

Самойленко В.М., Іванок Д.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МОДЕЛЬНА ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ КОМПОНЕНТІВ ПАРАМЕТРИЧНОЇ СТІЙКОСТІ БАСЕЙНОВОЇ ГЕОСИСТЕМИ ТА ЇЇ НАДІЙНОСТІ

Ключові слова: *басейнова геосистема, моделювання, рівень стану, параметрична стійкість, надійність*

Стан проблеми. Розвиток теоретично-прикладних підвалин модельного відтворення стану елементів басейнкової ландшафтної територіальної структури (ЛТС) для поліпшення їхнього стану за умов інтенсивного природокористування та антропогенного навантаження на них, є наразі актуальною географічною та геоекологічною проблемою. Першому етапу такого розвитку було присвячено нашу публікацію [18], в якій, з урахуванням **існуючих підходів** ([1-17]), і було удосконалено зазначені теоретично-прикладні підвалини. Зокрема, було запропоновано розглядати рівень стану басейнкової геосистеми за ознаками її стійкості та надійності, визначено складники стійкості такої геосистеми та параметризовано моделі її фазово-антропізаційної та фазово-етологічної стійкості. При цьому як **невирішене завдання** було відзначено необхідність модельної параметризації компонентів параметричної стійкості басейнкової геосистеми та її надійності.

З огляду на таке, **основною метою** даної статті, яка є логічним продовженням праці [18], а також наших монографій [2-9], було дослідження можливостей модельної параметризації, по-перше, складників параметричної стійкості **басейнкової геосистеми (БГ)** та, по-друге, її надійності.

Моделювання параметричної стійкості. Згідно із дефініцією та викладеними нами у [8, 18] загальними підходами до параметризації першого підтипу цієї стійкості басейнкової геосистеми – **параметрично-процесної стійкості (ППС(БГ))** – можна визначити можливі способи параметризації видів останньої.

Перший такий вид – **флювіо-ерозійну параметрично-процесну стійкість (ФЕППС(БГ))** – доцільно моделювати стосовно субполів (квазі)природних басейнових територіальних і морфологічно-позиційних підсистем (**БТП** і **БМПП**), причім, по-перше, саме тих частин їхніх субполів, де має сенс оцінка флювіальної ерозії, тобто для просторових субобластей $R_{\Phi E}$, що фіксуються через $\omega_{\Phi E}$. По-друге, останні можна визначати, в залежності, зрозуміло, від робочого мірила моделювання, як ті, що перетнуті

певними функціонально-природокористувальними підсистемами (БФПП) за (14) і табл.1 нашої праці [18], де власне процеси флювіальної ерозії є оцінними. Найчастіше, для доступних і доцільних мірил моделювання БГ рангу цього дослідження (див. нашу монографію [4] та ін.), такими підсистемами є природоохоронна, промислова 1 підтипу, агровиробничі 2-4 підтипу та деякі інші ($R_{БФПП,IN}$). По-третє, з огляду на способи систематизації вихідної для моделювання тематичної інформації, кількісні параметри флювіо-ерозійних процесів досить часто "регіонально" подаються щодо, в даному випадку, басейнових фізико-географічних підсистем (БФГП), що дозволяє залучати такі дані в межах обраних модельних БТП і БМПП. По-четверте, за всіх умов вихідним параметром є *індекс флювіо-ерозійної параметрично-процесної стійкості* ($I_{ФЕППС,k}$, у %) k -того об'єкта моделювання, а отже, відповідно,

$$\begin{aligned} \{ФЕППС(БГ)\} &\equiv \{ФЕППС(БТП, БМПП)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{БТП}, R_{БТП}, t) \cap БМПП(\omega_{БМПП}, R_{БМПП}, t)\} \cap \{БФПП((\omega_{БФПП}), R_{БФПП}, t)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{ФЕ}, R_{ФЕ}, t) \cap БМПП(\omega_{ФЕ}, R_{ФЕ}, t) \cap БФГП(\omega_{БФГП}, R_{БФГП}, t)\}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$R_{ФЕ} \in \{R_{ПОП} \cup R_{ПМП,1} \cup R_{АВП,2-4} \cup R_{БФПП,IN}\}, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} D \{ФЕППС(БГ)\} &\equiv D \{ФЕППС(БТП, БМПП)\} \equiv D \{БФГП\} = \\ &= \{БФГП(\omega_{ФЕ}, R_{ФЕ}, t)\}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$I_{ФЕППС,k} = 100 - I_{ФЕР,k} = 100 - \sum_{j=1}^{n_{I_{ФЕР,k}}} I_{I_{ФЕР,k,j}} p_{I_{ФЕР,k,j}}, \quad (4)$$

де $I_{ФЕР,k}$ – індекс флювіальної ерозії k -того басейнового об'єкта моделювання (у %), середньовиважений у межах його заданих (і наявних) просторових субобластей $R_{ФЕ}$; $I_{I_{ФЕР,k,j}}$ – значення j -того індексу інтенсивності цієї ерозії (у %), які, за відсутності спеціальних детальних досліджень, можна визначати в інтервальному або усередненому подаванні за розробленою нами у [8] (з урахуванням [13, 17]) спеціальною шкалою відношень у залежності від регіональних значень річного змиву верхнього шару ґрунту (табл.1); $p_{I_{ФЕР,k,j}}$ – загальна частка площі модельних субполів k -того об'єкта з j -тим індексом інтенсивності $I_{I_{ФЕР}}$ (у частках одиниці від загальної площі заданих субобластей $R_{ФЕ}$ без площі водних об'єктів); $n_{I_{ФЕР,k}}$ – кількість розрахункових значень індексу $I_{I_{ФЕР,k,j}}$.

Розроблену для щойно зазначених умов *категорійно-класифікаційну* схему щодо флювіо-ерозійної ППС об'єктів моделювання наведено у табл.2. Ця схема визначає п'ять категорій рівня стану басейнкової геосистеми за ознаками такої стійкості (від геосистем з вельми слабкою до геосистем з вельми сильною інтенсивністю флювіальної ерозії) та відповідні цим категоріям п'ять класів рівня стану.

Таблиця 1. Інтервальні та усереднені значення індексу інтенсивності флювіальної ерозії ($I_{ФЕР,kj}$ у (4)) в залежності від регіональних значень річного змиву верхнього шару ґрунту

Річний змив верхнього шару ґрунту, т/га					Інтервальні та усереднені значення $I_{ІФЕР.k,j}$, %
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 і Середньо-Руський лісостепові краї; ⁴⁾ Дніпровсько-Дністровський північностеповий край; ⁵⁾ Лівобережно-Дніпровсько-Приазовський, Донецький, Задонецько-Донський північностепові, Причорноморський середньостеповий і Кримський сухостеповий (без Присивасько-Кримської низовинної області) краї

Таблиця 2. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану БГ за ознаками її флювіо-ерозійної параметрично-процесної стійкості (інтенсивності флювіальної ерозії)

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

Окремою задачею при порівнянні рівня стану певних територіальних чи морфологічно-позиційних підсистем досліджуваної басейнової геосистеми або різних таких геосистем за ознаками флювіо-ерозійної параметрично-процесної стійкості може стати врахування частки просторових субобластей $R_{ФЕ}$ (у т.ч. з певним індексом інтенсивності ерозії $I_{ФЕР}$) у загальній площі модельних об'єктів.

Другий вид параметрично-процесної стійкості – **радіогеоекологічну ППС (РГППС(БГ))** – можна моделювати з розвитком положень наших монографій [4, 8] і праці [15], по-перше, для субполів насамперед (квазі)природних басейнових територіальних і морфологічно-позиційних підсистем винятково в межах частин їхніх просторових субобластей, перетнутих субполями функціонально-природокористувальних підсистем, перелічених з 1 по 7 у табл.1 нашої праці [18], де є слушною радіогеоекологічна оцінка наслідків місцевого ресурсокористування. Такі субобласті можна позначити як R_{PE} з фіксацією їх через $\omega_{ФЕ}$ і, по-друге, оцінювати перетин відповідних модельних субполів з полями індексу рівня радіогеоекологічного стану території в межах модельних об'єктів, тобто з

полями $PPГСТ(\omega_{PPГСТ}, R_{PPГСТ}, t)$ з інтегральним визначенням власне індексу радіогеоєкологічної ППС ($I_{РГППС,k}$, у %) k -того об'єкта моделювання, а отже, згідно з вищевикладеним,

$$\begin{aligned} \{РГППС(БГ)\} &\equiv \{РГППС(БТП, БМПП)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{БТП}, R_{БТП}, t) \cap БМПП(\omega_{БМПП}, R_{БМПП}, t)\} \cap \{БФПП((\omega_{БФПП}), R_{БФПП}, t)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{РЕ}, R_{РЕ}, t) \cap БМПП(\omega_{РЕ}, R_{РЕ}, t) \cap PPГСТ(\omega_{PPГСТ}, R_{PPГСТ}, t)\}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$R_{РЕ} \in \{R_{ПОП} \cup R_{ПМП,1} \cup R_{АВП,1-4} \cup R_{СЕП,1}\}, \quad (6)$$

$$\begin{aligned} D \{ФЕППС(БГ)\} &\equiv D \{ФЕППС(БТП, БМПП)\} \equiv D \{PPГСТ\} = \\ &= \{PPГСТ(\omega_{ФЕ}, R_{ФЕ}, t)\}, \end{aligned} \quad (7)$$

$$I_{РГППС,k} = 100 - I_{PPГC,k} = 100 - \sum_{j=1}^{n_{PPГСТ,k}} I_{PPГСТ,k,j} p_{PPГСТ,k,j}, \quad (8)$$

де $I_{PPГC,k}$ – індекс рівня радіогеоєкологічного стану k -того об'єкта моделювання (у %), середньовиважений у межах його наявних просторових субобластей $R_{РЕ}$; $I_{PPГСТ,k,j}$ – значення j -того поля індексу рівня радіогеоєкологічного стану території в межах модельного об'єкта, які доцільно визначати (у %), зокрема, за результатами її ландшафтно-гідрогеоєкологічного районування на основі цифрової карти полів таких індексів з БД регіональної ГІС радіоактивно забруднених геосистем гідродовкілля (для поля 1 це значення становить 100%, для поля 2 – 90%, для поля 3 – 80% і т.д., завершуючи полем 10 з $I_{PPГСТ,k,j} = 10\%$, див. [4, 5, 8, 15]); $p_{PPГСТ,k,j}$ – загальна частка площі модельних субполів k -того об'єкта з j -тим індексом стану $I_{PPГСТ}$ (у частках одиниці від загальної площі заданих субобластей $R_{РЕ}$ без площі водних об'єктів); $n_{PPГСТ,k}$ – число розрахункових значень індексів $I_{PPГСТ,k,j}$.

Категорійно-класифікаційну схему, застосовну для моделювання радіогеоєкологічної стійкості басейнової геосистеми та її заданих підсистем, наведено в табл. 3. Вона розрізняє 10 категорій рівня радіогеоєкологічного стану $БГ$ (із збереженням їхніх назв за [15] – від вельми задовільного до гранично поганого рівня – але оберненими до полів $I_{PPГСТ,k,j}$ номерами, коли вищезазначене поле 10 відповідає 1 категорії тощо) та з поєднаними зі змістом цих категорій, розкритим у [4, 8, 15], п'ятьма класами такого рівня, сполучними за сутнісними назвами з прийнятими у [18] і в цій праці оцінками класів.

Наступний вид стійкості, а саме **ацидифікаційну параметрично-процесну стійкість (АЦППС(БГ))**, доцільно моделювати, знову-таки, передусім для субполів (квазі)природних басейнових територіальних і морфологічно-позиційних підсистем $БГ$ з огляду на характеристики процесів ацидифікації їхніх водозборів (кислотної забруднювальної седиментації з атмосферними опадами), тобто випадіння на ці водозбори опадів з певними допустимими чи небажаними значеннями водневого показника pH . Останнє можна задати відповідними полями $АЦВЗ(\omega_{АЦВЗ}, R_{АЦВЗ}, t)$ для їхнього

оцінювального перетину з субполями модельних об'єктів і розрахунку індексу ацидифікаційної ППС ($I_{АЦППС,k}$, у %) k -того об'єкта моделювання, звідки:

Таблиця 3. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану БГ за ознаками її радіоекологічної параметрично-процесної стійкості

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

$$\{АЦППС(БГ)\} \equiv \{АЦППС(БТП, БМПП)\} = \\ = \{БТП(\omega_{БТП}, R_{БТП}, t) \cap БМПП(\omega_{БМПП}, R_{БМПП}, t)\} \cap \{АЦВЗ((\omega_{АЦВЗ}), R_{АЦВЗ}, t)\}, \quad (9)$$

$$I_{АЦППС,k} = 100 - I_{АЦВЗ,k} = 100 - \sum_{j=1}^{n_{КАО,k}} I_{КАО,k,j} p_{КАО,k,j}, \quad (10)$$

де $I_{АЦВЗ,k}$ – середньовиважений (за площами відповідних субполів) індекс ацидифікації водозбору k -того об'єкта моделювання (у %); $I_{КАО,k,j}$ – значення j -того індексу кислотності атмосферних опадів, які можна визначати (в %) в інтервальному або усередненому подаванні за розробленою з урахуванням [8, 17] тощо спеціальною шкалою відношень у залежності від середніх за багатоліття інтервальних величин водневого показника цих опадів (табл.4);

Таблиця 4. Інтервальні та усереднені значення індексу кислотності атмосферних опадів ($I_{КАО,k,j}$ у (10)) в залежності від середніх за багатоліття інтервальних значень водневого показника (pH) цих опадів

Інтервальні значення pH	Інтервальні та усереднені значення $I_{КАО,k,j}$, %
(7,0-6,8]	(0-14]; 7
(6,8-6,6]	(14-28]; 21
(6,6-6,4]	(28-42]; 35
(6,4-6,2]	(42-56]; 49
(6,2-6,0]	(56-70]; 63
(6,0-5,8]	(70-84]; 77
$< 5,8$	(84-100]; 92

$R_{КАО,k,j}$ – загальна частка площі субполів k -того об'єкта з j -тим індексом кислотності $I_{КАО}$ (у частках одиниці); $n_{КАО,k}$ – кількість розрахункових інтервалів індексу $I_{КАО,k,j}$.

Розроблену за такими засновками *категорійно-класифікаційну схему* для оцінювання ацидифікаційної *ППС* об'єктів моделювання в інтервальному подаванні наведено у табл.5. Ця схема визначає сім категорій рівня стану басейнової геосистеми за ознаками цієї стійкості (ступеня ацидифікації водозбору) – від геосистем з незначним до геосистем з вельми високим таким ступенем – та відповідні цим категоріям п'ять класів рівня стану. Удосконалення підходів до моделювання ацидифікаційної *ППС* бачиться, насамперед, шляхом зважання на властивості ґрунтів або інших поверхонь, на які надходять атмосферні опади, та й загалом складу басейнових функціонально-природокористувальних підсистем, що перетинаються полями $АЦВЗ(\omega_{АЦВЗ}, R_{АЦВЗ}, t)$.

Таблиця 5. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану *БГ* за ознаками її ацидифікаційної параметрично-процесної стійкості (ступеня ацидифікації водозбору)

Значення $I_{АППС,k}$ за моделлю (10), %	Ступінь ацидифікації водозбору (категорія рівня стану)	Рівень стану за класом
(100-86]	незначний (1)	відмінний (I)
(86-72]	вельми низький (2)	добрий (II)
(72-58]	низький (3)	
(58-44]	середній (4)	задовільний (III)
(44-30]	підвищений (5)	
(30-16]	високий (6)	незадовільний (IV)
< 16	вельми високий (7)	поганий (V)

Моделювання ще одного виду – **ґрунтово-самоочищувальної ППС (ГСППС(БГ))** – за змістом має оцінювати здатність ґрунтів водозбору басейнової геосистеми до самоочищення, що ідентифікується для цих ґрунтів через співвідношення параметрів процесів випадіння атмосферних опадів, випаровування та флювіо-гідроміграційних процесів, а отже міри проточності чи непроточності ґрунтів. Звідси такий вид стійкості доцільно моделювати, по-перше, для субполів передусім (квазі)природних басейнових територіальних і морфологічно-позиційних підсистем у межах частин їхніх просторових субобластей, які перетнуто субполями функціонально-природокористувальних підсистем з порядковими номерами з 1 по 7 у табл.1 нашої праці [18] і деяких інших підсистем, тобто там, де аналіз ґрунтової самоочищувальної здатності є виправданим за змістом. Зазначені субобласті можна позначити як $R_{ГС}$ за умови фіксації їх через $\omega_{ГС}$ і, по-друге, оцінювати перетин відповідних модельних субполів з полями індексу непроточності ґрунтів водозбору $НПВЗ(\omega_{НПВЗ}, R_{НПВЗ}, t)$ у межах субполів моделювання. По-третє, за основний оцінювальний буде правити власне *індекс ґрунтово-*

самоочищувальної ППС ($I_{ГСПС,k}$, у %) k -того об'єкта моделювання, а отже, згідно з щойно викладеним,

$$\begin{aligned} \{I_{ГСПС}(БГ)\} &\equiv \{I_{ГСПС}(БТП, БМПП)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{БТП}, R_{БТП}, t) \cap БМПП(\omega_{БМПП}, R_{БМПП}, t)\} \cap \{БФПП(\omega_{БФПП}, R_{БФПП}, t)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{ГГ}, R_{ГГ}, t) \cap БМПП(\omega_{ГГ}, R_{ГГ}, t) \cap НППВЗ(\omega_{НППВЗ}, R_{НППВЗ}, t)\}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$R_{ГГ} \in \{R_{ПОП} \cup R_{ПМП,1} \cup R_{АВП,1-4} \cup R_{СЕП,1} \cup R_{БФПП,II}\}, \quad (12)$$

$$\begin{aligned} D \{I_{ГСПС}(БГ)\} &\equiv D \{I_{ГСПС}(БТП, БМПП)\} \equiv D \{НППВЗ\} = \\ &= \{НППВЗ(\omega_{ГГ}, R_{ГГ}, t)\}, \end{aligned} \quad (13)$$

$$I_{ГСПС,k} = 100 - I_{НПГ,k} = 100 - \sum_{j=1}^{n_{НППВЗ,k}} I_{НППВЗ,k,j} p_{НППВЗ,k,j}, \quad (14)$$

де $I_{НПГ,k}$ – середньовиважений (за площами відповідних субполів) індекс непроточності ґрунтів водозбору k -того об'єкта моделювання (у %); $I_{НППВЗ,k,j}$ – значення j -того поля індексу непроточності цих ґрунтів, які можна варіантно визначати за створеною на основі карти у [17] шкалою відношень у залежності від вербальних категорійних значень коефіцієнта проточності ґрунтів $K_{ПГ}$ (табл.6); $p_{НППВЗ,k,j}$ – загальна частка площі субполів k -того об'єкта (без площі водних об'єктів) з j -тим індексом непроточності $I_{НППВЗ}$ (у частках одиниці); $n_{НППВЗ,k}$ – кількість розрахункових інтервалів індексу $I_{НППВЗ,k,j}$.

Таблиця 6. Інтервальні та усереднені значення індексу непроточності ґрунтів водозбору ($I_{НППВЗ,k,j}$ у (14)) в залежності від вербальних категорійних значень коефіцієнта проточності ґрунтів ($K_{ПГ}$) за [17]

Вербальні значення $K_{ПГ}$ за [17]	Інтервальні та усереднені значення $I_{НППВЗ,k,j}$, %
дуже високий	(0-14]; 7
високий	(14-42]; 28
середній	(42-56]; 49
нижчий від середнього	(56-67]; 61
низький	(67-78]; 72
дуже низький	(78-89]; 84
надмірно низький	(89-100]; 95

Відповідно розроблену категорійно-класифікаційну схему щодо ґрунтово-самоочищувальної ППС, з її сімома категоріями рівня стану за здатністю ґрунтів водозбору до самоочищення (від вельми високої до надто низької) та п'ятьма класами рівня стану наведено у табл.7.

Таблиця 7. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану БГ за ознаками її ґрунтово-самоочищувальної параметрично-процесної стійкості (здатності ґрунтів до самоочищення)

Значення $I_{ГППС,к}$ за моделлю (14), %	Здатність ґрунтів до самоочищення (категорія рівня стану)	Рівень стану за класом
(100-86]	вельми висока (1)	відмінний (I)
(86-58]	висока (2)	добрий (II)
(58-44]	середня (3)	задовільний (III)
(44-33]	знижена (4)	
(33-22]	низька (5)	незадовільний (IV)
(22-11]	вельми низька (6)	
< 11	надто низька (7)	поганий (V)

Серед складників другого підтипу параметричної стійкості, а саме **параметрично-відновлювальної**, під параметризацію "підпадає", насамперед, такий її вид, як **фітогенна параметрично-відновлювальна стійкість (ФГПВС(БГ))**. Згідно з нашими пропозиціями у [8] і вже поданими у [18] визначеннями, цю стійкість слід моделювати, по-перше, стосовно частин субполів (квазі)природних басейнових територіальних і морфологічно-позиційних підсистем, де таке моделювання є доцільним за змістом фітогенної ППС, а отже для просторових субобластей $R_{ФГ}$, які фіксуються через $\omega_{ФГ}$. По-друге, зважаючи на доступні та доцільні мірила робочі моделювання БГ у цілому (див. попередній текст), субобласті $R_{ФГ}$ можна задати як результат перетину вихідних $R_{БТП}$ і $R_{БМПП}$ з субобластями певних функціонально-природокористувальних підсистем за (14) і табл.1 нашої праці [18], передусім природоохоронної, промислової і підтипу, агровиробничих 1-3 підтипу та деяких інших "модельно-доцільних" підсистем ($R_{БФПП,ДН}$). По-третє, схоже до підходів при оцінці флювіо-ерозійної стійкості, нормування фітогенної ППС може критеріально орієнтуватися на відповідні еталонні показники (див. далі) визначених басейнових фізико-географічних підсистем, що призводить до необхідності застосовувати і перетини модельних об'єктів з субполлями цих підсистем. І нарешті, по-четверте, за всіх таких засновків базовим модельним показником є **індекс фітогенної параметрично-відновлювальної стійкості ($I_{ФГПВС,к}$, у %)** k -того об'єкта моделювання, звідки інтегрально можна записати, що

$$\begin{aligned} \{ФГПВС(БГ)\} &\equiv \{ФГПВС(БТП, БМПП)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{БТП}, R_{БТП}, t) \cap БМПП(\omega_{БМПП}, R_{БМПП}, t)\} \cap \{БФПП((\omega_{БФПП}), R_{БФПП}, t)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{ФГ}, R_{ФГ}, t) \cap БМПП(\omega_{ФГ}, R_{ФГ}, t) \cap БФГП(\omega_{БФГП}, R_{БФГП}, t)\}, \end{aligned} \quad (15)$$

$$R_{ФГ} \in \{R_{ПОП} \cup R_{ПМП,1} \cup R_{АП,1-3} \cup R_{БФПП,ДН}\}, \quad (16)$$

$$D \{ФГПВС(БГ)\} \equiv D \{ФГПВС(БТП, БМПП)\} \equiv D \{БФГП\} = \{БФГП(\omega_{ФГ}, R_{ФГ}, t)\}, \quad (17)$$

$$I_{ФГПВС,к} = f \{100 (S_{РОС,к} / S_{ФГ,к})_j\}, \quad (18)$$

де $S_{ROC,k}$ – сумарна площа субполів k -того об'єкта моделювання з природною та/або (квазі)природною рослинністю: лісами, луками, болотами, лісопарками, лісосмугами, лугопарками, садами тощо; $S_{FG,k}$ – загальна площа цього об'єкта моделювання, тобто його просторових субобластей R_{FG} (без площі власне водних об'єктів – річкових русел, штучних водойм та озер).

Розвиваючи пропозиції нашої монографії [8], *категорійно-класифікаційну схему фітогенної параметрично-процесної стійкості* побудовано таким чином (табл.15). Вона початково орієнтується на j -ті фактичні величини співвідношення ($S_{ROC,k} / S_{FG,k}$), які, для визначення $I_{FGPBC,k}$, зіставляються з їхніми l -тими критеріальними значеннями, отриманими за моделлю

$$\{100 (S_{ROC} / S_{FG})\} = \{0,5 (K_{ЛС} + K_{СПС})\} I_{FAC,B*}, \quad (19)$$

де $K_{ЛС,l}$ і $K_{СПС,l}$ – детерміновані певними басейновими фізико-географічними підсистемами критеріальні значення, відповідно, показників лісистості та ступеня природного стану басейнів річок України за [13] (у %); $I_{FAC,B*}$ – середнє значення індексу фазово-антропоізаційної стійкості моделі (25) у [18] для відмінного за класом цієї стійкості рівня стану $БГ$ (див. табл.2 у [18]), а отже $I_{FAC,B*} \approx 0,94$.

У схемі за табл. 8 вирізнено 5 категорій рівня стану модельної басейнової геосистеми за ступенем наявності природної та (квазі)природної рослинності як чинника відновлення (від вельми високого до вельми низького такого ступеня) та п'ять відповідних класів рівня стану. Зрозуміло, по-перше, що у випадку, коли субполя модельної геосистеми містять у своїх межах декілька "критеріально-розрахункових" фізико-географічних підсистем, індекс $I_{FGPBC,k}$ треба відповідно визначати як середньовиважений за площами субполів таких підсистем, орієнтуючись при виважуванні площ на усереднені, а при кінцевому оцінюванні – на інтервальні значення цього індексу за табл.8. По-друге, слід зважати на шляхи удосконалення схеми табл. 8, визначені у [8], насамперед на необхідність критеріальної параметризації топологічних характеристик фітогенної стійкості, та поєднання еталонних вимог до ступеня наявності рослинності, додатково враховуючи її генезис і тип, з певним бажаним місцезнаходженням субполів цієї рослинності стосовно обраних складників (квазі)природної підсистеми $БГ$.

Щодо можливості модельної параметризації інших складників параметрично-відновлювальної стійкості басейнової геосистеми слід зазначити таке. Параметризація *заповідно-геореабілітаційної ПВС* є завданням майбутніх досліджень. Вони початково мають базуватися на оцінюванні співвідношень площ субполів з вже реалізованим природоохоронним статусом (природно-заповідного фонду, екомереж різного рангу тощо) з площами таких субполів, оптимальними (доцільними) для певних субструктур (квазі)природної підсистеми $БГ$, у т.ч. із розрахунком адекватного індексу *заповідно-геореабілітаційної ПВС* ($I_{GPPC,k}$, у %).

Таблиця 8. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану БГ за ознаками її фітогенної параметрично-відновлювальної стійкості (ступеня наявності природної та (квазі)природної рослинності)

Критеріальні значення (S_{ROC} / S_{FG}) _{<i>l</i>} за (19), %						Інтервальні та усереднені значення $I_{ФПВС,k,y}$ (18), %	Ступінь наявності рослинності (категорія)	Рівень стану за класом
зона мішаних лісів ¹⁾	лісостепова зона		степова зона					
	1 ²⁾	2 ³⁾	1 ⁴⁾	2 ⁵⁾	3 ⁶⁾			
> 57	> 24	> 27	> 23	> 23	> 22	[100-80); 90	вельми високий (1)	відмінний (I)
[57-52)	[24-22)	[27-23)	[23-17)	[23-20)	[22-17)	[80-60); 70	високий (2)	добрий (II)
[52-44)	[22-20)	[23-21)	[17-14)	[20-18)	[17-14)	[60-40); 50	середній (3)	задовільний (III)
[44-35]	[20-18]	[21-18]	[14-12]	[18-15]	[14-12]	[40-20); 30	низький (4)	незадовільний (IV)
< 35	< 18	< 18	< 12	< 15	< 12	[20-0); 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

Натомість (квазі)природно-ландшафтну ПВС (КЛПВС(БГ)) можна у першому наближенні параметризувати вже зараз, критеріально зважаючи на "вагу" питомих площ субполів із відносно слабко зміненими елементами (квазі)природної підсистеми БГ, згідно з такими міркуваннями. По-перше, оцінювання зазначеної стійкості є доцільним, передусім, для субполів (квазі)природних басейнових територіальних і морфологічно-позиційних підсистем БГ, перетнутих вибірковыми субполями басейнової функціональної структури природокористування (з просторовими субобластями $R_{БФПП,ВИБ}$). По-друге, за вихідний модельний показник може правити індекс (квазі)природно-ландшафтної параметрично-відновлювальної стійкості ($I_{КЛПВС,k}$, у %) k -того об'єкта моделювання, звідки, підсумково,

$$\begin{aligned} \{КЛПВС(БГ)\} &\equiv \{КЛПВС(БТП, БМПП)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{БТП}, R_{БТП}, t) \cap БМПП(\omega_{БМПП}, R_{БМПП}, t)\} \cap \\ &\quad \cap \{БФПП((\omega_{БФПП}), R_{БФПП,ВИБ}, t)\}, \end{aligned} \quad (20)$$

$$R_{БФПП,ВИБ} \in \{R_{ПОП} \cup R_{ПМП,1} \cup R_{АП,1-3}\}, \quad (21)$$

$$I_{КЛПВС,k} = f \{100 (S_{БФПП,ВИБ,k} / S_{МО,k})_j\}, \quad (22)$$

де $S_{БФПП,ВИБ,k}$ – сумарна площа субполів k -того об'єкта моделювання, перетнутих субполями визначеного набору функціонально-

природокористувальних підсистем за (14) і табл.1 у [18], а саме субполями таких підсистем, як природоохоронна, промислова 1 підтипу та агровиробничі 1-3 підтипу; $S_{мо,k}$ – загальна площа k -того об'єкта моделювання (без площі власне водних об'єктів).

Орієнтуючись на інтервали шкали відношень, використані у [17] щодо оцінювання ступеня стабілізації ландшафтів за рахунок наявності сприятливих для цього угідь, можна запропонувати адекватну нашим побудовам *категорійно-класифікаційну схему* рівня стану *БГ* за ознаками (квазі)природно-ландшафтної параметрично-відновлювальної стійкості (її ступеня – від вельми високого до вельми низького) з шістьма категоріями та п'ятьма класами рівня стану (табл.9).

Таблиця 9. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану БГ за ознаками її (квазі)природно-ландшафтної параметрично-відновлювальної стійкості (ступеня цієї стійкості)

Значення $I_{КЛПВС,k}$ за моделлю (22), %	Ступінь стійкості (категорія рівня стану)	Рівень стану за класом
> 60	вельми високий (1)	відмінний (I)
[60-40)	високий (2)	добрий (II)
[40-25)	середній (3)	задовільний (III)
[25-15)	знижений (4)	незадовільний (IV)
[15-10)	низький (5)	
≤ 10	вельми низький (6)	поганий (V)

Можливим і вельми корисним може стати і розрахунок *інтегрального індексу параметрично-відновлювальної стійкості* ($I_{СПВС,k}$) k -того об'єкта моделювання за параметрами видів-складників цього підтипу стійкості з урахуванням індексу антропоізації $I_{АНТ,k}$ за моделлю (25) у [18], використовуючи загальну модель (з розробкою у майбутньому відповідної їй узгодженої категорійно-класифікаційної схеми)

$$I_{СПВС,k} = f \{ (I_{ФГПВС,k} + I_{ЗГППС,k} + I_{КЛПВС,k} + I_{ІВПВС,k}) / I_{АНТ,k} \}, \quad (23)$$

де, крім уже розглянутих, $I_{ІВПВС,k}$ – індекси інших видів *ПВС*.

Третій складник параметричної стійкості – **параметрично-інтегральна** – модельно параметризується лише для "компактних" басейнових територіальних підсистем (див. пояснення у [18]) і двох її видів з їхніми підвидами та варіантами оцінки.

Перший такий вид – **водно-стокова параметрично-інтегральна стійкість (ВСПІС)** – згідно з [8], по-перше, відображає міру здатності головних водотоків "компактних" підсистем *БГ* до самоочищення та забезпечення "нормального" плину у цих водотоках таких природних процесів, як водно-стокові, гідрофізикохімічні, гідробіотичні, руслові та ін., і, по-друге, досить складно комплексно параметризується. Саме тому на даному етапі доцільно зупинитися на спрощеному оцінюванні **загально-самоочищувальної водно-стокової параметрично-інтегральної стійкості**

(ЗСВСПІС(БГ)) як підвиду з уточненням за змістом у порівнянні з [8] визначенням її однойменного індексу ($I_{ЗСВСПІС,k}$, у %) для k -того "компактного" об'єкта моделювання (з $R_{КОМП}$) з огляду на записи

$$\{ЗСВСПІС(БГ)\} = \{ЗСВСПІС(БТП)\} = \{БТП(\omega_{БТП}, R_{БТП}, t) \cap \{БФПП((\omega_{БФПП}), R_{БФПП}, t) \cap БМПП(\omega_{БМПП}, R_{БМПП}, t) \cap \{БЛП(\omega_{БЛП}, R_{БЛП}, t) \cap БФГП(\omega_{БФГП}, R_{БФГП}, t)\} = \{БТП(\omega_{КОМП}, R_{КОМП}, t)\}, \quad (24)$$

$$I_{ЗСВСПІС,k} = f\{(W_{РВСМ,k} / W_{ЗАБРΣ,k})\}, \quad (25)$$

де $W_{РВСМ,k}$ – об'єм річного водного стоку головного водотоку k -того "компактного" об'єкта моделювання в маловодний рік; $W_{ЗАБРΣ,k}$ – об'єм річного надходження стічних вод у цей водотік у цілому, зважаючи і на загальний ступінь їхньої забрудненості (очищення) (усі об'єми – у млн. м³).

Практично, для визначення $I_{ЗСВСПІС,k}$, фактичні значення співвідношення $(W_{РВСМ,k} / W_{ЗАБРΣ,k})_j$ порівнюються з їхніми l -тими критеріальними значеннями, що відповідають запису

$$\{(W_{РВСМ,k} / W_{ЗАБРΣ,k})\} = f\{\Delta(I_{АНТ,k})\}, \quad (26)$$

де $\Delta(I_{АНТ,k})$ – інтервали середньовиваженого індексу антропоїзації k -того модельного об'єкта за формулою (25) у [18], які згідно з [8] правлять за додаткові (уточнювальні) характеристики ступеня забрудненості вищезазначених стічних вод з $W_{ЗАБРΣ,k}$.

За таких засновків, категорійно-класифікаційна схема щодо загально-самоочищувальної водно-стокової ПІС оперує з 6 категоріями рівня стану модельних "компактних" басейнових геосистем за здатністю до самоочищення стічних вод водним стоком власних головних водотоків (від вельми сильної до гранично слабкої) та вже обумовленими за змістом 5 класами рівня стану (табл.10).

Таблиця 10. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану "компактних" басейнових геосистем за ознаками їхньої загально-самоочищувальної водно-стокової параметрично-інтегральної стійкості (здатності до самоочищення стічних вод водним стоком)

Значення $I_{ЗСВСПІС,k}$ моделі (25) для інтервалів $I_{АНТ,k}$ (у %) у [18]:					Здатність до самоочищення (категорія)	Рівень стану за класом
≤ 10	(10-20]	(20-40]	(40-70]	> 70		
≥ 20	≥ 25	≥ 33	≥ 50	≥ 100	вельми сильна (1)	відмінний (I)
(20-10]	(25-13]	(33-17]	(50-25]	(100-50]	сильна (2)	добрий (II)
(10-7]	(13-9]	(17-11]	(25-17]	(50-33]	послаблена (3)	задовільний (III)
(7-2]	(9-3]	(11-4]	(17-5]	(33-10]	слабка (4)	незадовільний (IV)
(2-1]	(3-2]	(4-3]	(5-4]	(10-5]	вельми слабка (5)	
< 1	< 2	< 3	< 4	< 5	гранично слабка (6)	поганий (V)

Другий вид, а саме **водно-якісна параметрично-інтегральна стійкість (ВЯПІС(БГ))**, знову-таки є змістовим для "компактних" басейнових територіальних підсистем, а отже:

$$\begin{aligned} \{ВЯПІС(БГ)\} &= \{ВЯПІС(БТП)\} = \\ &= \{БТП(\omega_{БТП}, R_{БТП}, t) \cap \{БФПП((\omega_{БФПП}), R_{БФПП}, t) \cap БМПП(\omega_{БМПП}, R_{БМПП}, t) \cap \\ &\quad \cap БЛП(\omega_{БЛП}, R_{БЛП}, t) \cap БФГП(\omega_{БФГП}, R_{БФГП}, t)\} = \{БТП(\omega_{КОПМ}, R_{КОПМ}, t)\}. \end{aligned} \quad (27)$$

Цю стійкість можна модельно параметризувати на основі розвитку наших підходів, викладених у [8] і додатково протестованих у [1]. А отже, по-перше, при оцінюванні слід застосовувати *категорійно-класифікаційну схему щодо водно-якісної ПІС*, яка оперує з чотирма критеріальними блоками та рівнем стану "компактних" басейнових геосистем за сімома категоріями та чотирма класами. Її у спрощеному, з мінімально-необхідним складом компонентів, варіанті наведено у табл. 11. При цьому розподіл значень модельних індексів між категоріями (див. далі) встановлюється за допомогою набору обмежених інтервалів, а саме для 1-ої категорії – (0-1,50), для 2-ої – [1,50-2,50), для 3-ої – [2,50-3,50) тощо (див. табл. 11).

По-друге, при моделюванні за табл.11 використовується, на основі базової моделі довірчої оцінки (28), *набір індексів рівня стану* басейнових геосистем за ознаками їхньої ВЯПІС (нижніх, відповідних ймовірним найкращим категоріям рівня стану, середніх, відповідних категоріям за вибірковою середнім, та верхніх, відповідних ймовірним найгіршим категоріям, див. моделі (29)-(31)) *за 3 варіантами такої оцінки*: а) *компонентної* (для компонентних індексів); б) *блокової* (для індексів, середньовиважених за компонентними, з урахуванням числа вимірів); в) *інтегральної* (для індексів, середньовиважених для блоками, з огляду на число вимірів, кількість розрахункових компонентів і їхню усереднену варіабельність для блоків), тобто

$$x(t)^* (1 + \Phi_{x,95\%} \cdot C_{v,x}^* / n_x^{0,5}) \leq m_x(t) \leq x(t)^* (1 + \Phi_{x,5\%} \cdot C_{v,x}^* / n_x^{0,5}), \quad (28)$$

де $m_x(t)$ – функція дійсного середнього значення компонента якості води; $x(t)^*$ і $C_{v,x}(t)$ – функція його вибіркового середнього значення та середній коефіцієнт варіації; $\Phi_{x,95\%}$ і $\Phi_{x,5\%}$ – квантілі нижньої та верхньої межі довірчої ймовірності перевищення, які задаються за відповідними індивідуальними геостохастичними функціями (див. [2-9]) конкретного компонента; n_x – кількість вимірів компонента.

По-третє, модель *компонентної оцінки рівня стану* басейнових геосистем (за діапазонами компонентного індексу I_x) має вигляд

Таблиця 11. Категорійно-класифікаційна схема для моделювання рівнів стану "компактних" басейнових геосистем за ознаками їхньої водо-якісної параметрично-інтегральної стійкості (спрощений варіант)

Рівень стану за класом	Відмінний (I)	Добрий (II)		Задовільний (III)		Незадовільний (IV)	Погааний (V)	Параметри геофункцій блоків і компонентів якості води			
Рівень стану за категорією Компоненти якості води	Відмінний (1)	Вельми добрий (2)	Добрий (3)	Задовільний (4)	Посередній (5)	Незадовільний (6)	Погааний (7)	$C_{гх}$	$C_{гх}^*$	$\Phi_{гх,98\%}$	$\Phi_{гх,9\%}$
1. Сольово-компонентний блок (СК)											
1.1. Сума іонів, мг/дм ³	(0-1,50) ≤500	[1,50-2,50) (500-750]	[2,50-3,50) (750-1000]	[3,50-4,50) (1000-1250]	[4,50-5,50) (1250-1500]	[5,50-6,50) (1500-2000]	≥6,50 >2000	1,935 0,863	0,290 0,141	— -1,380	— 1,834
1.2. Хлориди, мг/дм ³	≤20	(20-30]	(30-75]	(75-150]	(150-200]	(200-300]	>300	5,992	0,644	-0,680	1,641
1.3. Сульфати, мг/дм ³	≤50	(50-75]	(75-100]	(100-150]	(150-200]	(200-300]	>300	2,200	0,323	-1,054	1,888
2. Трофо-сапробізаційний блок (ТС)											
2.1. Зависі, мг/дм ³	(0-1,50) ≤5	[1,50-2,50) (5-10]	[2,50-3,50) (10-20]	[3,50-4,50) (20-30]	[4,50-5,50) (30-50]	[5,50-6,50) (50-100]	≥6,50 >100	2,218 5,998	0,325 0,644	— -0,680	— 1,640
2.2. Прозорість, м	>1,50	[1,50-0,95) [6,8-6,6)	[0,95-0,60) [6,6-6,4)	[0,60-0,45) [6,4-6,2)	[0,45-0,30) [6,2-6,0)	[0,30-0,15) [6,0-5,8)	≤0,15 ≤5,8	2,340 0,305	0,339 0,051	-1,032 -1,559	1,878 1,721
2.3.1. рН (1)	[7,0-6,8)	[7,5-7,9]	(7,9-8,1)	(8,1-8,3)	(8,3-8,5)	(8,5-8,7)	>8,7	0,305	0,051	-1,559	1,721
2.3.2. рН (2)	(7,0-7,5]	(0,10-0,20]	(0,20-0,30]	(0,30-0,50]	(0,50-1,00]	(1,00-1,50]	>1,50	4,384	0,531	-0,789	1,757
2.4. NH ₄ , мгN /дм ³	≤0,10	(0,002-0,005]	(0,005-0,010]	(0,010-0,020]	(0,020-0,050]	(0,050-0,070]	>0,070	5,955	0,641	-0,682	1,643
2.5. NO ₂ , мгN /дм ³	≤0,002	(0,20-0,30]	(0,30-0,50]	(0,50-0,70]	(0,70-1,00]	(1,00-2,00]	>2,00	5,679	0,624	-0,697	1,660
2.6. NO ₃ , мгN /дм ³	≤0,20	(0,015-0,030]	(0,030-0,050]	(0,050-0,100]	(0,100-0,200]	(0,200-0,300]	>0,300	4,959	0,575	-0,742	1,713
2.7. PO ₄ , мгP /дм ³	≤0,015	(1,0-1,6]	(1,6-2,1]	(2,1-4,0]	(4,0-7,0]	(7,0-11,0]	>11,0	5,540	0,615	-0,705	1,670
2.8. БСК ₅ , мгO ₂ /дм ³	≤1,0	[1,50-2,50)	[2,50-3,50)	[3,50-4,50)	[4,50-5,50)	[5,50-6,50)	≥6,50	4,688	0,555	—	—
3. Екотоксифікаційний блок (ЕТ)											
3.1. Нафтопродукти, мкг/дм ³	≤10	(10-25]	(25-50]	(50-100]	(100-200]	(200-300]	>300	4,420	0,534	-0,786	1,755
3.2. Феноли легкі, мкг/дм ³	0	(0,1-0,5]	(0,5-1,0]	(1,0-2,0]	(2,0-3,0]	(3,0-5,0]	>5,0	2,700	0,378	-0,970	1,870
3.3. СПАР, мкг/дм ³	0	(1-10]	(10-20]	(20-50]	(50-100]	(100-150]	>150	4,267	0,522	-0,797	1,760
4. Радіонуклідний блок (РН)											
4.1. ⁹⁰ Sr, Бк/дм ³	(0-1,50) ≤0,01	[1,50-2,50) (0,01-0,03]	[2,50-3,50) (0,03-0,05]	[3,50-4,50) (0,05-0,50]	[4,50-5,50) (0,50-1,00]	[5,50-6,50) (1,00-1,20]	≥6,50 >1,20	5,700 5,679	0,625 0,624	— -0,697	— 1,660
4.2. ¹³⁷ Cs, Бк/дм ³	≤0,04	(0,04-0,10]	(0,10-0,15]	(0,15-1,00]	(1,00-2,00]	(2,00-2,50]	>2,50	5,726	0,627	-0,694	1,657
Інтегральна оцінка	(0-1,50)	[1,50-2,50)	[2,50-3,50)	[3,50-4,50)	[4,50-5,50)	[5,50-6,50)	≥6,50	—	—	—	—

$$I_{x,95\%} \{[N_{c,x,95\%}] \} \leq I_x^* \{[N_{c,x}^*] \} \leq I_{x,5\%} \{[N_{c,x,5\%}] \}$$

$$\text{або } I_x \equiv \{I_x^* [N_c^*]; I_{x,95\%} - I_{x,5\%} [N_{c,95\%} - N_{c,5\%}]\}, \quad (29)$$

де $I_{x,95\%}$, I_x^* та $I_{x,5\%}$ – назви нижнього (ймовірного найкращого, за лівою частиною (28)), середнього (за вибіркоvim середнім) та верхнього (можливого найгіршого за правою частиною (28)) компонентних індексів, адекватні $N_{c,95\%}$, N_c^* і $N_{c,5\%}$ – номерам категорій табл. 11 як середнім значенням цих індексів.

Друга частина (29) є повним "компонентним" визначенням рівня стану, тобто, наприклад, цей рівень певного об'єкта моделювання за компонентом "хлориди" кваліфікуватиметься як $I_{Cl} \equiv \{\text{задовільний } [4,00]; \text{ задовільний} - \text{посередній } [4,00-5,00]\}$ тощо.

По-четверте, модель *блокової оцінки рівня стану* басейнових геосистем (за діапазонами блокового індексу $I_{БЛ}$) виглядає як

$$I_{БЛ,95\%}^{**} \{[N_{c,БЛ,95\%}^{**}] \} \leq I_{БЛ}^{**} \{[N_{c,БЛ}^{**}] \} \leq I_{БЛ,5\%}^{**} \{[N_{c,БЛ,95\%}^{**}] \}$$

$$\text{або } I_{БЛ} \equiv \{I_{БЛ}^{**} [N_{c,БЛ}^{**}]; I_{БЛ,95\%}^{**} - I_{БЛ,5\%}^{**} [N_{c,БЛ,95\%}^{**} - N_{c,БЛ,5\%}^{**}]; n_{БЛ,нп}/n_{БЛ}\}, \quad (30)$$

де $I_{БЛ,95\%}^{**}$, $I_{БЛ}^{**}$ і $I_{БЛ,5\%}^{**}$ – відповідно, назви нижнього, середнього та верхнього блокових індексів, визначені для кожного блоку за його компонентними індексами-складниками вже як середньовиважені за значеннями цих індексів і числом вимірів кожного компонента (n_x), прийнятого при цьому в розрахунок, та адекватні $N_{c,БЛ,95\%}^{**}$, $N_{c,БЛ}^{**}$ і $N_{c,БЛ,5\%}^{**}$ – середньовиваженим щойно зазначеним способом числовим значенням цих індексів; $n_{БЛ,нп}/n_{БЛ}$ – відношення числа найгірших компонентних індексів у блоці, які маркують категорії незадовільного та поганого рівнів стану, до загального числа блокових модельних компонентів.

За таких засновків повне "блокове" визначення рівня стану певного модельного об'єкта може звучати, наприклад, за *екотоксифікаційним блоком* як $I_{ET} \equiv \{\text{посередній } [4,66]; \text{ задовільний} - \text{посередній } [4,48-4,93]; 7/12\}$.

По-п'яте, *інтегральна оцінка рівня стану* "компактних" басейнових геосистем (за діапазонами інтегрального індексу I_{Σ}) використовує модель

$$I_{\Sigma,95\%}^{**} \{[N_{c,\Sigma,95\%}^{**}] \} \leq I_{\Sigma}^{**} \{[N_{c,\Sigma}^{**}] \} \leq I_{\Sigma,5\%}^{**} \{[N_{c,\Sigma,95\%}^{**}] \}$$

$$\text{або } I_{\Sigma} \equiv \{I_{\Sigma}^{**} [N_{c,\Sigma}^{**}; N_{c,\Sigma,95\%}^{**} - N_{c,\Sigma,5\%}^{**}]; I_{\Sigma,БЛ,95\%} - I_{\Sigma,БЛ,5\%}; n_{\Sigma,нп}/n_{\Sigma}\}, \quad (31)$$

де $I_{\Sigma,95\%}^{**}$, I_{Σ}^{**} і $I_{\Sigma,5\%}^{**}$ – назви нижнього, середнього та верхнього інтегральних індексів, визначені для кожного об'єкта моделювання за його блоковими індексами-складниками як середньовиважені; $N_{c,\Sigma,95\%}^{**}$, $N_{c,\Sigma}^{**}$ і $N_{c,\Sigma,5\%}^{**}$ – власне числові значення індексів $I_{\Sigma,95\%}^{**}$, I_{Σ}^{**} і $I_{\Sigma,5\%}^{**}$, середньовиважені за виразом $n_{x,\Sigma,БЛ} \cdot n_{БЛ} / C_{v,БЛ}^{*2}$, де $n_{x,\Sigma,БЛ}$ – сумарне число вимірів всіх компонентів у блоці, $n_{БЛ}$ – кількість таких компонентів; $C_{v,БЛ}^*$ – середні коефіцієнти варіації усереднених розподілів компонентів кожного блоку ("блокових" геофункцій, [8, 9]), які за табл.11 становлять для першого

блоку 0,290, для другого – 0,325, для третього – 0,555 та для четвертого – 0,625; $I_{\Sigma,БЛ,95\%}$ і $I_{\Sigma,БЛ,5\%}$ – назви найкращого і найгіршого блокового індексу для об'єкта; $n_{\Sigma,нп}/n_{\Sigma}$ – відношення числа всіх найгірших компонентних індексів (6 і 7 категорії за табл.11) до загальної їхньої використаної кількості.

Визначальними при моделюванні водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості є компонентні та блокові оцінки рівня стану саме "компактних" басейнових геосистем, а загалом специфіку застосування та шляхи удосконалення такого моделювання більш детально розглянуто у нашій монографії [8].

Підводячи проміжний підсумок наведеним вище можливим підходам до модельної параметризації оцінки компонентів стійкості басейнової геосистеми та/або певних складників цієї геосистеми, треба зазначити ще таке. По-перше, слід помірковано підходити до такої оцінки при переході від моделювання стійкості окремих обраних підсистем $БГ$ або їхнього набору до моделювання стійкості $БГ$ у цілому, орієнтуючись передусім на сутність і специфіку визначених типів і видів стійкості, у т.ч. з огляду на можливість чи неможливість і зміст розрахунку індексів стійкості, інтегральних для $БГ$ загалом, на основі виваження таких індексів для її підсистем-складників тощо. По-друге, при аналізі результатів моделювання різновидів стійкості певних басейнових підсистем доцільно зважати на метасистемну сполучність таких результатів, коли, наприклад, високу здатність до самоочищення від забрудників цих підсистем, оцінену через їхній відповідно високий індекс водно-стокової параметрично-інтегральної стійкості, може бути зумовлено не стільки параметрами водного стоку та ін. зазначених підсистем, скільки істотною непроточністю ґрунтів їхнього водозбору, а отже низькими значеннями індексу ґрунтово-самоочищувальної параметрично-процесної стійкості.

Моделювання надійності. З огляду на подане в [18] визначення надійності басейнової геосистеми ($H(БГ)$) та зважаючи на складність і специфіку підходів до оцінювання цієї надійності, викладених у [8], візьмемо за основу саме **спрощений спосіб моделювання $H(БГ)$** . При цьому будемо виходити з того, що інтегральна оцінка стійкості басейнового геосистеми за всіма основними підтипами цієї стійкості буде опосередковано відбивати і міру здатності виконувати такою геосистемою та/або її модельними підсистемами (як k -тими об'єктами моделювання) вимогові природно-соціально-економічні функції. За таких умов, зважаючи на [8], можна скористатися **моделлю спрощеної оцінки надійності басейнової геосистеми** у двох її варіантах: повноструктурному та тестовому (індикаторному).

Повноструктурна модель спрощеної оцінки надійності k -того об'єкта моделювання базується на розрахунку *повноструктурного інтегрального умовного індексу надійності* цього об'єкта ($I_{УН,k}$) за загальним записом

$$I_{УН,k} = f \{ I_{УН,ФАС,k}, I_{УН,ФЕС,k}, I_{УН,ППС,k}, I_{УН,ПВС,k}, I_{УН,ПІС,k} \}, \quad (32)$$

де $I_{УН,ФАС,k}$, $I_{УН,ФЕС,k}$, $I_{УН,ППС,k}$, $I_{УН,ПВС,k}$ і $I_{УН,ПІС,k}$ – часткові умовні індекси надійності за, відповідно, фазово-антропізаційною, фазово-етологічною, параметрично-процесною, параметрично-відновлювальною та параметрично-інтегральною стійкістю. Ці індекси визначаються за формулою загального виду

$$I_{УН,X,k} = LS_{УН,X,a,k} / LS_{УН,X,b,k} , \quad \{X\} \in \{ФАС, ФЕС, ППС, ПВС, ПІС\}, \quad (33)$$

де $LS_{CR,X,a,k}$ і $LS_{CR,X,d,k}$ – відповідно, актуальний і бажаний рівень стану k -того модельного об'єкта за ознаками підтипів його стійкості – фазово-антропізаційної, фазово-етологічної, параметрично-процесної, параметрично-відновлювальної, параметрично-інтегральної, (такі рівні визначаються/задаються за моделями адекватних індексів стійкості тощо).

За таких умов виникають також три потрібних для вирішення у майбутньому задачі. Перша з них – це отримання $I_{УН,X,k}$, усереднених, виважених тощо за видами-складниками кожного типу стійкості у моделях (32)-(33), з обґрунтуванням інтегральних для такого типу індексів (для фазово-антропізаційної стійкості це непотрібно, а для параметрично-відновлювальної стійкості можна скористатися вже запропонованою вище моделлю (23)). Другою задачею є розробка низки категорійно-класифікаційних схем (шкал відношень), як для $I_{УН,k}$, так і для $I_{УН,X,k}$. Третьою задачею є, знову-таки, обґрунтування змісту оцінок надійності для басейнової геосистеми у цілому та для її окремих модельних підсистем і/або їхньої сукупності.

З огляду на щойно викладені підходи та проблеми, а також на реальну можливість отримання наразі інформаційного базису, необхідного для тестування рівня стану модельних басейнових геосистем, і бажані значення рівня їхнього стану, зорієнтовані на добрий такий рівень за класом (див. [8, 18] та ін.), **тестову (індикаторну) модель спрощеної оцінки надійності k -того об'єкта моделювання можна побудувати, в першому наближенні, на основі розрахунку усередненого значення тестового інтегрального умовного індексу надійності цього об'єкта ($I_{УН,T,k}^*$) за формулою**

$$\begin{aligned} I_{УН,T,k}^* = & \\ = & \{ (I_{ФАС,a,k} / I_{ФАС,b,k}) + (I_{ГКПФЕС,a,k} / I_{ГКПФЕС,b,k}) + (I_{ФЕППС,a,k} / I_{ФЕППС,b,k}) + \\ & + (I_{РГППС,a,k} / I_{РГППС,b,k}) + (I_{АЦППС,a,k} / I_{АЦППС,b,k}) + (I_{ІСППС,a,k} / I_{ІСППС,b,k}) + \\ & + ((S_{РОС,k} / S_{ФГ,k})_{a,j} / (S_{РОС,k} / S_{ФГ,k})_{b,l}) + (I_{КЛПВС,a,k} / I_{КЛПВС,b,k}) + \\ & + ((W_{ЗАБРΣ,k} / W_{РВСМ,k})_{a,j} / (W_{ЗАБРΣ,k} / W_{РВСМ,k})_{b,l}) + (N_{c,Σ,b,k}^{**} / N_{c,Σ,a,k}^{**}) \} / n_{c,УН} , \end{aligned} \quad (34)$$

де $I_{ФАС,a,k}$ і $I_{ФАС,b,k}$ – актуальний індекс фазово-антропізаційної стійкості за (25) у [18] і цей же, але бажаний індекс, прийнятий за середнім значенням другої категорії рівня стану за ознаками $ФАС$ (див. табл.2 у [18]), тобто $I_{ФАС,b,k} = 82\%$; $I_{ГКПФЕС,a,k}$ і $I_{ГКПФЕС,b,k}$ – актуальний індекс гідромережної каналізаційно-підпірної фазово-етологічної стійкості за (28) у [18] і бажаний такий індекс, прийнятий за середнім значенням другої категорії рівня стану за ознаками $ГКПФЕС$ (див. табл.4 у [18]), а отже $I_{ГКПФЕС,b,k} = 90\%$; $I_{ФЕППС,a,k}$ і

$I_{ФЕППС,б,k}$ – актуальний індекс флювіо-ерозійної параметрично-процесної стійкості за (4) і бажаний цей індекс, визначений за середнім значенням другої категорії рівня стану за ознаками інтенсивності флювіальної ерозії (див. табл.2), тобто $I_{ФЕППС,б,k} = 70\%$; $I_{РГППС,a,k}$ і $I_{РГППС,б,k}$ – актуальний індекс радіогеоєкологічної параметрично-процесної стійкості за (8) і бажаний такий індекс, отриманий для середнього значення першої категорії за табл.3, тобто $I_{РГППС,б,k} \approx 93\%$; $I_{АЦППС,a,k}$ і $I_{АЦППС,б,k}$ – актуальний індекс ацидифікаційної параметрично-процесної стійкості за (10) і бажаний цей індекс, отриманий для "середини" другої та третьої категорії доброго рівня стану за ознаками АЦППС (див. табл.5), тобто $I_{АЦППС,б,k} = 72\%$; $I_{ГСППС,a,k}$ і $I_{ГСППС,б,k}$ – актуальний індекс ґрунтово-самоочищувальної параметрично-процесної стійкості за (14) і бажаний такий індекс, що відповідає середньому значенню другої категорії доброго рівня стану за ознаками ГСППС (див. табл.7), тобто $I_{ГСППС,б,k} = 72\%$; $(S_{РОС,k} / S_{ФГ,k})_{a,j}$ і $(S_{РОС,k} / S_{ФГ,k})_{б,l}$ – актуальне та бажане значення аргументу у моделі індексу фітогенної параметрично-відновлювальної стійкості (18) і критеріальній моделі (19), при цьому бажане таке значення приймається за відповідними регіональними верхніми значеннями другої категорії за табл.8; $I_{КЛПВС,a,k}$ і $I_{КЛПВС,б,k}$ – актуальний індекс (квазі)природно-ландшафтної параметрично-відновлювальної стійкості за (22) і такий же бажаний індекс, прийнятий за середнім значенням другої категорії рівня стану за ознаками КЛПВС (див. табл.9), звідки $I_{КЛПВС,б,k} = 50\%$; $(W_{ЗАБРΣ,k} / W_{РВСМ,k})_{a,j}$ і $(W_{ЗАБРΣ,k} / W_{РВСМ,k})_{б,l}$ – актуальне та бажане значення аргументу у моделі індексу загально-самоочищувальної водно-стокової параметрично-інтегральної стійкості (25) і критеріальній моделі (26), при цьому бажане таке значення визначається за відповідними середніми значеннями другої категорії за табл.10, тобто $(W_{ЗАБРΣ,k} / W_{РВСМ,k})_{б,l}$ в залежності від інтервалів $I_{АНТ,k}$ може становити, відповідно, 15, 19, 25, 38 і 75; $N_{c,Σ,a,k}^{**}$ і $N_{c,Σ,б,k}^{**}$ – актуальне та бажане числове значення середнього інтегрального індексу водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості за (31), при цьому, по-перше, це бажане значення задається як середнє для доброго рівня стану за ознаками ВЯПІС за табл.11, а тому становить $N_{c,Σ,б,k}^{**} = 2,50$, а, по-друге, відповідно до змісту табл.11 та моделі індексу надійності (34) у цілому, на відміну від інших складників останньої, розглядається обернене співвідношення $N_{c,Σ,б,k}^{**} / N_{c,Σ,a,k}^{**}$; $n_{c,уН}$ – кількість різновидів стійкості БГ, використаних для спрощеної оцінки її надійності (в даному випадку 10).

На основі моделі тестового інтегрального умовного індексу (34) можна, також у першому наближенні, запропонувати адекватну *категорійно-класифікаційну* схему рівнів стану БГ (k -тих об'єктів моделювання) за ознаками її (їхньої) надійності, яка оперує з п'ятьма категоріями рівня стану – від вельми високої до вельми низької надійності – та наведена в табл.12.

Таблиця 12. Категорійно-класифікаційна схема рівнів стану БГ за ознаками її надійності (тестовим інтегральним умовним індексом надійності $I_{УН,Т,k}^*$ за (34))

Значення $I_{УН,Т,k}^*$ за (34)	Надійність (категорія рівня стану)
$\geq 1,20$	вельми висока (1)
$(1,20-1,00]$	висока (2)
$(1,00-0,80]$	середня (3)
$(0,80-0,60]$	низька (4)
$< 0,60$	вельми низька (5)

Висновки та перспективи досліджень.

1. Запропоновано можливі підходи до параметризації модельних оцінювань обґрунтованих складників параметричної стійкості басейнової геосистеми, які базуються на використанні розрахункових комбінацій варіантних тематичних перетинів субполів модельних об'єктів із змістово визначеними субполями функціональної структури природокористування тощо, а також певних модельних індексів і категорійно-класифікаційних схем, за якими і ідентифікується категорія та клас рівня стану об'єктів моделювання.

2. Наразі параметричне моделювання обґрунтоване щодо флювіо-ерозійної, радіогеоекологічної, ацидифікаційної та ґрунтово-самоочищувальної параметрично-процесної стійкості; фітогенної та (квазі)природно-ландшафтної параметрично-відновлювальної стійкості; загально-самоочищувальної водно-стокової та водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості. Визначено сутнісні підходи до створення у майбутньому моделей інших формалізованих різновидів стійкості басейнової геосистеми, у т.ч. з модифікацією вже запропонованих.

3. На основі тези про те, що, інтегральна оцінка стійкості за всіма основними її підтипами цієї буде опосередковано відбивати і ступінь здатності виконувати геосистемою вимогові природно-соціально-економічні функції, розроблено модель спрощеної оцінки надійності басейнової геосистеми у двох її варіантах: повноструктурному та тестовому (індикаторному). Для останнього запропоновано категорійно-класифікаційну схему рівнів стану геосистеми за ознаками її надійності.

4. Перспективами подальших досліджень є остаточне відпрацювання та тестування обґрунтованих і запропонованих підходів до моделювання стану геосистем басейнової ЛТС на прикладі басейнової геосистеми Десни, першим кроком до чого має стати створення відповідного геоінформаційного базису.

Список літератури

1. Іванок Д.В. Комплексна оцінка якості поверхневих вод басейнової геосистеми Десни за критеріями водно-якісної параметрично-інтегральної стійкості / Д.В. Іванок, В.М.Самойленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.1(22). – С.96-102.
2. Самойленко В.М. Кадастр радіоактивного забруднення водних об'єктів України місцевого водокористування. Том 1. Радіогідроекологічний стан і використання водойм та загальнометодологічні проблеми: / В.М.Самойленко. – К. : Ніка-Центр, 1998. – 192 с.
- 3.

Самойленко В.М. Кадастр радіоактивного забруднення водних об'єктів України місцевого водокористування. Т. 2. Стохастично-рейтингові оцінки доз опромінення населення за рахунок місцевого водокористування / В.М.Самойленко. – К. : Ніка-Центр, 1998. – 160 с. **4.** *Самойленко В.М.* Комплексне районування радіоактивно забруднених територій Полісся і півночі Лісостепу за гідрологічно-ландшафтними умовами та можливими радіоекологічними наслідками місцевого водо- і ресурсокористування: / В.М.Самойленко. – К. : Ніка-Центр, 1999. – 280 с. **5.** *Самойленко В.М.* Комплексний радіоекологічний моніторинг водойм місцевого водокористування та методологічно-оптимізувальні рішення стохастичної екологічної гідрології / В.М.Самойленко. – К. : Ніка-Центр, 2000. – 136 с. **6.** *Осадчий В.И.* Информационный менеджмент экологического оздоровления международного бассейна Днепра / В.И. Осадчий, В.Н. Самойленко, Ю.Б. Набиванец. – К. : Ника-Центр, 2004. – 152 с. **7.** *Самойленко В.М.* Гідроінвайронментологія: становлення і перспективи / В.М. Самойленко // Фіз. географія та геоморфологія. – 2005. – № 47. – С.69-78. **8.** *Самойленко В.М.* Моделювання урболандшафтних басейнових геосистем / В.М. Самойленко, К.О. Верес. Монографія. – К.: Ніка-Центр, 2007. – 296 с. **9.** *Самойленко В.М.* Модельна ідентифікація берегових геосистем / В.М.Самойленко, І.О.Діброва. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 328 с. **10.** *Гродзинський М.Д.* Стійкість геосистем до антропогенних навантажень / М.Д.Гродзинський. – К. : Лікей, 1995. – 233 с. **11.** *Гродзинський М.Д.* Пізнання ландшафту: місце і простір [у 2-х т.] / М.Д.Гродзинський. – К. : Київський університет, 2005. – Т.2. – 503 с. **12.** *Шищенко П.Г.* Принципы и методы ландшафтного анализа в региональном проектировании / П.Г. Шищенко. – К. : Фитосоциоцентр, 1999. – 284 с. **13.** *Яцик А.В.* Водогосподарська екологія : [у 4 т., 7 кн.] / А.В. Яцик– К. : Генеза, 2004. – Т. 3, кн.5. – 496 с. **14.** Водний кодекс України // ВВР України. – 1995. – №24. **15.** *Самойленко В.М.* Математичне моделювання в геоекології. / В.М.Самойленко – К.: ВПЦ «Київський університет», 2003. – 199 с. **16.** Водна Рамкова Директива 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. – К., 2006. – 240 с. **17.** Національний атлас України. Електронна версія / ІГ НАНУ, "ІС ГЕО", ДНВП "Картографія", ДСГКК. – К., 2007. **18.** *Самойленко В.М.* Розвиток теоретично-прикладних основ моделювання стану геосистем басейнової ландшафтної територіальної структури: базові підходи та фазова стійкість / В.М.Самойленко, Д.В. Іванок // Фізична географія та геоморфологія. – 2011. – Вип.3(64). – С. 16–30.

Модельна параметризація компонентів параметричної стійкості басейнової геосистеми та її надійності

Самойленко В.М., Іванок Д.В.

Запропоновано способи модельної параметризації компонентів параметричної стійкості басейнової геосистеми та її надійності. Створено моделі та оцінювальні схеми параметрично-процесної, параметрично-відновлювальної та параметрично-інтегральної стійкості. Визначено підхід до спрощеного моделювання надійності геосистеми.

Ключові слова: басейнова геосистема, моделювання, рівень стану, параметрична стійкість, надійність.

Модельная параметризация компонентов параметрической устойчивости бассейновой геосистемы и ее надежности

Самойленко В.Н., Иванок Д.В.

Предложены способы модельной параметризации компонентов параметрической устойчивости бассейновой геосистемы и ее надежности. Созданы модели и оценочные схемы параметрически-процессовой, параметрически-восстановительной и параметрически-интегральной устойчивости. Определен подход к упрощенному моделированию надежности геосистемы.

Ключевые слова: бассейновая геосистема, моделирование, уровень состояния, параметрическая устойчивость, надежность.

Model parameterization for components of basin geosystem parametric stability and geosystem reliability

Samoylenko V.M., Ivanok D.V.

There were proposed modes of model parameterization for components of basin geosystem parametric stability and geosystem reliability. Models and assessment schemes of parametric-processing, parametric-renewal and parametric-integral stability were created. Approach to simplified simulation of geosystem reliability was defined.

Keywords: basin geosystem, modeling, state level, parametric stability, reliability/

Надійшла до редколегії 01.11.2011