

УДК (502.63+504.4): 913 (477-25)

**В. В. ПЛАСКАЛЬНИЙ**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
пр. Глушкова, 2а, м. Київ, МСП – 680  
Plaskalny@i.ua*

**ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ТА ОЦІНЮВАННЯ  
СТІЙКОСТІ ГЕОСИСТЕМ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО ТИСКУ**

Розглянуто характер антропогенного впливу на стан природних комплексів та значення стійкості геосистем для саморегуляції та самовідновлення згідно з підходами параметричного моделювання, де рівень стану геосистеми визначається за стійкістю та надійністю складників природної (квазіприродної) генезисно-еволюційної підсистеми. Розкрито значення фазової антропогенної стійкості на прикладі Лівобережнопридніпровського лісостепового краю та можливість її застосування для геосистем різних ландшафтно-територіальних структур.

**Ключові слова:** стійкість геосистем, фазова стійкість, антропогенне навантаження, природокористування

**Plaskalny V. V. THEORETICAL AND APPLIED BASIS FOR DETERMINING THE STATE AND ESTIMATION OF GEOSYSTEMS STABILITY UNDER ANTHROPOGENIC PRESSURE**

Consider the nature of anthropogenic impact on natural systems and the importance of stability for geosystem self-regulation and selfrestoration according to the approach of parametric modeling, where the level of state Geosystems determined by the stability and reliability of the natural constituents (kvaziprirodnoi) psychogenetic-evolutionary subsystem. Show usage of the phase-anthropogenic stability in the Livoberezhnodniprovisky forest-steppe area and the possibility of its application to geosystems of different landscape territorial structures.

**Keywords:** stability of geosystems, phase stability, anthropogenic pressure

---

© Пласкальний В. В., 2014

## Пласкальный В. В. ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНЫЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ И ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ГЕОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Рассмотрен характер антропогенного воздействия на состояние природных комплексов и значение устойчивости геосистем для саморегуляции и самовосстановления согласно подходам параметрического моделирования, где уровень состояния геосистемы определяется устойчивостью и надежностью составляющих природной (квазиприродной) генезисно-эволюционной подсистемы. Раскрыто значение фазовой антропогенной устойчивости на примере Левобережноднепровского лесостепного края и возможность ее применения для геосистем различных ландшафтно-территориальных структур.

**Ключевые слова:** устойчивость геосистем, фазовая устойчивость, антропогенная нагрузка, природопользование

### Вступ

Перехід людського суспільства від пристосування до цілеспрямованого перетворення природи і ландшафтів призвів до всебічного та інтенсивного використання земельних та інших видів ресурсів та суттєво змінив вплив людської діяльності на навколишнє природне середовище.

Сьогодні нераціональне природокористування та надмірна і неконтрольована господарська діяльність стають причиною порушення взаємозв'язків у геосистемах, сприяють посиленню несприятливих географічних процесів, ведуть до деградації природних компонентів та зменшують продуктивність природних ресурсів.

Як наслідок, сучасна територіальна структура землекористування не відповідає вимогам збалансованого розвитку і нормам відновлення земельних ресурсів, так як антропогенний вплив у великій мірі перешкоджає процесам саморегуляції і самоорганізації природних комплексів [3].

Серед всіх відомих шляхів оптимізації землекористування (охорона і збереження ґрунтів, попередження порушення і засмічення ґрунтово-рослинного покриву і т.д.) особливої уваги заслуговує пріоритет геоecологічних принципів введення господарської діяльності над економічними інтересами суб'єктів господарювання. Тоді як

важливим показником екологічності господарської діяльності в умовах оптимізації природокористування виступає рівень антропогенної перетворюваності ландшафтів.

Дослідження ступеня антропогенної перетвореності ландшафтних комплексів дає змогу відобразити можливість зворотності антропогенних змін, інтенсивність та спрямованість природних процесів після трансформації комплексів, здатність до самовідновлення природних компонентів ландшафту.

Розробки теоретичного базису та практичних методів, підходів щодо визначення та оцінювання антропогенного навантаження, стійкості геосистем можна знайти в роботах Ф. М. Мількова, А. Д. Арманда, А. Г. Ісаченка, П. Г. Шищенко, М. Д. Гродзинського, В. М. Самойленка, Г. І. Денисика, Л. Л. Малишевої, С. П. Романчука, Е. І. Гофмана, Л. Т. Наливайка, а також ряді інших вітчизняних та зарубіжних вчених.

Дослідження та оцінювання змінених ландшафтів важливе не тільки з точки зору збереження природи, а й як місця проживання самої людини, так як воно дає змогу встановити співвідношення природної та антропогенної частин ландшафту [10].

### Виклад основного матеріалу

Географічні систем (ГС) незалежно від розмірності відчують постійно зростаюче антропогенне навантаження через інтенсивне природокористування. Тому впровадження методів збалансованого екологічного управління та поліпшення стану ландшафтних територіальних структур і на сьогодні є актуальним завданням геоecології.

Визначення стану геосистем означає визначення їх стійкості, надійності, а також сучасного функціонування, динаміки, здатності до самовідновлення, реакції на стрес-фактори, потенційної можливості викону-

вати покладені на них функції. Стійкість і надійність ГС нерозривно поєднані. Стійкість визначається по відношенню до певного навантаження на ландшафт. Антропогенне навантаження характеризує прямий або опосередкований вплив природокористування на ПТК, ступінь цього впливу і ландшафтоформуєчий ефект. Порогова зміна структурно-функціональної організації ГС спричинює виникнення так званих відмов – втрату структурно-функціональних якостей внаслідок негативних впливів, процесів.

Виходячи з цього доцільним і об'єктивно потрібним є застосування теоретико-практичних основ моделювання стану геосистем з використанням модельних параметрів, які були розроблені та обґрунтовані у працях В. М. Самойленка, Д. В. Іванка, І. О. Діброви. Згідно із розробленими підходами параметричного моделювання [7,8,9] рівень стану геосистеми (ГС) можна визначити за стійкістю та надійністю складників природної (квазіприродної) генезисно-еволюційної підсистеми (КПГЕП). Причому стійкість виступає як здатність ГС зберігати структуру та властивості, класифікаційні ознаки при геоекологічних природних та антропогенних впливах за рахунок саморегуляції [7]. Зважаючи на те, що стійкість є фазовою та параметричною, особливої уваги для визначення здатності ГС до саморегуляції та функціонування при різних ступенях антропогенного впливу має фазова антропоізаційна стійкість (ФАС(ГС)), яка знаходиться в оберненій залежності до ступеня антропоізації КПГЕП.

Для визначення даного виду фазової стійкості використовується індекс фазово-антропоізаційної стійкості (ІФАС,к, у %).

$$I_{\text{ФАС,к}} = 100 - I_{\text{АНТ,к}} = 100 - \sum_{i=1, j=1}^{n_{r,q,k}} (r_{k,i})_{q_j} p_{k,i,j}$$

де  $I_{\text{АНТ,к}}$  – середньовиважений (за площами відповідних полів) індекс антропоізації k-тої геосистеми (у %);

$p_{k,i,j}$  – загальна частка площі полів геосистеми з i-тим рангом антропогенної перетвореності та j-тим індексом глибини такої перетвореності (у частках одиниці);

$r_{k,i}$  – значення i-того рангу антропогенної перетвореності (у %), яке визначається за доміантною функціональною ознакою (головним видом природокористування);

$q_j$  – чисельний визначник j-того індексу глибини цієї перетвореності;

$n_{r,q,k}$  – кількість комбінацій i-того рангу та j-того індексу [9].

Для розрахунків за формулою застосовується спеціальна категорійна шкала відношень. Її категорії відповідають зростанню значень рангів антропогенної перетвореності від інтервалу їхньої початкової категорії (значення рангу до 8%) до інтервалу кінцевої категорії (з максимумом значень рангу у 100%) [7].

Можливі значення індексу фазово-антропоізаційної стійкості  $I_{\text{ФАС,к}}$  було поділено на сім категорій фазово-антропоізаційної стійкості об'єктів моделювання, як категорій їхньої здатності до саморегуляції.

Зазначені категорії було згруповано у п'ять класів, за якими класифікувався рівень стану модельних об'єктів за класом (від відмінного до поганого)[7].

Другим показником стану ГС є її надійність як «міра здатності виконувати чи посилювати ГС бажані геопозитивні або обмежувати чи ліквідувати геонегативні природно-соціально-економічні функції» [7].

Моделювання стану ЛТС варто застосовувати до території України, модельним об'єктом у межах України можна взяти територію в межах лісостепової області, а саме Лівобережнодніпровський лісостеповий край (ЛДЛК). Адже Лісостеп, у найбільш загальному розумінні, можна вважати перехідною смугою між природними зонами лісу і степу, і звідси титулувати його так званим екотонном, що характеризується специфічними властивостями і ускладненою територіальною структурою, забезпечує континуальний перехід між природними комплексами і має підвищене порівняно з прилеглими територіями біологічне та ландшафтне різноманіття.

Крім того даний регіон має відносну єдність господарсько-культурних та етнічних процесів практично протягом усієї історії свого освоєння. Ця територія – регіон давнього природокористування, яке висвітлено археологічними матеріалами [5]. Спираючись на вище сказане, вибраний фізико-географічний край можна взяти показовим для визначення міри антропогенної перетвореності ландшафтів та фазової антропоізаційної стійкості геосистем.

В межах ЛДЛК вирізняються генезисно-еволюційні структури (ГЕС) – (квазі)природна (КПГЕС), природно-антропогенна (ПАГЕС), антропогенна (АГЕС). КПГЕС можна ототожнити з суб-полями фізико-географічних областей (ФГО) в межах краю. Тоді як ПАГЕС та АГЕС разом можна ототожнити з функціональною системою природокористування, яку можна поділити на функціонально-природокористувальні підсистеми (ФПП) залежно від головного виду природокористування: селитебна (СЕП), агропромислова (АВП), промислова (ПМП), транспортна

(ТРП), природоохоронна (ПОП), полірекреаційна (ПРП) [8].

Фазово-антропоізаційна стійкість ФГО оцінюється через дослідження перетину субполів ФГО субполлями ФПП, а також через застосування індексу ФЕС (ФГО). Перетин КПГЕС, а тобто субполів ФГО субполлями ФПП параметрично можна подати наступним чином:

$$\{ТЛДЛК\} = \{ГЕС\} = \{(КПГЕС \cap (ПАГЕС \cup АГЕС)),$$

де  $\{ТЛДЛК\}$  – територія Лівобережнорідніпровського краю

Тоді динаміку вище поданої моделі можна описати наступним чином:

$$D \{ТЛДЛК\} = D \{ГЕС\} = \{((КПГЕС(\omega_{КПГЕС}, R_{КПГЕС}, t)) \cap (ПАГЕС(\omega_{ПАГЕС}, R_{ПАГЕС}, t) \cup АГЕС(R_{АГЕС}, t))),$$

де  $КПГЕС(\omega_{КПГЕС}, R_{КПГЕС}, t)$  і  $ПАГЕС(\omega_{ПАГЕС}, R_{ПАГЕС}, t)$  – набір випадкових полів (квазі)природної та природно-антропогенної структур ТЛДЛК;  $АГЕС(R_{АГЕС}, t)$  – набір «антропогенно»-детермінованих полів антропогенної структур;  $\omega$  у цілому – сукупність елементарних результатів дослідження

або його серій, а отже  $\omega_{КПГЕС}$  і  $\omega_{ПАГЕС}$  – числа фіксацій випадкових полів (за їхніми значеннями та/або координатами), відповідно, (квазі)природної та природно-антропогенної структур ТУ;  $R$  у цілому – загальна просторова область (визначення) всіх полів моделі (3), тобто загальні межі ЛДЛК при  $R \in (x, y)$  у прямокутній системі координат (як правило, обраного ГІС-інструментарію), а отже ця область містить власні просторові області (різноманітні субобласті) полів геосистем-складників, тобто, з огляду на модель (2),  $R \in ((R_{КПГЕС} \cap (R_{ПАГЕС} \cup R_{АГЕС})))$ ;  $t$  – неперервний параметр часу [7].

Залежно від того який тип функціонально-природокористувальної підсистеми перетинає фізико-географічну область (рис.1) визначається відповідно ступінь антропогенної перетвореності територій, головний вид природокористування, інтенсивність та характер впливу на природні ландшафти (КПГЕС). Зрозуміло, що в дійсності на ландшафти одночасно впливають відразу декілька або всі типи ФПП, тому ПРГЕС та АГЕС визначаються за типом переважаючого впливу. Аналізуючи перетин ФПП і ФГО та вираховавши індекс ФЕС за категорійно-класифікаційною схемою розроблену

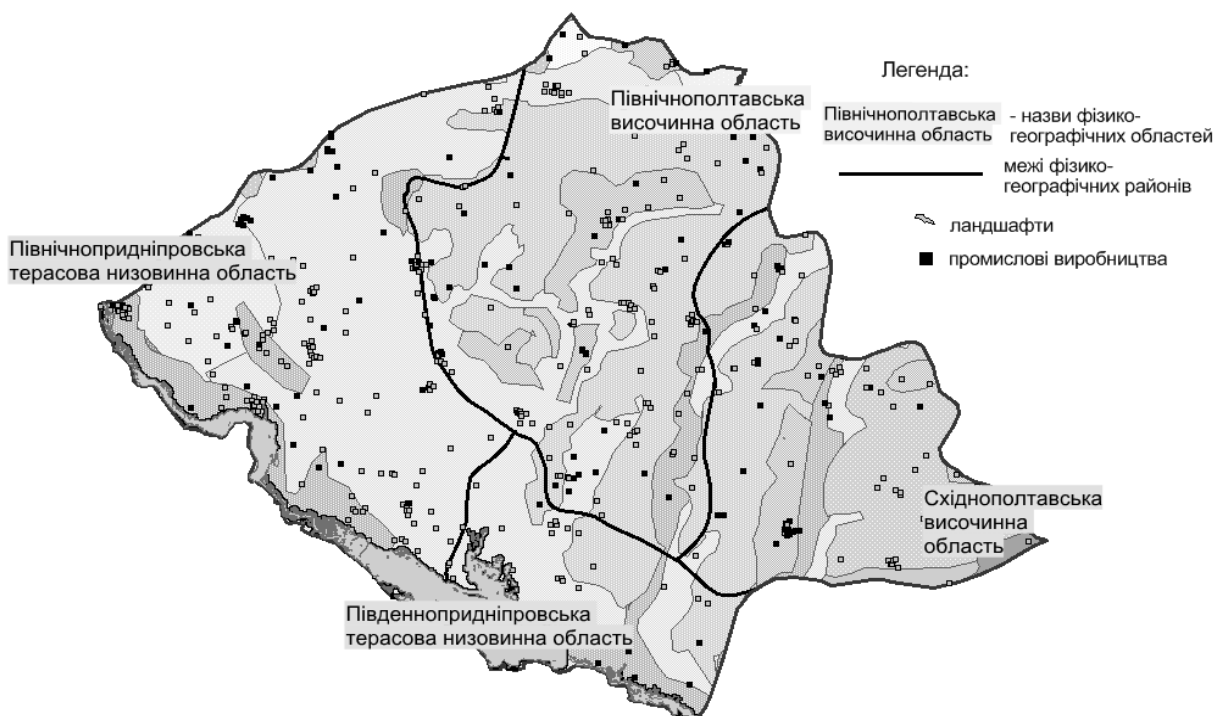


Рис. 1 – Приклад перетину субполів фізико-географічних областей субполлями промислової підсистеми 3 типу

і описану у статті [7] можна встановити - як здатність геосистеми до саморегуляції, так і рівень стану ГС за класом.

Аналізуючи картографічні матеріали подані в роботах Гродзинського М.Д та Шищенка П.Г, а саме індустріального, транспортного, рекреаційного, аграрного навантаження на геосистеми, та схему районування території України за антропогенного навантаження ([2]) можна константувати, що території ЛПЛК відповідає Лівобережний регіон середнього аграрного та локального індустріального навантаження. Говорячи про виділені Гродзинським М.Д. район антропогенного тиску, то в межах модельної ділянки (ЛПЛК) знаходиться Слобожанський район, північ Придніпровського, південний захід Сумського та східна частина Київського агломераційного району (рис.2).

Вчений наполягає на важливості кількісного оцінювання стійкості геосистем до антропогенного навантаження і говорить, про те, що з оцінюванням стійкості пов'язані дві групи питань – обґрунтування показників стійкості та методів визначення стійкості. Основними проблемами показ-

ників стійкості є їхня невизначеність, обмежена практичність та висока узагальненість.

Щодо методів оцінювання геосистем, то Гродзинський М.Д. перелічує наступні: математико-статистичні методи, моделі «навантаження-опір», «ударного навантаження», методи граничного оцінювання стійкості (за малого набору даних), метод дерева відмов, методи графічного оцінювання.

Поряд зі схемою районів антропогенного тиску варто розглянути загально інтегральні індекси антропогенного навантаження (АН). На території ЛДЛК індекси знаходяться в межах діапазону 4.01 – 7.00, який охоплює середнє значення. Найнижчі значення АН спостерігаються на півдні краю, максимальні на крайньому заході, а саме в Київському агломераційному районі. Враховуючи значення коефіцієнта антропогенної перетвореності Кап, то Шищенко П.Г, якому власне і належить обґрунтування доцільності використання Кап, провів районування території України за антропогенною перетвореністю ландшафтів, при цьому ЛДЛК майже повністю потрапляє в категорію сильно трансформованих (перетворених) ландшафтів (рис 3). Дане району-

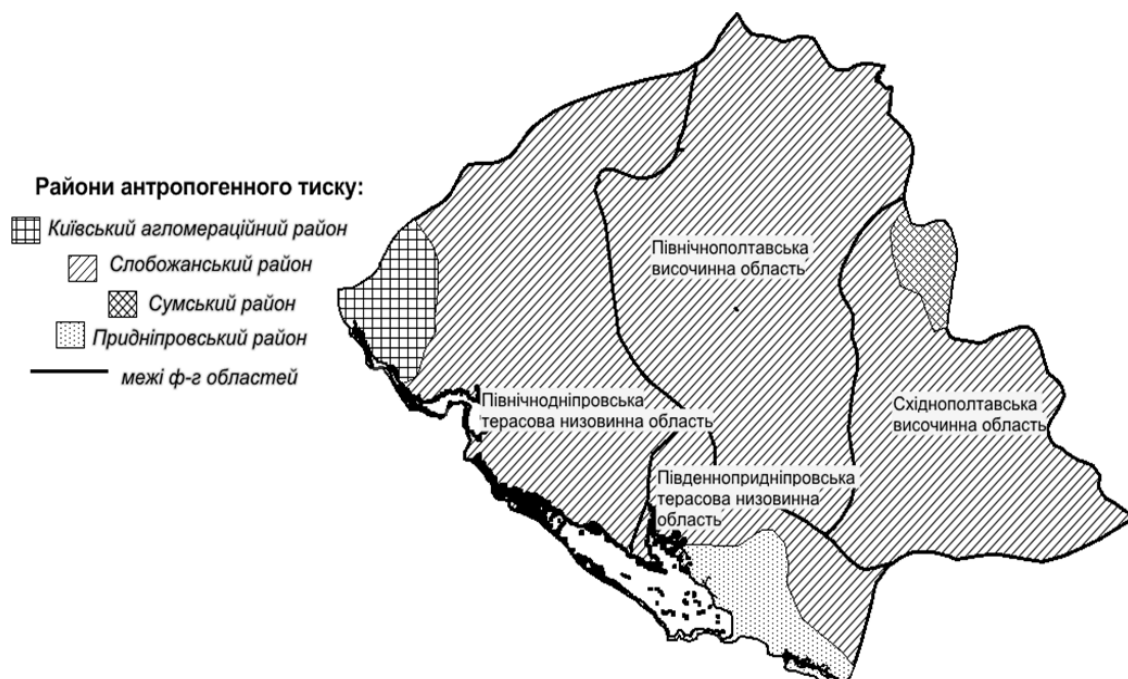


Рис 2 – Схема умовного перетину ФГО (фізико-географічних областей) Лівобережнорідніпровського краю зі схемою антропогенного навантаження (за Гродзинським М.Д.)

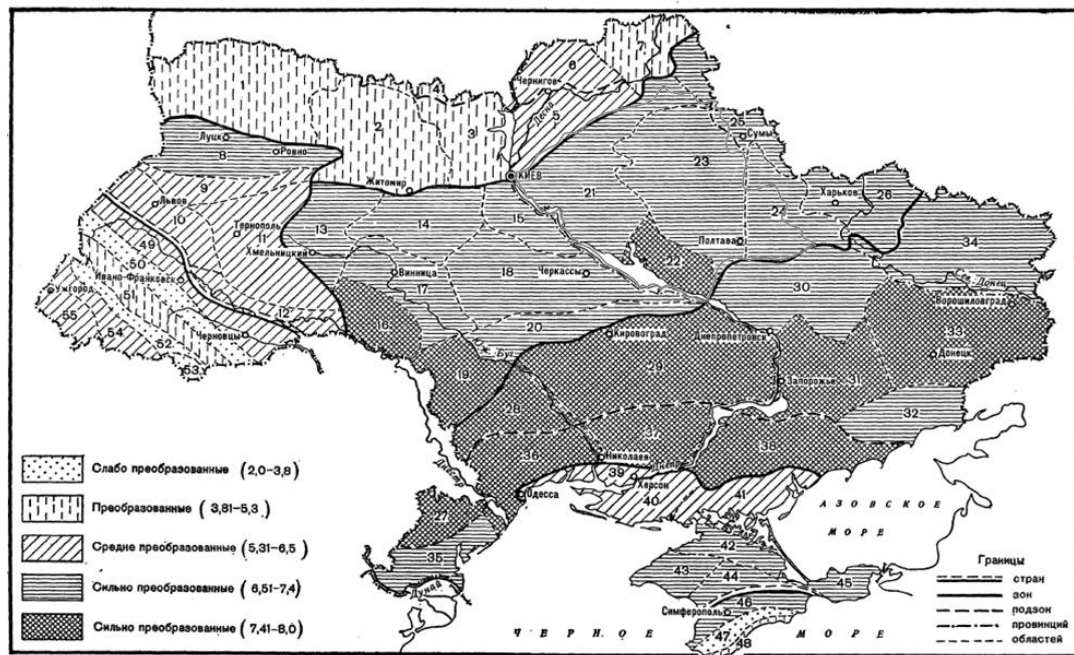


Рис. 3 – Контури Лівобережнодніпровського лісостепового краю на карті антропогенної претвореності ландшафтів (за Шищенком П.Г)

вання звичайно в силу часового фактора та інтенсивності природокористування потребує звичайно перегляду і відповідного удосконалення.

Повертаючись до ФАС (фазова антропоізаційна стійкість), розроблену і обґрунтовану в роботах [7,8,9] варто удосконалити значення рангу антропогенної перетвореності та відповідно до індексу ФАС створити карту рівня стану геосистем та здатності їх до саморегуляції, чому і будуть спрямовані наші наступні дослідження та робота.

Беручи за основу підходи **гідроінвайроментології** [6], якщо за основний об'єкт моделювання брати територію фізико-географічного краю (ФГК), в складі якої виділяються генезисно-еволюційні системи (ГЕС), а саме квазіприродної (КПГЕС), природно-антропогенної (ПАГЕС), антропогенної (АГЕС), то автором статті було здійснено наступні припущення:

Якщо КПГЕС модельного краю можна ототожнити з фізико-географічними областями у межах відповідного краю  $\{КПГЕС\} \equiv \{ФГО\}$ , то ФАС (ФГО) можна оцінити шляхом перетину субполів ФГО з субполлями ФПП  $\{ФАС(ФГО)\} = \{ФГО \cap \{ФПП\}$ . Для визначення ФАС(ФГО) потрібно знати індекс ФАС, а потім від стійкості геосистем вцілому, яку умовно можна вважати за 100%, потрібно відняти середньо

виважений індекс ФАС -  $I_{ФАС,k}$ , таким чином знаходиться міра залишкової здатності геосистеми до саморегуляції. Отже, звідси можна визначити ФАС фізико-географічних областей, а через них і країв, провінцій, інших таксонів фізико-географічного районування.

З іншого боку, якщо КПГЕС ототожнити з басейною геосистемою (БГ)  $\{КПГЕС\} \equiv \{БГ\}$ , то ФАС(БГ) можна оцінити шляхом тоді уже перетину субполів БГ з субполлями ФПП  $\{ФАС(БГ)\} = \{БГ \cap \{ФПП\}$ . А потім знайти  $I_{ФАС,k}$  для басейнів вищого рангу і басейнової геосистеми досліджуваної території вцілому.

Якщо КПГЕС ототожнити з геохроною (урочище, місцевість ландшафт)  $\{КПГЕС\} \equiv \{ГХ\}$ , то ФАС(ГХ) можна оцінити шляхом тоді уже перетину субполів ГХ з субполлями ФПП  $\{ФАС(ГХ)\} = \{ГХ \cap \{ФПП\}$ . А  $I_{ФАС,k}$  можна вже шукати для геохор вищого рангу в межах генетико-морфологічної ЛТС.

І нарешті якщо КПГЕС ототожнити з парагенетичною ділянкою або з позиційно-динамічною ділянкою залежно від виду ЛТС  $\{КПГЕС\} \equiv \{ПГД\}$ ,  $\{КПГЕС\} \equiv \{ПДД\}$ , то ФАС(ПГД) чи ФАС(ПДД) можна оцінити шляхом тоді уже перетину субполів ПДД чи ПГД з субполлями ФПП  $\{ФАС(ПГД)\} = \{ПГД \cap \{ФПП\}$

$\{ФАС(ПГД/ПДД)\} = \{ПГД/ПДД \cap \{ФПП\}$   
зі знаходженням відповідного  $I_{ФАС,к}$ .

Таким чином, можна оцінювати фазову антропоізаційну стійкість таксонів різних

ландшафтно-територіальних структур, визначаючи ФАС як для фізико-географічної області, так окремо і для ландшафту чи певного басейна.

### Висновки

В умовах постійного навантаження на ГС різноманітних видів впливу – промислового, агровиробничого, транспортного, рекреаційного, та й соціального (в розумінні перенаселеність) важливо аналізувати стійкість для кожного окремого з цих та інших впливів, пов'язувати і визначати характер їхньої дії на інші властивості природних комплексів. Дослідження стійкості, її оцінка, прогноз змін дає змогу здійснювати більш виважені управлінські рішення при оцінці екоризиків (потенційних чи наявних), при ландшафтному плануванні та прогнозуванні, визначення граничних норм, лімітів допустимого антропогенного наван-

таження. Все це необхідно для забезпечення збалансованого природокористування та раціональної організації території, моніторингу господарської діяльності та управління геотехсистем та можливо за рахунок як теоретико-емпіричного дослідження та опису стійкості, так і створення інтерактивних карт, графів, геоінформаційних систем, тематичних/галузевих карт з кількісними показниками. В свою чергу на практиці стабілізація стійкості геосистеми, в умовах інтенсивної експлуатації, може бути досягнута через реалізацію принципу «нульового або мінімального втручання» в природні процеси та комплекси.

### Література

1. Гавриленко О. П. Екогеографія України: навчальний посібник/ О. П. Гавриленко. – Київ: Знання, 2008 – 646 с.
2. Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень: Монографія/ М. Д. Гродзинський. – К.: Лікей, 1995. – 233 с.
3. Ігор Чеболда Визначення аграрного навантаження територій з метою оптимізації землекористування на прикладі Тернопільської області [Текст]/Ігор Чеболда. //Раціональне природокористування і охорона природи. – 2009. - №2.
4. Ісаченко А. Г. Оптимизация природной среды: [підручник]/ А.Г. Ісаченко. – М: Мысль, 1980. – 264 с.
5. Романчук С. П. Историчне ландшафтознавство: Теоретико-методологічні засади та методика антропогенно-ландшафтних конструкцій давнього природокористування/ С. П. Романчук. – К.:РВЦ «Київський університет», 1998. – 146 с.
6. Самойленко В.М. Гідроінвайроментологія як новий науковий напрям у геоекології / В.М.Самойленко.// Наукові записки ХНУ імені Тараса Шевченка. – 2004. – том 3. – с.69-74.
7. Самойленко В.М. Розвиток теоретично-прикладних основ моделювання стану геосистем басейнової ландшафтної територіальної структури: базові підходи та фазова стійкість [Текст]/ В. М. Самойленко, Д. В. Іванок.// Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Том 1 (22). – С.96-102.
8. Самойленко В.М. Модельна ідентифікація берегових геосистем: Монографія./ В. М. Самойленко, І. О. Діброва. – К.: Ніка-Центр, 2012. – 328 с.
9. Самойленко В. М. Моделювання урболо-ландшафтних басейнових геосистем: Монографія/ В. М. Самойленко, К. О. Верес. – К.: Ніка-Центр, 2007. – 296 с.
10. Сорокіна Л. Ю. Дослідження антропогенно змінених ландшафтів для цілей ландшафтно-планувальної організації трансграничного регіону [Текст]/ Л. Ю. Сорокіна. // У 45 Україна: географія цілей та можливостей. Зб.наук. праць. – К.: ВГЛ «Обрії», 2012. – Т. I. – 358 с.
11. Національний атлас України. Електронна версія / Інститут географії НАНУ, ІС ГЕО, ДНВП «Картографія», ДСГКК. – 2007.

Надійшла до редколегії 28.09.2014