

Пласкальний В. В.

## **Огляд теоретико-прикладних основ оцінювання стійкості геосистем для визначення їхньої стану в умовах антропогенного тиску**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ  
e-mail: Plaskalnyy@i.ua

**Анотація.** Розглянуто характер антропогенного впливу на стан природних комплексів та значення стійкості геосистем для саморегуляції та самовідновлення. 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.

### **Вступ**

Еволюція людського суспільства, що безумовно пов'язана з використанням земельних та інших видів ресурсів, суттєво змінила вплив людської діяльності на навколишнє природне середовище, протікаючи від процесу пристосування до цілеспрямованого перетворення природи і ландшафтів.

Тому 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].

Підтвердженням цього є те, що природні комплекси на даний час не займають необхідної 60% частини території, що за М.Ф.Реймерсом свідчить про порушення екологічного балансу території. Причиною даної проблеми виступає екстенсивне, спрямоване виключно на одержання прибутку, землекористування, яке потребує не тільки науково обґрунтованої реконструкції, а й прогресивно-технічного переоснащення.

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 землекористування виступає рівень антропогенної перетворюваності земельних ресурсів.

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.Шищенка, 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.

Процес постійного зростання населення в арифметичній прогресії веде до зростання антропогенного навантаження на земельні ресурси в геометричній та вимагає першочергово вирішення проблем раціонального землекористування та екологізації сфер господарської діяльності. Раціональне природокористування під собою розуміє збалансовану взаємодію суспільства і природи, що забезпечує досягнення компромісу між соціально-економічними потребами суспільства і здатність природи задовільняти їх без суттєвої шкоди для свого нормального функціонування. Тобто суспільство і природно-ресурсний потенціал перебувають у взаєминах позитивного зворотнього зв'язку.

Для наближення до умов раціонального природокористування необхідно змінювати характер і наслідки типів впливу на природу в процесі використання природних ресурсів та властивостей. Серед типів впливу виділяють – прямий (безпосереднє використання природи, наприклад, видобуток корисних копалин), фіксований (вплив через розвиток виробництва, виснаження ресурсів), побічний (опосередкований вплив, потік у природу речовин та енергії невластивих середовищу, що призводить до забруднення і порушення екологічного балансу в довкіллі) [1].

Існує низка методичних підходів та показників – екологічних, економічних, правових – до встановлення реального стану землекористування, однак комплексна система оцінки якості землекористування ще в повній мірі не розроблена.

Вивчення та картографування антропогенно змінених ландшафтів повинно базуватися на ландшафтній карті і заключається у визначенні ступеня антропоізації природного комплексу, просторової структури природокористування, а звідси і функціональних видів використання земель.

Оцінка ступеня антропоізації ландшафту дає змогу встановити здатність ландшафтів до самовідновлення.

Важливого значення для подальшого раціонального використання території, переходу до принципів збалансованого розвитку в сфері землекористування, втілення процесу екологізації всіх сфер господарської діяльності виступає аналізування і аналітичні дослідження змінених ландшафтних комплексів, визначення максимально можливих нешкідливих навантажень на них, критичної межі трансформації природного комплексу, перевищення якої спричинить повну стрімку деградацію ПТК та призведе до катастрофічного стану досліджуваної території, неможливості до подальшої саморегуляції та самовідновлення ділянки. Також антропогенну зміненість ландшафтів варто розглядати як в локальному, регіональному, національному вимірі так і у міжнародному коли мова йде про ландшафтні регіони, що територіально розташовані в різних країнах, але генетично та типологічно однорідні.

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].

Для того щоб встановити необхідні методи та критерії аналізу впливу того чи іншого виду природокористування на ландшафт необхідно знати його основне цільове призначення, яке й зумовлює певний тип землекористування.

### Виклад основного матеріалу

Актуальним завданням геоecології на сьогодні є впровадження методів збалансованого екологічного управління та поліпшення стану ландшафтних територіальних структур і геосистем, які відчувають постійно зростаюче навантаження через інтенсивне природокористування.

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

Тому 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 [6]. 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 ( $I_{\text{ФАС},k}$ , у %):

$$I_{\text{ФАС},k} = 100 - I_{\text{АНТ},k} = 100 - \sum_{i=1}^{n_{\text{р}qk}} (r_{k,i})_{qj} p_{k,i,j} \quad (1)$$

де:  $I_{\text{АНТ},k}$  – 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 домінуючою функціональною ознакою (головним видом природокористування);  $q_j$  – чисельний визначник  $j$ -того індексу глибини цієї перетвореності;  $n_{\text{р}q,k}$  – 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  $I_{\text{ФАС},k}$  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» [6].

Моделювання стану ЛТС варто застосовувати до території України, модельним об'єктом у межах України можна взяти територію в межах лісостепової області, а саме Лівобережнорідніпровський 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 екотонем, 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 субполлями 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 (СЕР), 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). 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 врахувавши індекс ФЕС за категорійно-класифікаційною схемою розроблену і описану у статті [7] можна встановити – як здатність геосистеми до саморегуляції, так і рівень стану ГС за класом.

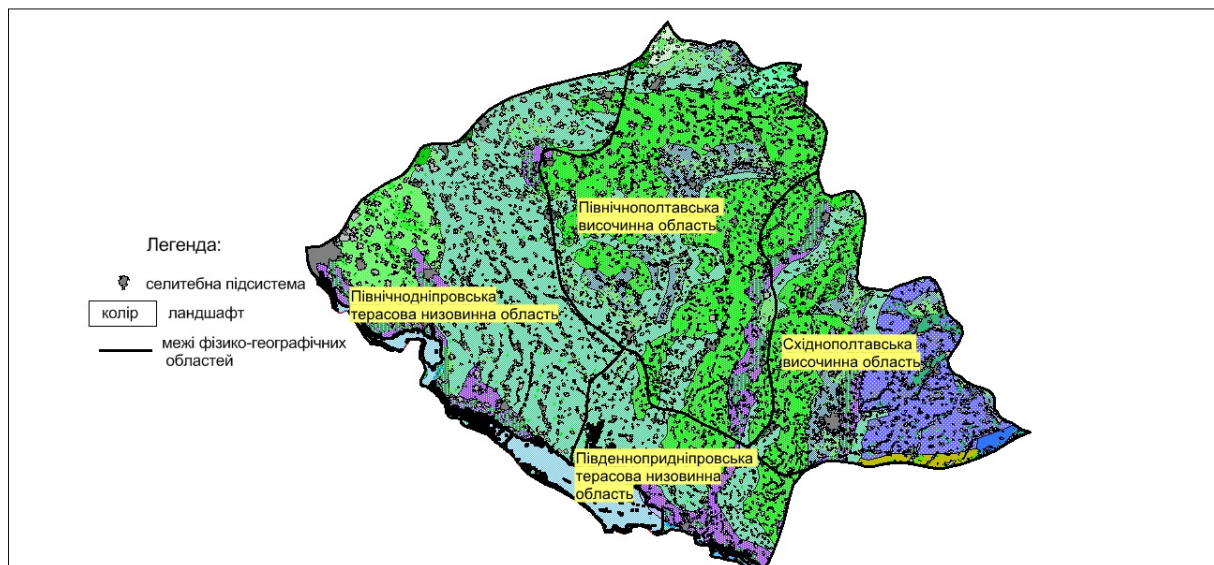
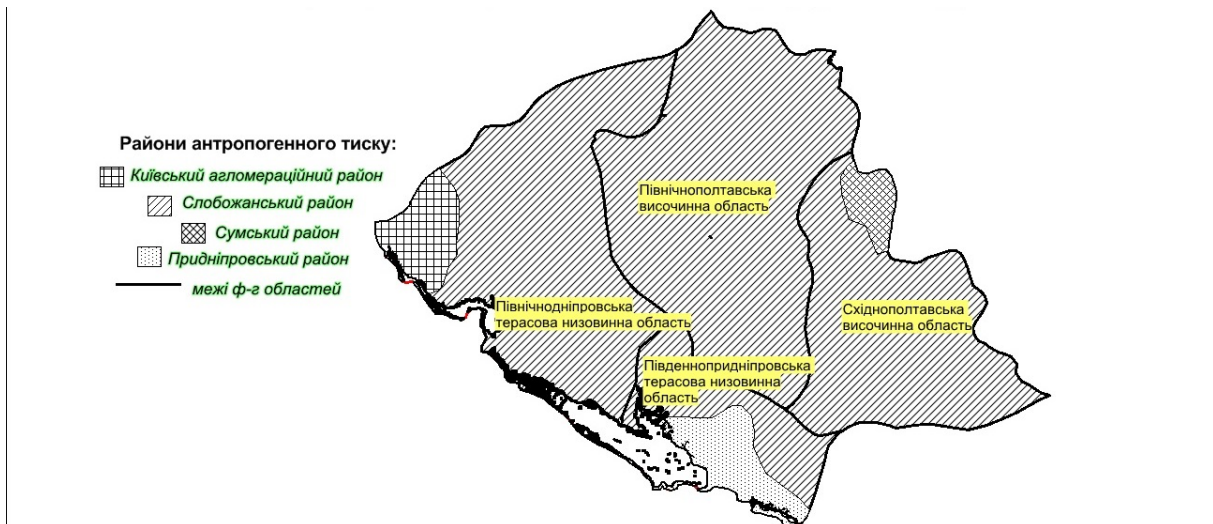


Рис. 1. Приклад перетину субполів фізико-географічних областей субполлями селитебної підсистеми

Використовуючи геоінформаційні технології і так званий оверлейний аналіз та інструменти визначення ваги того чи іншого параметру, у вигляді картографічних матеріалів можна показати ймовірний характер, силу антропогенного тиску на ГС, міру стійкості ГС до саморегуляції та відновлення.

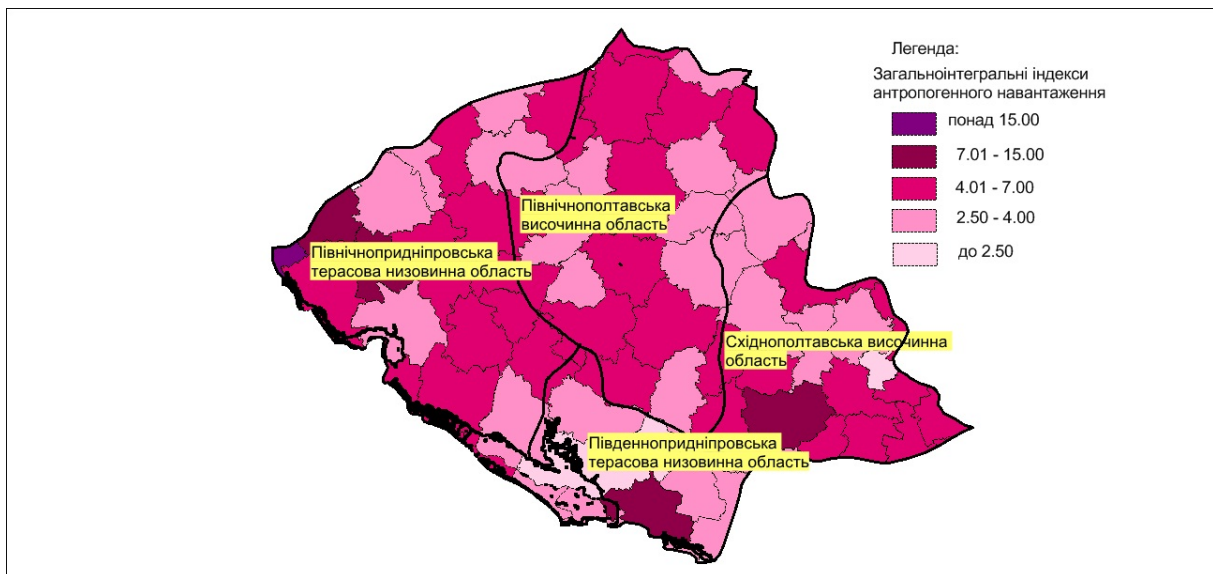
Аналізуючи картосхеми подані в роботах Гродзинського М.Д та Шищенка П.Г, а саме індустріального, транспортного, рекреаційного, аграрного навантаження на геосистеми, та схему районування території

України за антропогенного навантаження ([2]) можна стверджувати, 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, пд. – зх. Сумського та сх. частина Київського агломераційного району (рис.2).



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

Разом зі схемою районів антропогенного тиску варто розглянути загально інтегральні індекси антропогенного навантаження. Тому вцілому беручи до розгляду карту антропогенного навантаження (АН) на ЛДЛК (рис.3) видно, що переважно це індекси 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. Дане районування звичайно в силу часового фактора та інтенсивності природокористування потребує звичайно перегляду і відповідного удосконалення.



**Рис. 3.** Загальне антропогенне навантаження на Лівобережний лісостеповий край (за Національним Атласом України [11])

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 субполями 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 басейновою геосистемою (БГ)  $\{КПГЕС\} \equiv \{БГ\}$ , то ФАС(БГ) можна оцінити шляхом тоді уже перетину субполів БГ з субполями 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 геохорою (урочище, місцевість ландшафт)  $\{КПГЕС\} \equiv \{ГХ\}$ , то ФАС(ГХ) можна оцінити шляхом тоді уже перетину субполів ГХ з субполями 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 субполями ФПП  $\{ФАС(ПГД/ПДД)\} = \{ПГД/ПДД \cap \{ФПП\}\}$  зі знаходженням відповідного  $I_{ФАС,k}$ .

Таким чином, можна оцінювати фазову антропоїзаційну стійкість таксонів різних ландшафтно-територіальних структур, визначаючи ФАС як для фізико-географічної області, так окремо і для ландшафту чи певного басейна.

## Висновки

Для визначення та дослідження стійкості ГС важливим є повне розуміння даного як феномену і властивості, що пов'язана з іншими властивостями геосистем (цілісність, складність, ієрархічність), усвідомлення механізмів забезпечення та форм стійкості, які вчений Г.Оріанс виділив у кількості 5: інерція, еластичність, константність, амплітуда, загальна тенденція змін [2].

Далі необхідним постає оцінка стійкості геосистем за допомогою виділення описових параметрів, показників стійкості, розробка практичних способів, методів аналізу та оцінки стійкості комплексів. 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 навантаження. 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.

Підвищити стійкість геосистем цілком можливо шляхом оптимізації взаємодії людина-природа, адже виникає потреба охороняти природу в умовах інтенсивної експлуатації, при чому природа має бути збережена для процвітання людства, а прогрес людства потребує використання природних умов та ресурсів [4]. Тому виникає об'єктивна конструктивна потреба – здійснити контроль і узгодження між підсистемами «природа – населення – господарство», для цього людина створює геотехнічні системи, які складаються з природного та технічного компонентів та блоку керування.

Основна мета при підвищенні або хоч стабілізації стійкості геосистеми має бути здійснена через принцип «мінімального втручання» в природні процеси та комплекси. Адже довкілля має властивість здійснювати саморегуляцію і самоочищення за природними законами. Відновлення стійкості можливе через взаємовигідну оптимізацію взаємодії людина – довкілля, а тобто через здійснення охорони довкілля, заповідання територій, раціональне природокористування, науково обґрунтовану підтримку природних комплексів, екологізацію господарства, запровадження безвідходного виробництва. Однак всі ці види збереження природи в своїй основі мають принцип «мінімального впливу» на довкілля та обмеженого природокористування.

## 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 / М.Д.Гродзинський. – К.: Лікей, 1995. – 233 с.

3. Чеболда І. Визначення аграрного навантаження територій з метою оптимізації землекористування на прикладі Тернопільської області / І. Чеболда // Рациональне природокористування і охорона природи.– 2009.- №2.
4. Ісаченко А.Г. Оптимизация природной среды / А.Г. Исаченко. – 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 КНУ імені Тараса Шевченка. – 2004. – Т.3. – с.69-74.
7. 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 // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2012. – Т. 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 урболандшафтних 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 / Л.Ю. Сорокіна // У 45 Україна : географія цілей та можливостей. Зб.наук. праць. – К.: ВГЛ «Обрії», 2012. – Т. І. – 358 с.
11. Національний атлас України. Електронна версія / Інститут географії НАНУ, "ІС ГЕО", ДНВП "Картографія", ДСГКК. – 2007.

**Аннотація.** *В.В. Пласкальний Обзор теоретико-прикладных основ оценки устойчивости геосистем для определения их состояния в условиях антропогенного давления. Рассмотрен характер антропогенного воздействия на состояние природных комплексов и значение устойчивости геосистем для саморегуляции и самовосстановления. Раскрыто значение фазовой антропоизационной 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.*

**Abstract.** *V.V. Plaskalny Review of theoretical and applied bases of assessment of geosystem stability to determine level of their state under anthropogenic pressure. Consider the nature of anthropogenic impact on natural systems and the importance of stability for geosystem self-regulation and selfrestoration. Show usage of the phase-anthropogenic stability in the Livoberezhnodniprovskyy forest-steppe area and the possibility of its application to geosystems of different landscape territorial structures.*

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

*Поступила в редакцию 28.01.2014 г.*