задавання критеріальних значень $(S_{FG} / S_{MO})_l$ для інтервалів індексу озеленення $I_{FGPRS,k}$. Шляхами удосконалення схеми є також параметризація топологічних характеристик озеленення (на кшталт використаних у [26]) або його третього виміру (як у [6]) та поєднання еталонних вимог до міри озеленення, додатково враховуючи його генезис і тип, з певним бажаним місцезнаходженням ареалів рослинності, тобто структурно-територіальне узгодження таких вимог з оптимально обумовленими басейновими, урболандшафтними та іншими підсистемами в межах МУБГ, зважаючи і на урбоінтегративні підсистеми, тощо.

Крім того, не слід забувати, що для МУБГ, територія якої тяжіє до декількох "критеріально-розрахункових" фізико-географічних таксонів, індекс озеленення $I_{FGPRS,k}$ моделі (8) треба відповідно визначати як середньовиважений за площами

таких таксонів, орієнтуючись при виважуванні площ на усереднені, а при результувальному оцінюванні – на інтервальні значення цього індексу за табл.12.

Таблиця 12. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану МУБГ за ознаками її фітогенної параметрично-відновлювальної стійкості (ступеня озеленення) (на основі [16, 17] та [23, 24] з нашим упорядкуванням, модифікацією і доповненням)

Регіональні значення (S_{FG} / S_{MO}) _l за (9), %						Інтервальні і усереднені значення $I_{FGPRS,k}$ моделі (8), %	Ступінь озеленення (категорія рівня стану)	Рівень стану за класом
зона мішаних лісів ¹⁾	лісостепова зона		степова зона					
	1 ²⁾	2 ³⁾	1 ⁴⁾	2 ⁵⁾	3 ⁶⁾			
> 53	> 22	> 24	> 21	> 21	> 20	(80-100]; 90	вельми високий (1)	відмінний (I)
(47-53]	(20-22]	(21-24]	(15-21]	(18-21]	(15-20]	(60-80]; 70	високий (2)	добрий (II)
(40-47]	(18-20]	(19-21]	(13-15]	(16-18]	(13-15]	(40-60]; 50	середній (3)	задовільний (III)
[32-40]	[16-18]	[16-19]	[11-13]	[14-16]	[11-13]	(20-40]; 30	низький (4)	незадовільний (IV)
< 32	< 16	< 16	< 11	< 14	< 11	(0-20]; 10	вельми низький (5)	поганий (V)

¹⁾ Поліський край; ²⁾ Дністровсько-Дніпровський лісостеповий край; ³⁾ Лівобережно-Дніпровський та Середньо-Руський лісостепові краї; ⁴⁾ Дніпровсько-Дністровський північностеповий край; ⁵⁾ Лівобережно-Дніпровсько-Приазовський, Донецький, Задонецько-Донський північностепові краї; ⁶⁾ Причорноморський середньостеповий та Кримський сухостеповий (без Присивасько-Кримської низовинної області) краї

Результати оцінки стану тестових басейнових геосистем Києва за наразі обраними ознаками їх фітогенної параметрично-відновлювальної стійкості (ступеня озеленення) наведені у табл.13. Вони свідчать про вельми високий і високий ступінь озеленення геосистем Горенки, Віти та Сирцю та незадовільний рівень стану за мірою озеленення МУБГ Либіді. А проте, при цьому не слід забувати про відзначену вище певну недосконалість лише "відсоткового" оцінювання фітогенної стійкості без урахування місцезнаходження та типу ареалів рослинності та зазначених інших, більш удосконалених принципів такого оцінювання, включаючи критеріальні.

Таблиця 13. Результати модельної оцінки рівня стану МУБГ Києва за ознаками їх фітогенної параметрично-відновлювальної стійкості (модель (8), табл.12)

МУБГ	(S_{FG} / S_{MO}) _j , %	Ступінь озеленення	Рівень стану за класом
р. Горенка	74,7	вельми високий (1)	відмінний (I)
р. Віта	37,8	вельми високий (1)	відмінний (I)
р. Нивка	42,4	середній (3)	задовільний (III)
р. Сирець	52,3	високий (2)	добрий (II)
р. Либідь	37,5	низький (4)	незадовільний (IV)

У підсумку слід зазначити, що аналогічно до щойно викладених положень щодо моделювання фітогенної параметрично-відновлювальної стійкості як часткового виду *ПВС* (з її частковим індексом), можна розвивати підходи до оцінювання і інших часткових видів цієї стійкості. Це стосується, зокрема, заповідно-екореабілітаційної *ПВС*, що базуватиметься на індексі питомих площ з певним охоронним регламентом природокористування, включаючи елементи екомережі, або (квазі)природно-ландшафтної *ПВС*, індекс якої зважатиме на питомі площі (квазі)природної генезисної підсистеми *МУБГ* і т.ін. При цьому, а проте, очевидно, що параметрично-відновлювальна стійкість може найбільш змістовно аналізуватися шляхом комплексної параметризації всіх складників її загальної моделі (7).

Параметрично-інтегральна стійкість (*ПИС*). Вирізнення як підтипу з певними видами зумовлено специфічними рисами формування стану *МУБГ* як саме "компактної" басейнової геосистеми (див. [12, 4]). З огляду на це, доцільним є розподіл параметрично-інтегральної стійкості на два її види, такі як та водно-якісна (детально розглянута у [5]) та водно-стокова (розглядається далі).

Водно-стокова параметрично-інтегральна стійкість (*ВСПИС*) відображає міру здатності водотоків *МУБГ* до самоочищення та забезпечення "нормального" плину певних природних процесів, включаючи власне водно-стокові, гідрофізикохімічні, гідробіотичні, руслові і ін., в аспекті підтримання рівноважного рівня стану гідроекосистем у цілому, зважаючи у деяких випадках і на потреби користувачів ресурсами водного фонду. Ця стійкість оперує із заданими (розрахунковими) характеристиками річного водного стоку за багатоліття, враховуючи і його внутрішньорічний розподіл та, інколи, інтенсивність передусім безповоротного вилучення води, стан водного середовища і т.ін., та кількісно-якісними характеристиками джерел забруднення тощо ([14-17, 27]). Вона може визначатися за адекватними сутності щойно викладеного індексами різного ступеня комплексності, що початково зважають на певні різноманітні параметри "екологічно необхідного" стоку ([22, 17]) і/або змістовно визначені комбінації та співвідношення зазначених характеристик. Модельна параметризація таких підходів щодо *МУБГ* є загалом вельми утрудненою, передусім через специфіку природокористування в умовах істотно урбанізованих ландшафтів її водозбору та складність отримання необхідної чисельної інформації стосовно впливу цього природокористування на басейнову геосистему та її відповідних конкретних відгуків на вплив. Тому, залишаючи розв'язання проблеми на майбутнє, наразі можна застосовувати лише певні спрощені оцінювальні рішення ([4]).

Зокрема можна оперувати з таким підвидом, як загально-самоочищувальна водно-стокова параметрично-інтегральна стійкість (*ЗСВСПИС*). Модель її однойменного індексу ($I_{GSWFPIs,k}$, у %) для k -тої *МУБГ* або її k -тої басейнової підсистеми у цілому відповідатиме запису

$$I_{GSWFPIs,k} = f \{100 (W_{POL\Sigma,k} / W_{ARL,k})\} , \quad (10)$$

де $W_{POL\Sigma,k}$ – об'єм річного надходження стічних вод у цілому, зважаючи і на загальний ступінь їх забрудненості (очищення); $W_{ARL,k}$ – об'єм річного водного стоку *МУБГ* чи її підсистеми у маловодний рік (всі об'єми – у млн. м³).

Складність точної ідентифікації ступеня забрудненості (очищення), як до речі, і загалом об'єму, комунально-побутових і промислових стічних вод, включаючи зливово-талі, що надходять до гідромережі МУБГ із зосереджених та розосереджених джерел забруднення, у т.ч. через досить специфічні мережі міського водовідведення та з істотно поширених водонепроникних поверхонь водозбору тощо, вимагала запровадження певних непрямих характеристик міри зазначеної забрудненості при категорюванні індексу $I_{GSWFPI\Sigma,k}$. За таку характеристику був обраний середньовиважений індекс антропоізації МУБГ ($I_{ANT,k}$ за моделлю (1)), зважаючи на адекватні його інтервали у схемі табл.2 (де $I_{ANT,k} = 100 - I_{FAS,k}$), які відображають домінування певних урбофункціональних підсистем в межах МУБГ (від природоохоронної до промислової), а отже опосередковано можуть правити і за індикатори, як можливих джерел забруднення, так і відповідного їм ймовірного ступеня очищення стічних вод. Орієнтуючись на такі засновки та на відповідні критеріальні значення, наведені стосовно басейнових геосистем у наших працях ([28, 14]) та працях інших дослідників ([16, 17, 27] і ін.), знову-таки з огляду на домінування "чинника урбанізації" у функціонуванні МУБГ, і була розроблена категорійно-класифікаційна схема рівнів стану останньої за інтервалами індексу $I_{GSWFPI\Sigma,k}$, поєднаними з інтервалами індексу $I_{ANT,k}$ (табл.14). Ця схема вирізняє шість категорій рівня стану МУБГ, як категорій її здатності до самоочищення стічних вод власним водним стоком (від вельми сильної до гранично слабкої), та обумовлених раніше за змістом п'ять класів такого рівня.

Таблиця 14. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану МУБГ за ознаками її загально-самоочищувальної водно-стокової параметрично-інтегральної стійкості (здатності до самоочищення стічних вод водним стоком)

Значення $I_{GSWFPI\Sigma,k}$ моделі (10) для інтервалів $I_{ANT,k}$ моделі (1) (%):					Здатність до самоочищення (категорія рівня стану)	Рівень стану за класом
≤ 10	(10-20]	(20-40]	(40-70]	> 70		
< 5	< 4	< 3	< 2	< 4	вельми сильна (1)	відмінний (I)
[5-10)	[4-8)	[3-6)	[2-4)	[1-2)	сильна (2)	добрий (II)
[10-15)	[8-12)	[6-9)	[4-6)	[2-3)	послаблена (3)	задовільний (III)
[15-50)	[12-40)	[9-30)	[6-20)	[3-10)	слабка (4)	незадовільний (IV)
[50-100)	[40-80)	[30-60)	[20-40)	[10-20)	вельми слабка (5)	
> 100	> 80	> 60	> 40	> 20	гранично слабка (6)	поганий (V)

Результати оцінки стану тестових басейнових геосистем Києва за ознаками їх загально-самоочищувальної стійкості наведені у табл.15 і засвідчують, що достатня здатність до самоочищення властива лише геосистемі Горенки, тоді як МУБГ Віти та Нивки відповідають у такому аспекті незадовільному рівню стану, а Либіді – поганому, що у даному випадку адекватний катастрофічній екологічній ситуації. При цьому геосистема Сирцю не оцінювалася, позаяк наведене для неї у [11] значення $W_{POL\Sigma,k} = 0$ уявляється малоімовірним з огляду на рівень стану МУБГ Сирцю, змодельований нами у [5] за ознаками її водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості.

Таблиця 15. Результати модельної оцінки рівня стану *МУБГ* Києва за ознаками їх загально-самоочищувальної водно-стокової параметрично-інтегральної стійкості (модель (10), табл.14, вихідні дані щодо об'ємів – за [11] у млн.м³)

<i>МУБГ</i>	$W_{POL\Sigma,k}$	$W_{ARL,k}$	$I_{GSWFPI\Sigma,k}$, %	$I_{ANT,k}$, %	Здатність до самоочищення	Рівень стану за класом
р. Горенка	0,04	0,84	4,8	16,7	сильна (2)	добрий (II)
р. Віта	1,065	4,73	22,5	27,3	слабка (4)	незадовільний (IV)
р. Нивка	0,403	1,38	29,2	44,1	вельми слабка (5)	незадовільний (IV)
р. Либідь	4,142	0,96	431,4	56,0	гранично слабка (6)	поганий (V)

При подальшому створенні та параметризації моделей інших підвидів водно-стокової параметрично-інтегральної стійкості *МУБГ*, доцільно зосередити увагу насамперед на моделях і схемах, що критеріально нормують надходження певних забруднювальних речовин до гідромережі геосистеми, навантаження на останню за цими речовинами або їх набором ([27, 4]) і т.ін. Крім того, безумовно, вимагають розв'язання проблеми ефективного задавання та отримання інформації про головні параметри, за якими моделюються всі підвиди зазначеної стійкості, передусім щодо характеристик самих джерел забруднення та їх взаємодії з гідромережею тощо. А проте, через вже зазначену складність отримання таких даних, не меншої, а може і більшої уваги потребують проблеми інформаційного забезпечення моделювання (за розробленим нами у [5] апаратом) другого виду стійкості – водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості *МУБГ* – з огляду на більшу змістовність за таких умов модельного відтворення власне результатів (наслідків) екологічного впливу на басейнову геосистему різноманітних джерел її забруднення.

Висновки і перспективи.

1.Здійснено параметризацію всіх основних моделей стійкості малих урболандшафтних басейнових геосистем (*МУБГ*), включаючи розробку відповідних категорійно-класифікаційних схем рівнів стану таких геосистем.

2.Проведено вибіркоче тестування розроблених схем рівнів стану геосистем для забезпечених належною для цього інформацією репрезентативних *МУБГ* річок Києва – Горенки, Віти, Нивки, Сирцю та Либіді, результати чого засвідчили обґрунтованість запропонованих модельних підходів.

3.Перспективним наступним кроком за предметом даної статті має стати розробка відповідного розділу рекомендацій з модельної оцінки та поліпшення стану малих урболандшафтних басейнових геосистем.

Список літератури

1.Самойленко В.М., Івашикевич К.О. Поліпшення екологічного стану басейнових геосистем малих річок Києва // *Гідрол., гідрох. і гідроекологія.* – 2005. – Т.7. – С.243-251. 2.Івашикевич К.О. Геоекологічні проблеми малих річок Києва // *Фіз. геогр. та геоморфологія.* – 2005. – Т.49. – С.254-258. 3.Верес К.О. Зіставлення інтегральних оцінок якості води малих річок сильно урбанізованих територій за різними методиками // *Гідрол., гідрох. і гідроекологія.* – 2006. – Т9. – С.48-54. 4.Самойленко В.М., Верес К.О. Теоретично-прикладні аспекти моделювання стану малих басейнових геосистем урбанізованих ландшафтів // *Гідрол., гідрох. і гідроекологія.* – 2006. – Том 11. – С.330-338. 5.Самойленко В.М., Верес К.О. Відпрацювання і тестування підходів до моделювання водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості малих урболандшафтних

басейнових геосистем на прикладі Києва // *Фіз. геогр. та геоморфологія*. – 2006. – № 51. – С.156-166. **6.**Дмитрук О.Ю. Урбаністична географія. Ландшафтний підхід. – К.: РВЦ "Київський університет", 1998. – 139 с. **7.**Дмитрук О.Ю. Урбанізовані ландшафти: теоретичні та методичні основи конструктивно-географічного дослідження. – К.: ВГЛ "Обрії", 2004. – 240 с. **8.**Дмитрук О.Ю. Ландшафтно-урбанізаційні системи: конструктивно-географічні основи оптимізації та управління. – К.: ВГЛ "Обрії", 2004. – 216 с. **9.**Гавриленко О.П. Геоекологічне обґрунтування проектів природокористування. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 332 с. **10.**Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіюк та ін., – К.: СИМВОЛ-Т, 1998. – 28 с. **11.**Ободовський О.Г., Хільчевський В.К. Розділ 7 // Київ як екологічна система: природа - людина - виробництво - екологія. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2001. – С.163-195. **12.**Гродзинський М.Д. Основи ландшафтної екології. – К.: Либідь, 1993. – 224 с. **13.**Шищенко П.Г. Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании. – К.: Фитосоциоцентр, 1999. – 284 с. **14.**Самойленко В.М. Математичне моделювання в геоекології. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2003. – 199 с. **15.**Самойленко В.М. Гідроінвайронментологія як новий науковий напрям у геоекології // *Наук. записки КНУ ім. Тараса Шевченка*. – 2004. – Том III. – С.69-74. **16.**НТД 33-4759129-03-04-92. *Методичне керівництво з розрахунку антропогенного навантаження та класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / А.В.Яцик, О.М.Петрук та ін.* – К.: Мінприроди України, Держводгосп України, УНДІВЕП, 1992 (введено в дію з 01.01.93). – 40 с. **17.**Яцик А.В. Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн. – К.: Генеза, 2004. – Т.3, кн.5. – 496 с. **18.**Самойленко В.М., Корогода Н.П. Геоінформаційне моделювання екомережі. – К.: Ніка-Центр, 2006. – 224 с. **19.**Осадчий В.И., Самойленко В.Н., Набиванец Ю.Б. Информационный менеджмент экологического оздоровления международного бассейна Днепра. – К.: Ника-Центр, 2004. – 152 с. **20.**Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с. **21.**Самойленко В.М., Діброва І.О. Класифікація берегових ландшафтних ярусів і смуг // *Гідрол., гідрох. і гідроекологія*. – 2006. – Том 11. – С.318-325. **22.**Ободовський О.Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). – К.: Ніка-Центр, 2001. – 274 с. **23.**Атлас України (електронна версія) // *Інститут географії НАН України, Інтелектуальні системи "Гео"*. – К, 2000. **24.**Маринич О.М., Шищенко П.Г. Фізична географія України. – К.: Т-во "Знання", КОО, 2003. – 479 с. **25.**Самойленко В.М. Комплексне районування радіоактивно забруднених територій Полісся і півночі Лісостепу за гідрологічно-ландшафтними умовами та можливими радіоекологічними наслідками місцевого водо- і ресурсокористування. – К.: Ніка-Центр, 1999. – 280 с. **26.**Савицька О.В. Ландшафтно-екологічний аналіз зеленої зони столичного міста (на прикладі міст Києва і Берліна): Автореф. дис. ... к.геогр.н.: 11.00.01 / Інститут географії НАНУ. – К., 2003. – 20 с. **27.**Ллойд Э., Лупп М., Элион Д и др.. Методика идентификации, оценки и приоритизации источников загрязнения водных объектов ("горячих" точек) в бассейне реки Днепр / Под ред. А.А.Галяпы. – К.: ПолиграфКонсалтинг, 2004. – 118 с. **28.**Самойленко В.М. Кадастр радіоактивного забруднення водних об'єктів України місцевого водокористування. Том 1. Радіогідроекологічний стан і використання водойм та загальнометодологічні проблеми. – К.: Ніка-Центр, 1998. – 192 с.

Параметризация моделей устойчивости малых урболандшафтных бассейновых геосистем

Самойленко В.Н., Верес Е.А.

Осуществлена параметризация всех основных моделей устойчивости малых урболандшафтных бассейновых геосистем с выборочным их тестированием на примере Киева.

Parametrization of stability models for small urban-landscape basin geo-systems

Samoylenko V.M., Veres K.O.

Parametrization of all principal stability models was realized for small urban-landscape basin geo-systems with selective testing of such models on Kyiv example.