

УДК 504.064.4:622.617/669.13:167

doi: <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2019-1-23-33>

В.М. Єрмаков
О.В. Луньова
Д.Г. Аверін

ОСНОВНІ ОЗНАКИ СКЛАДНИХ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ ТА ЇХ ЗБАЛАНСОВАНІСТЬ

***Мета** роботи полягає у розробці наукових основ і шляхів досягнення збалансованого функціонування складних техноекосистем. Об'єктом дослідження є процеси функціонування складних техноекосистем.*

***Методи досліджень.** У дослідженнях використовується комплексний підхід, що включає аналіз літературних джерел, статистичний, аналітичний, графоаналітичний, експертних оцінок, математичного моделювання, техніко-економічний аналіз при розробці наукових основ і шляхів досягнення збалансованого функціонування складних техноекосистем.*

***Результати.** Досліджено механізм взаємодії природних і техногенних систем, формалізовано технологічну компоненту техноекосистеми. Проаналізовано та формалізовано механізм забезпечення гомеостазу для простих систем. Визначено механізм стійкості та відновлюваності природних компонентів техноекосистеми. Досліджено механізми і встановлено закономірності дестабілізації природних екосистем, що відбувається під впливом техногенних чинників.*

***Наукова новизна.** Встановлено закономірності дестабілізації природних екосистем, що відбувається під впливом техногенних чинників.*

***Практична значимість.** Сучасне природокористування йде шляхом подальшого ускладнення технологічних і технічних систем, функціонування яких проходить безпосередньо в природному середовищі або за участі його компонентів. Оточуючий нас світ представляє собою сукупність безкінечної кількості різного роду об'єктів, між якими існують відповідні відношення і які, на деякому етапі узагальнення, складають ту чи іншу систему. Системність є всезагальною властивістю матеріального світу, яку можна назвати формою існування матерії, а саме: простір, час, рух, структурованість являють собою часткові аспекти системного світу. В роботі визначено механізм стійкості та відновлюваності природних компонентів техноекосистеми.*

***Ключові слова:** гірничодобувна техноекосистема, збалансоване функціонування, ієрархія компонентів техноекосистеми, моніторинг, найкраща доступна технологія.*

Вступ.

Масштабна промислова експлуатація мінерально-сировинних ресурсів породила широкий спектр гострих екологічних проблем розвитку сучасного суспільства. Специфіка розташування родовищ у земних надрах визначає неминучість потужного антропогенного вторгнення і порушення біологічної оболонки Землі – біосфери. Саме цей факт і визначає характер, структуру та властивості техноекосистеми.

Аналіз ситуації з наукових позицій наочно демонструє, що природні угруповання все більше замінюються специфічними комплексними формаціями – техноекосистемами, які часто формують штучні біогеохімічні цикли і мають характерну структурно-функціональну організацію, а також способи регуляції, які відрізняються від природних. Стан природних екосистем в таких умовах здебільшого можна охарактеризувати як, певною мірою, дестабілізований, що має прояви від спрощення первинної організації до значної деградації чи руйнування.

Практичні зусилля щодо екологізації техносфери визначають необхідність коригування способів вирішення технологічних питань з обґрунтуванням методологічних підходів до вибору технологічних рішень для забезпечення сталого функціонування складних техноекосистем.

Трансформаційні процеси потребують реформування виробництва, його структури і організації, використання нових методів управління, залучення інвестиційних коштів, модернізації технологій і устаткування, оптимізації структури господарського комплексу, особливо на регіональному рівні, де можливо врахувати якість компонентів навколишнього середовища при обґрунтуванні внутрішньорегіонального розміщення техногенних об'єктів системи природокористування, розробити системи моніторингу навколишнього середовища, забезпечити населення продукцією та робочими місцями. Системний підхід вимагає, щоб стратегія сталого розвитку

регіону визначалась у спектрі комплексу завдань з оптимізації природокористування.

Вочевидь, що в основі підходу до подолання вказаного протиріччя має стати принцип створення рівних можливостей для розвитку техносфери і біосфери, який деякі дослідники також визначають як стратегію коеволюції двох антагоністичних систем. Вирішення актуального на сьогодні науково-практичного завдання – досягнення збалансованого функціонування складних техноекосистем – вимагає чіткого розуміння: за рахунок чого може бути досягнута така збалансованість; якими є сутність і закономірності процесів, що лежать в її основі та на якому підґрунті мають розроблятися і здійснюватися способи моніторингової оцінки і коригування процесів, що відбуваються в усьому розмаїтті цих причинно-наслідкових взаємозв'язків.

Мета роботи.

Мета роботи полягає у розробці наукових основ і шляхів досягнення збалансованого функціонування складних техноекосистем. Об'єктом дослідження є процеси функціонування складних техноекосистем.

Методи досліджень.

Аналіз літературних джерел, статистичний, аналітичний, графоаналітичний, експертних оцінок, математичного моделювання, техніко-економічний аналіз.

Виклад основного матеріалу.

Сучасне природокористування йде шляхом подальшого ускладнення технологічних і технічних систем, функціонування яких проходить безпосередньо в природному середовищі або за участі його компонентів.

Оточуючий нас світ представляє собою сукупність безкінечної кількості різного роду об'єктів, між якими існують відповідні відношення і які, на деякому етапі узагальнення, складають ту чи іншу систему. Системність є всезагальною властивістю матеріального світу, яку можна назвати формою існування матерії, а саме: простір, час, рух, структурованість являють собою часткові аспекти системного світу.

Вивчення процесів взаємодії між природними і технологічними системами фактично зводиться до вивчення природних і технологічних процесів, які знаходяться в певних відношеннях та зв'язках між собою і фактично утворюють єдину техноекосистему.

Техноекосистема являє собою цілісну, впорядковану в просторово-часовому відношенні сукупність природних і техногенних елементів та процесів, що функціонують як єдина система. Таким чином, будь-яку технологічно навантажену територію можна розглядати як єдину політехноекосистему, що складається із множин ТЕС як регіонального, так і місцевого рівня.

Методологія вирішення проблем, які стосуються функціонування технологічних та екологічних (природних) систем, слід розглядати на базі системного підходу. З точки зору системного підходу техноекосистема представляє собою багатofакторне і багатокomпонентне утворення.

Система – це матеріально-енергетична сукупність, яка саморозвивається і саморегулюється, певним чином упорядкована, існуюча і керована як відносно стійке єдине ціле за рахунок взаємодії, розподілу і перерозподілу наявних, і тих що надходять ззовні та продукуються цією сукупністю речовин, енергії, інформації, і яка забезпечує переважання внутрішніх зв'язків над зовнішніми.

Системи поділяються на прості та складні. Прості системи – це такі, поведінка яких характеризується жорсткими та однозначними причинно-наслідковими зв'язками і взаємозалежностями між окремими її компонентами. Для ілюстрації поняття складності системи приведено ряд визначень, які ставлять акцент на окремих властивостях таких систем:

– система, в якій кінцеві її властивості не відповідають сумі властивостей компонентів, що складають цю систему, вважається складною;

– система, поведінка якої при зміні вхідних матеріально-енергетичних потоків викликає непередбачувані зміни вихідних, вважається складною;

– система, яка характеризується багатоманітністю (неоднозначністю)

способів реагування на дію зовнішнього середовища, вважається складною;

– система, поведінку якої за рахунок неврахованих та невідомих структурно-функціональних особливостей неможливо передбачити, вважається складною;

– система, розвиток якої трансформується у часі, причинно-наслідкові зв'язки і взаємозалежності між окремими її компонентами є неоднозначними на усіх етапах її існування, вважається складною.

Різноманіття складних техноекосистем класифіковано за характером взаємодії між природною та техногенною складовими. В цьому випадку спектр техноекосистем являє собою лінійний ряд, на одному кінці якого розміщені техноекосистеми, техногенна компонента яких максимально ізольована від природного середовища (атомні електростанції, хімічні виробництва та ін.). На протилежному – техноекосистеми, в яких технологічні процеси протікають в безпосередньому контакті з природними системами (сільське господарство, водогосподарські системи, гірничі роботи, транспортні системи та ін.).

Систематизація можливих станів складної техноекосистеми базується на врахуванні характеру зв'язків між природними та технічними компонентами (рис. 1).

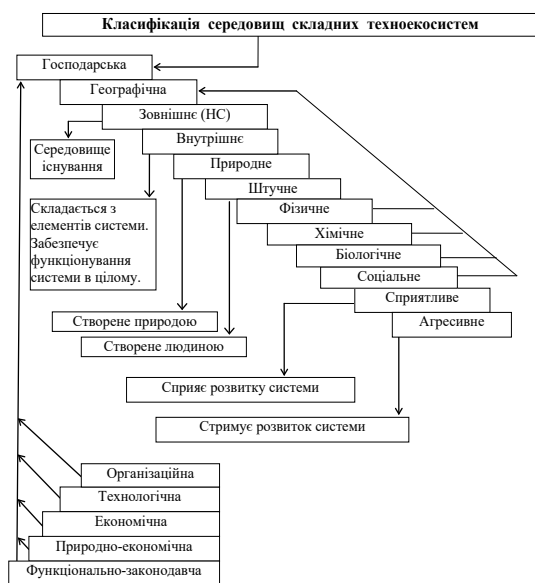


Рис. 1. Характеристика зв'язків між природними та технічними компонентами техноекосистем

На рис. 2 відображено етапи еволюції складної техноекосистеми (стадії її перетворення в межах періоду існування). Інтерпретація класифікації у часовому вимірі показує розвиток складних техноекосистем від їх виникнення, становлення, повного формування, розквіту до занепаду, повної деградації та переходу в якісно іншу систему.

Основними ознаками системності складних техноекосистем є: цілісність; структурованість; взаємозв'язок частин; підпорядкованість частин одній меті; алгоритмічність діяльності (у логічному розумінні).

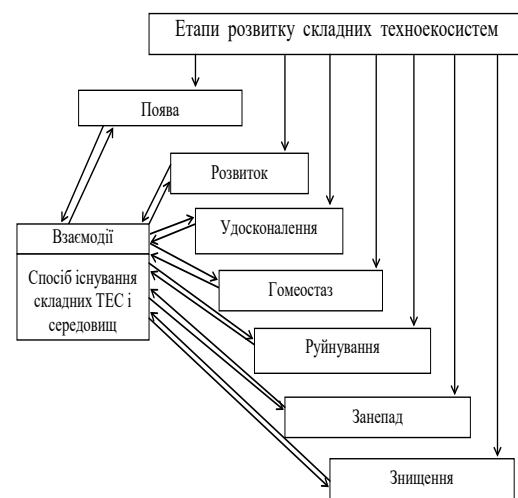


Рис. 2. Етапи розвитку складних техноекосистем

Кожна техноекосистема існує доти, доки вона зберігається як цілісний об'єкт. Збереження тісно пов'язане з якістю техноекосистем. Будь-яка якісна визначеність існує доти, доки зміни, яких зазнає техноекосистема, не призведуть до виникнення нової якості і, як наслідок, до нової техноекосистеми.

Будь-яка техноекосистема має межу, яка відділяє її від зовнішнього світу. Межі слід визначати за низкою параметрів. Виділена з навколишнього середовища техноекосистема повинна бути автономною, цілісною, мати певні якісні показники, закономірні внутрішні зв'язки і постійно взаємодіяти із зовнішнім світом.

Отже, цілісність системи – це спільність елементів, які складають систему і утворюють структурно-функціональну єдність.

Цілісні системи характеризуються наступними ознаками:

- порівняно високим (в межах даного класу) розвитком внутрішніх взаємодій, зв'язків і відносин;

- зміною основних елементів, причому поза даного цілого, найбільш диференційовані з них взагалі не можуть довго існувати;

- різним вираженням самостійності всієї системи як цілого;

- виділенням «провідної ланки», а також внутрішніх і зовнішніх зв'язків;

- чільною роллю цілого по відношенню до «основних відносно неподільних елементів»;

- кодованим відображенням або програмуванням властивостей цілого в спеціалізованих підсистемах і навіть в деяких елементах попередніх рівнів (рефлекторність систем).

Матеріальні утворення тільки тоді є системами в тому чи іншому сенсі «цілісними», коли вони являють собою об'єктивно існуючі об'єднання. У той час як термін «ціле» вживається щодо всяких сукупностей речей, властивостей і явищ, у тому числі щодо таких, складові яких не об'єднані ніякими значущими зв'язками і залежностями. Слід мати на увазі, що при однаковій безлічі одних і тих же елементів можуть утворюватися різні системи. Також подібні системи можуть утворюватися з різних елементів.

Кожна техноекосистема має певну структуру, організацію, предметний склад, має конкретні фізичні, хімічні, біологічні та інші властивості, що відрізняє її від будь-якої іншої системи. З моменту свого виникнення техноекосистеми проявляють індивідуальність і відносну самостійність по відношенню до навколишнього середовища. Ці якості необхідні для того, щоб забезпечити системі стійкість у процесах життєдіяльності.

Саме існування техноекосистеми і середовища, в якому вона функціонує, обумовлене їх взаємним впливом один на одного, тобто взаємодією. Взаємодія визначає структурну організацію будь-якої системи, її властивості, об'єднання разом з іншими аналогічними системами в систему вищого порядку.

Кожна техноекосистема постійно змінює не тільки форму, але й свій якісний зміст. Незалежно від характеру, до певного моменту система залишається саме даною, а не іншою системою, тобто зберігає свою якісну визначеність. Це дозволяє стверджувати, що межа системи, за якою починається навколишнє середовище, пролягає там, де закінчується її якісна визначеність.

Техноекосистеми є функціональними територіальними одиницями нообіогеоценозів, які включають підсистеми: нооценозу (засоби праці, суспільство, предмети праці), біоценозу (зоо-, фіто-, мікробіоценоз) і екотопу (атмосфера, ґрунти, надра, гідросфера).

Техноекосистема – це відносно самостійна система, яка структурно включає природні, промислові, аграрні і комунально-побутові об'єкти, які функціонують як єдине ціле. Техноекосистеми об'єднують в єдину соціально-економічну систему функціонально та територіально пов'язані промислові, сільськогосподарські, комунальні та інші виробництва, забезпечуючи тим самим комплексне використання природних ресурсів. Проте в цих поняттях природна і техногенна компоненти існують паралельно, не об'єднуючись в єдине ціле, лише на рівні елементів системи.

Гірничодобувні техноекосистеми. Рушійною силою процесів техногенного впливу на природне середовище при формуванні відкритих техноекосистем гірничодобувних виробництв є процеси видобутку, переробки і використання ресурсів в рамках мінерально-сировинного комплексу. В залежності від компонента нообіогеоценозу, на який направлена дія, вплив чи взаємодія, системоутворюючі процеси розподіляються на технологічні, геомеханічні, геохімічні, геологічні, гідрогеологічні, біологічні, ландшафтно-географічні і соціальні.

Техноекосистема мінерально-сировинного комплексу може функціонувати тільки при безперервному надходженні ззовні матеріальних та енергетичних ресурсів. При зупинці такого постачання одразу ж включаються деструктивні процеси її розвалу (затоплення, оповзання, заростання та ін.). Крім того, вона більш уніфікована, тому її можна

розглядати у загальному вигляді, без прив'язки до конкретної території. На рис. 3 показана систематизація взаємодіючих чинників техноекосистеми.

Територіальні відмінності впливу функціонування регіональних техноекосистем на екологічну ситуацію, які зумовлені природними і соціально-економічними особливостями цих територій, також у загальному вигляді, можуть бути уніфікованими. Проблема екологічної безпеки охоплює "техно-", "біо-", "гео-" і "соціосфери". Це обумовлює необхідність орієнтації на системний підхід. При системному підході промислове виробництво розглядається як фактор, який обумовлює просторові параметри впливу на природне середовище, а природне середовище території – як фактор, що визначає умови розвитку цього виробництва. Взаємодія цих об'єктів здійснюється у рамках соціальної інфраструктури території розташування такого підприємства.

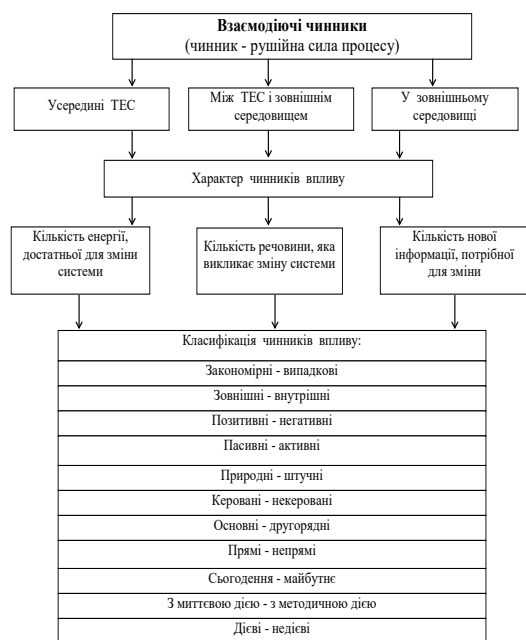


Рис. 3. Систематизація взаємодіючих чинників техноекосистеми

Відомий спеціаліст з територіальної організації К. Арві пише: «Справжня проблема нашого часу не матеріальна, а просторова. Це – проблема масштабів, пропорцій та розмірів. Єдиний спосіб її вирішення – це зробити так, щоб людина знову могла відновити контроль за

пропорціями суспільства, в якому вона живе».

Гірничопромисловий комплекс як техноекосистема має обмежений період існування і розглядається на стадії проектування, оптимального функціонування та ліквідації. Природна складова техноекосистеми представляє сукупність природних ресурсів і процесів, які в них відбуваються, а також показників, які описують стан природних ресурсів та процесів. Під техногенною складовою техноекосистеми розуміють гірничий комплекс із всіма його об'єктами та процесами, об'єднуючими ці об'єкти та їх елементи. Елементи, як в природних, так і в технологічних системах пов'язані певними залежностями, процесами, які змінюються в часі та в просторі. Структура системи, тобто відношення її елементів, є просторово-часовою. Просторовий аспект відображає порядок розташування елементів у системі, часовий – зміну стану системи з часом і як наслідок рух системи. При цьому теоретичні аспекти проблеми базуються на розгляді системи з точки зору ієрархічної, функціональної та компонентної структур.

Встановлено, що екологічний стан більшості гірничопромислових комплексів є критичним, а розширення масштабів порушення навколишнього середовища надалі випереджає ріст об'ємів та ефективності природоохоронних робіт. Негативні наслідки результатів гірничої діяльності безпосередньо пов'язані зі складним технологічним процесом видобутку корисної копалини, який на сьогодні ведеться трьома методами: підземна розробка родовищ; відкрита розробка, геотехнологічний метод і при цьому формує такі джерела підвищеного екологічного ризику як кар'єр, шахта, зони накопичення відходів виробництва (відвал, хвостосховище).

Вивчення та прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки території, зокрема, оцінка напружено-деформованого стану порід в місцях розвитку геомеханічних та інженерно-геологічних порушень і аналіз геохімічних змін в місцях накопичення гірничих відходів.

Реальний процес формування та розвитку техноекосистеми супроводжується

закономірним використанням природних ресурсів та антропогенними змінами біогеоценозів природних ландшафтів або властивостей екосистеми з боку об'єктів природи. Причому характер таких змін обумовлений регіональними особливостями трансформованих природних ландшафтів. В реальних умовах число накопичених локальних змін, а також послідовність їх проявів та характер змін - випадкові фактори та їх статистичні характеристики пов'язані із функцією екологічної надійності системи.

В такій постановці накопичувані локальні зміни можна розглядати як систему із закономірною тенденцією зниження стійкості по відношенню до зовнішнього техногенного впливу. Поступово в системі формується перехід з одного стану в інший, спочатку без явного накопичення антропогенних змін, тобто рівновага системи не порушується, далі відбувається локальна втрата рівноваги і кінцевий варіант – це перехід системи до граничного стану.

Варто відмітити, що екологічний регламент функціонування гірничопромислового комплексу характеризується допустимими антропогенними рівнями відповідних факторів, тому важливо, щоб функціональні характеристики не були зростаючими функціями часу антропогенних змін.

Аналіз таких факторів та функцій методологічно оправданий з позиції теорії надійності складних систем із накопиченням порушень, оскільки в його основі лежить припущення про те, що поява порушень не викликає моментальної відмови системи (будь-якому об'єкту природи властивий захисний механізм, який забезпечує локальну опірність, адаптацію, компенсаційну можливість).

Вивчення техногенних порушень довкілля в їх взаємозв'язку із структурою гірничого виробництва дозволило встановити, що вплив відбувається по напрямках, які відповідають природним ресурсам, залученим прямо чи опосередковано у виробничий процес. Навколо кожного технологічного об'єкту формується, як правило, декілька зон техногенного впливу на компоненти природи (зона забруднення атмосфери, зона відчуження земель, зона геохімічного забруднення і т.д.). Кожному джерелу

впливу на довкілля може відповідати декілька зон техногенного впливу. Отже, основою екологічного аналізу та прогнозування є виділення зон техногенного впливу від окремих джерел гірничого підприємства, зокрема технологічних об'єктів, зон накопичення відходів, технологічних операцій.

Закономірний процес техногенно-антропогенних змін техноекосистеми в період її функціонування обумовлює об'єктивну необхідність відновлення втрачених властивостей природних ландшафтів у відповідності з характером змін. Суть відновлення системи полягає в тому, щоб шляхом направлених організаційно-технічних дій попередити прояв небезпечних порушень стійкості техноекосистеми і забезпечити збереження її екологічної безпеки. При цьому слід виділити дві форми екологічного відновлення: природне – за рахунок власних ресурсів природи і штучне – за рахунок керування техногенними процесами.

Головним і загальним недоліком існуючих наукових досліджень є недостатня реалізація системного підходу в науковому вирішенні гірничо-екологічних завдань. Екобезпека як найбільш дієвий критерій стану території визначає можливість появи екологічно екстремальних ситуацій, а традиційний напрям аналізу техноекосистем полягає у вивченні закономірних тенденцій розвитку екстремальних ситуацій.

Керований контроль станом техноекосистеми представляє собою комплекс направлених заходів по накопиченню та ефективному використанню різнохарактерної інформації, яка використовується для оптимального нормування, раціонального планування та оперативного довгострокового прогнозування показників стану техноекосистеми, що дозволять запобігти розвитку небезпечних геологічних процесів.

Процедура оцінки стану довкілля в межах визначення стратегії керування базується на зіставленні природних і техногенних умов та чинників, які дозволяють встановити параметри стійкості досліджуваної частини геологічного простору за існуючої техногенної ситуації.

Механізм керуючих дій екобезпекою ґрунтується на:

- врахуванні вимог в межах державних законів і програмних документів;

- використанні загальних та розробки нових наукових положень у формуванні сталого розвитку;

- визначенні економічної ефективності та екологічних наслідків впливу;

- виділенні і локалізації найбільш процесонебезпечних територій, які потребують першочергової реалізації технічних методів регулювання впливу на довкілля.

На поточному етапі розвитку нашої держави та в її найближчому майбутньому значну і зростаючу роль буде мати проблема закриття гірничих підприємств та трансформації техногенних ландшафтів в природний стан, наскільки це можливо з точки зору технічних, технологічних, економічних умов в контексті вирішення пріоритетних екологічних проблем.

Поняття збалансованості складних техноекосистем. Збалансованість в контексті понять стійкого розвитку суспільства чи розвитку техноекосистем є синонімічним з поняттям гомеостазу, рівноваги, узгодженості, довготривалості існування тощо.

Необхідність забезпечення збалансованості техноекосистем викликана деструктивною роллю техногенної компоненти в цій системі.

Тому у самому загальному випадку збалансованість забезпечується за такого впливу техногенної компоненти на складові природного середовища, за якого змінені людиною природні процеси забезпечують довготривале (умовно безкінечне) існування техноекосистеми. Тобто при функціонуванні техноекосистем не можна переходити або перевищувати деякі параметри впливу техногенних складових на природні компоненти задля збереження властивостей довкілля щодо самоорганізації і саморегуляції. Проведення господарських заходів в межах техноекосистеми є раціональним лише при визначених оптимальних розмірах (параметрах) без переходу за ці межі в менший чи більший бік.

Збалансованість можна оцінювати також за енергетичними категоріями. У цьому випадку порівнюють величину витрат на протікання деструктивних (ентропійних) процесів із витратами на забезпечення

стаціонарного (стабільного) стану техноекосистеми.

Стаціонарність складних техноекосистем є відповідником стану рівноваги простих систем. Однак щодо складних техноекосистем можна користуватися лише терміном «динамічної рівноваги».

При динамічній рівновазі потоки зовнішньої енергії витрачаються на протистояння (ліквідацію) деструктивних тенденцій у системі, які (при неприйнятті певних заходів) могли б спровокувати порушення функціональних причинно-наслідкових зв'язків між елементами системи.

Невизначений стан – відзначається тим, що починають наростати деструктивні тенденції у системі, які зумовлюють певні порушення функціональних причинно-наслідкових зв'язків між елементами. Стійкість системи дещо втрачається, все більшої ваги набирає дія зовнішніх випадкових факторів, оскільки їхня дія не визначається законами системи. Відбувається перехід від динамічної рівноваги до невизначеності подальшого стану розвитку.

Хаотичний стан – повна руйнація всіх внутрішньосистемних взаємовідношень і закономірностей протікання процесів на основі притаманних цій системі законів та перехід під повний вплив зовнішніх факторів. Зовнішнє середовище починає настільки сильно впливати на елементи системи, що вони втрачають єдність між собою, діють як відокремлені об'єкти, а отже не контролюються системою в цілому. Функціональні зв'язки майже не простежуються, система, загалом, визначається випадковим фактором.

Виходячи із необхідності забезпечення збалансованості елементів техноекосистеми, неодмінною умовою є територіальна ув'язка взаємозв'язків окремих природоексплуатуючих об'єктів. Ув'язка полягає в узгодженні між ними інтенсивності, обсягу та видового складу ресурсів і оптимізації їх взаємодії з компонентами природного середовища. В результаті такої ув'язки відбувається обов'язкове протистояння природних, соціально-економічних та екологічних наслідків. Для вирішення цієї суперечності необхідно правильно визначити пріоритети

в системі цілей природокористування в територіальних межах техноекосистеми.

Природно, що для умов гірничодобувного регіону не може бути єдиного критерію, який підходив би для всієї його території (території техноекосистеми гірничодобувного комплексу). Тому відправним моментом повинен слугувати аналіз і районування природних, соціально-економічних особливостей регіону та оцінка стабільності стійкості виділених ареалів природного середовища.

За просторовим розташуванням та екологічними особливостями біогеоценозів території можуть бути розділені на такі, що особливо охороняються, з особливим контрольованим режимом природокористування та перетворювані [4].

Території, які особливо охороняються повністю чи частково, постійно чи тимчасово виключені з традиційного господарського обороту і призначені для збереження і поліпшення властивостей навколишнього середовища людини, охорони і відтворення природних ресурсів, захисту природних і штучних об'єктів і явищ, що мають наукове, історичне, господарське, рекреаційне чи естетичне значення [5]. На цих територіях екологічні цілі домінують над усіма іншими, в тому числі і економічними.

До перетворюваних територій належать ділянки, відчужувані під технологічні об'єкти гірничого виробництва, при спорудженні і в процесі експлуатації яких відбувається докорінна зміна біогеоценозів, що виключає повністю або частково їх традиційне господарське використання. На цих територіях переважають економічні цілі з деякими екологічними обмеженнями.

Особливо контрольовані території займають проміжне місце між двома наведеними вище градаціями територій. Тут пріоритети рівномірно розподілені між наступними головними завданнями: забезпеченням необмеженого в часі збереження унікальних природних об'єктів, особливо цінних екологічних систем або якостей географічного середовища; головними цільовими завданнями соціального та економічного розвитку; удосконалення суспільного виробництва та невикористаної сфери. Отже, ці території

залучаються тією чи іншою мірою до сфери впливу гірничодобувного підприємства.

Необхідність забезпечення збалансованості техноекосистем викликано деструктивною роллю техногенної компоненти в цій системі. Тому збалансованість забезпечується за такого впливу техногенної компоненти на складові природного середовища, за якого змінені людиною природні процеси забезпечують довготривале (умовно безкінечне) існування техноекосистеми.

Стан збалансованості техноекосистеми означає таке функціонування її техногенної компоненти, за якого забезпечуються властивості природної саморегуляції взаємозв'язків в екосистемі з досягненням чітко визначеної послідовності фізико-хімічних та біологічних явищ (процесів), обумовлених внутрішніми та зовнішніми обмеженнями, які призводять до збереження функціонально єдиного цілого (рис. 4).



Рис. 4. Принципи збалансування техноекосистем

Найбільш дієвим способом збалансування є організація природно-направлених процесів, а не технічних систем впливу. У випадку неприйняття конструктивних (стабілізуючих) заходів складна техноекосистема може перейти спочатку у невизначений, а потім у хаотичний стан і далі до повної деградації.

Висновок.

Необхідність забезпечення збалансованості техноекосистем викликана деструктивною роллю техногенної компоненти в цій системі. Тому

збалансованість забезпечується за такого впливу техногенної компоненти на складові природного середовища, за якого змінені людиною природні процеси забезпечують довготривале (умовно безкінечне) існування техноекосистеми. Стан збалансованості техноекосистеми означає таке функціонування її техногенної компоненти, при якому забезпечуються властивості природної саморегуляції взаємозв'язків в екосистемі з досягненням чітко визначеної послідовності фізико-хімічних та біологічних явищ (процесів) обумовлених внутрішніми та зовнішніми обмеженнями, які призводять до збереження функціонально єдиного цілого. Збалансованість техноекосистем є передумовою їхньої стійкості. В основі стійкості техноекосистем і біосфери в цілому лежить широкий комплекс механізмів та їх структурних особливостей. Головний фактор стійкості техноекосистем – це наявність в ній живої матерії. У загальному вигляді поняття саморегуляції техноекосистем зводиться до властивості біологічних систем автоматично встановлювати і підтримувати на визначеному, відносно постійному рівні ті чи інші фізіологічні або біологічні показники. При саморегуляції чинники, які керують техноекосистемою, не впливають на регульовану систему ззовні, а виникають в ній самій.

Список літератури

1. Звіт з НДР за 2015 рік «Розробка наукових основ збалансованого функціонування складних техноекосистем та шляхи його досягнення», – Дніпропетровськ: ІППЕ, 2015. 130 с.
2. Звіт з НДР за 2017 рік «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення» Київ: ДЕА, 2017. 99 с.
3. Звіт з НДР за 2018 рік «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення» Київ: ДЕА, 2018. 50 с.
4. Loreau M. S. Naeem, P. Inchausti Biodiversity and ecosystem functioning. Synthesis and Perspectives. Oxford: University Press, 2002. 294 p.
5. Balvanera P. Pfisterer A.B., Buchmann N. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. Ecology Letters. 2006. Vol. 9, № 10. P. 1146-1156.
6. О.А. Улицький, В.М. Єрмаков, О.В. Луньова, О.В. Буглак Оцінка еколого-техногенних загроз і ризиків екологічній безпеці урбоекосистем навколо

вуглевидобувних підприємств Донбасу. Зб. наук. ст. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення»/ УКРНДІЕП. Х.: ФОП Столярова І.П., 2018. С. 339-347.

7. O. Ulytsky V. Yermakov, O. Lunova, O. Buglak Environmental risks and assessment of the hydrodynamic situation in the mines of Donetsk and Lugansk regions of Ukraine. Journal of Geology, Geography and Geoecology Vol. 27 (2). Dnipro 2018. P.368-376.

[doi:https://doi.org/10.15421/111861](https://doi.org/10.15421/111861)

8. Качинський, А. Б. Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи / А. Б. Качинський. – К. : ІПНБ, НАСБУ, 2004. – 472 с.

9. В.Г. Лисиченко, Ю.Л. Забулонов, Г.А. Хміль, Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів – К.: Наук. думка, 2008 – 542 с.

10. May R. and McLean A. Theoretical Ecology. Principles and Applications, Oxford University Press Inc., New York. 2007. 268 pp.

9. Г.Г. Півняк, М.М. Табаченко, Р.О. Дичковський, В.С. Фальштинський Керування ризиками в гірничодобувній діяльності: монографія. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Д.: НГУ, 2015. – 288 с.

10. Ліпкан В.А. Національна безпека України: навчальний посібник: Київ: КНТ, 2009. 576с.

11. Шмандій В.М., Клименко М.О. Екологічна безпека: Підручник– Херсон: Олді –плюс, 2013. -366 с.

12. Ulytsky O. Risk of man-made and ecological disasters on the filter stations in the Donetsk and Luhansk regions/ O. Ulytsky V. Yermakov, O. Buglak, O. Lunova // Journal of Geology, Geography and Geoecology Vol. 27 (1) Dnipro – 2018. P.138-147..

[doi: https://doi.org/10.15421/111861](https://doi.org/10.15421/111861)

13. Бондар О., Улицький О., Єрмаков В. Звіт про надання послуги «Проведення оцінки та вивчення техногенного стану Донецької та луганської областей з метою розробки рекомендацій щодо природно-ресурсного відновлення на екологічних засадах. Київ: ДЕА, 2017. 75 с.

14. В.Г. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев, Ю.Л. Забулонов, Ю.Є. Тищенко Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління/ Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів К.: Наук. думка, 2014 328 с.

15. Рудько Г.І., Бондар О.І., Є.А. Яковлев, О.А. Машков, С.А. Плахотній, В.М. Єрмаков Екологічна безпека вугільних родовищ України/ монографія, ВВД Бук Рекм: м. Чернівці 2016, 608 с.

References

1. Zvit NDR № derzh. reiestratsii 0107U011874 Rozrobka naukovykh osnov zbalansovanoho funktsionuvannya skladnykh tekhnookosystem ta shliakhy yoho dosiahnennia (2015) A.H. Shapar, O.O. Skrypnyk, P.I. Kopach, O.V.Lunova/ IPPE NAN Ukrainy m. Dnipropetrovsk,. 130p. [in Ukrainian].
2. Bondar O.I., Ulytskyi O.A., Yermakov V.M., Lunova O.V. ta in. (2018) Zvit pro naukovo-doslidnu robotu «Monitorynh vykonannia pryrodookhoronnykh robit ta ekolohichnoho stanu pryrodnoho dovkillia diiuchykh ta likvidovanykh vuhilnykh pidpryemstv, rozroblennia propozyitsii shchodo yoho polipshennia» № DR 0116U005852 (protokol № 8-18 vid 22.11.2018 p.) / Minenerhovuhillia, m.Kyiv 52 p. [in Ukrainian].

3. Malymon S.S. (2009) Osnovy ekolohiyi [Fundamentals of ecology]. Textbook. Vinnytsya: Nova Knyga, 240 p. [in Ukrainian].
4. Loreau M. Biodiversity and ecosystem functioning. Synthesis and Perspectives (2002) M. Loreau, S. Naecom, P. Inchausti. – Oxford: University Press, 294 p.
5. Balvanera P. (2006) Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services / P. Balvanera, A.B. Pfisterer, N. Buchmann [et al.] // Ecology Letters. Vol. 9, № 10. P. 1146-1156.
6. Dzhygyrey V.S. (2007) Ekolohiya ta okhorona navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha [Ecology and environmental protection]. Textbook. Kyiv: Znannya., 422 p. [in Ukrainian].
7. Dobrovolsky V.V. (2005) Osnovy teorii ekolohichnykh system [Fundamentals of the theory of ecological systems]. Textbook. Kyiv, «Professional», 272 p. [in Ukrainian].
8. Lavryk V.I. (2002) Metody matematychnoho modelyuvannya v ekolohiyi [Methods of mathematical modeling in ecology]. Kyiv, Publishing house «KM Academy», 203 p. [in Ukrainian].
9. Lysychenko G.V., Zabulonov Ju.L., Khmil G.A. (2008) Pryrodnyy, tekhnohennyi ta ekolohichnyy ryzyky: analiz, otsinka, upravlinnya [Natural, man-made and environmental risks: analysis, evaluation, management]. Kyiv: Nauk. Dumka, 542 p. [in Ukrainian].
10. Talanchuk P.M., Golubkov S.P., Maslov V.P. and others. (1991) Sensory v kontrol'no-izmeritel'noy tekhnike [Sensors in the control and measurement technology]. Kiev, Tekhnika, 175 p. [in Russian].
9. Maslov. V.P. (2005) Fiziko-tekhnologicheskiye problemy obespecheniya rabotosposobnosti optoelektronnykh sensornykh priborov pri ekstremal'nykh usloviyakh [Physical and technological problems of ensuring the operability of optoelectronic sensor devices under extreme conditions]. Sensorna elektronika i mikrosistemni tekhnolohiyi [Sensory electronics and microsystem technology], vol.1, p. 57–62. [in Russian].
10. Verkhovtsev V.V. (2005) Prikladnyye (poiskovyye i inzhenerno-geologicheskiye) aspekty izucheniya platformennykh geostruktur Ukrainy [Applied (prospecting and engineering-geological) aspects of the study of platform geostructures of Ukraine] Ekolohiya dokilllya ta bezpeka zhyttyediyalnosti [Environmental ecology and life safety]. no. 3, pp. 80-92 [in Russian].
11. Verkhovtsev V. (2007) Noveyskiye platformennyye geostrukturny Ukrainy i dinamika ikh razvitiya [The latest platform geostructures of Ukraine and the dynamics of their development] Dissertatsiya doktora geologicheskikh nauk [Dissertation of the doctor of geological sciences]. Kiev, 423 p. [in Russian].
12. Ulytsky O. (2018) Risk of man-made and ecological disasters on the filter stations in the Donetsk and Luhansk regions/ O. Ulytsky V. Yermakov, O. Buglak, O. Lunova // Journal of Geology, Geography and Geoecology Vol. 27 (1) Dnipro. P.138-147. DOI <https://doi.org/10.15421/111861>
13. Bondar O. Ulytsky O., Yermakov V. (2017) Zvit pro nadannya poslugy "Provedennya otsinky ta vyvchennya tekhnogennogo stanu Donetskoï ta Luganskoï oblasti z metoyu rozrobky rekomendatsii shchodo pryrodno-resursnoho vidnovlennya na ekolohichnykh zasadakh" [Report on the provision of the service "Assessment and study of the ecological and man-made state of Donetsk and Luhansk regions in order to develop recommendations on environmental rehabilitation on an ecological basis"] [in Ukrainian].
14. Lysychenko G., Zabulonov Y., Khmil G. (2008) Pryrodnyy tekhnogennyi ta ekolohichnyy ryzyky: analiz, otsinka, upravlinnya [Natural man-made and environmental risks: analysis, evaluation, management] K.: Joint-Stock Company «Vitol» [in Ukrainian]., 544
15. Rudko G., Yakovlev O. and other (2016) Ekologichna bezpeka vugilnykh rodovysch [Ecological safety of coal deposits of Ukraine] monography, VVDBuk Rekm, Chernivtsi. 608 [in Ukrainian]

Надійшла до редакції 07.02.2019

Рецензент д-р. фізико-мат. наук, с.н.с. В. М. Ващенко.

Єрмаков Віктор Миколайович – доктор технічних наук, доцент, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, директор Центру еколого-ресурсного відновлення Донбасу Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Мінприроди; (03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2).

e-mail: evn54@ukr.net

Луньова Оксана Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент, науковий співробітник Центру еколого-ресурсного відновлення Донбасу Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Мінприроди; (03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2).

e-mail: lunovaov@ukr.net

Аверін Дмитро Геннадійович – національний асистент СЕІС в Україні Європейського екологічного агентства, експерт Координатора проєктів ОБСС в Україні з питань екології Донбасу (03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35).

e-mail: averindg@gmail.com

THE MAIN FEATURES OF COMPLEX TECHNO-SYSTEMS AND THEIR BALANCE

Purpose. The study aims consists in elaborating of a scientific bases and ways allowing gaining the balanced functioning of complex techno-ecosystems. Under the research object the paper understands the functioning process of complex techno-ecosystems.

Research Methods. The study used a complicated approach, which involves analysis of references, statistics, analytics, graphical-analytical method, expert estimation, mathematical simulation, technical-economical analysis, etc.

Results. In the study the authors researched the mechanism of interaction between nature and technogenic system; formalized the technological component of techno-ecosystem; analyzed and formalized the providing mechanism of homeostasis for simple systems; determined the stability and recovering mechanisms for nature components of techno-ecosystem; researched the mechanisms and defined the destabilization patterns of nature ecosystem that occur due to technogenic influence.

Scientific innovation. The paper researched the mechanisms and defined the destabilization patterns of nature ecosystem that occur due to technogenic influence

Practical implication. Contemporary environment is managing by rising complication of technological and technical systems, which operate directly in nature surrounding or with their participation. The surrounding world is a set of infinite number of various interacted features, which can be considered as a new system taking into account some generalization principles. Systematic is a common property of material world, which might be called as a form of matter existence, i.e. space, time, motion, structuredness are particular aspects of systematic world. The paper describes the sustainability mechanism and renovation of techno-ecosystem components.

Keywords: mining techno-ecosystem, balanced functioning, hierarchy of techno-ecosystem components, monitoring, the best achievable technology.

Yermakov Viktor – PhD, Laureate of the State Award of Ukraine in the field of science and technology, Principal of the Environmental and Resource Rehabilitation Center at Donbas State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, (03035, Kyiv, Mytropolyta Vasyla Lypkivskoho str., 35).

e-mail: evn54@ukr.net

Lunova Oksana, PhD, scientific team member at Environmental and Resource Rehabilitation Center of the Donbas State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine; (03035, Kyiv, Mytropolyta Vasyla Lypkivskoho str., 35).

e-mail: lunovaov@ukr.net

Dmytro Averin, PhD student, National SEIS Assistant for Ukraine in the European Environment Agency, expert of the OSCE Project Co-ordinator in Ukraine on environment of Donbas region; (03035, Kyiv, Mytropolyta Vasyla Lypkivskoho str., 35).

e-mail: averindg@gmail.com

ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЭКОСИСТЕМ И ИХ СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ

Цель работы заключается в разработке научных основ и путей достижения сбалансированного функционирования сложных техноэкоцистем. Объектом исследования являются процессы функционирования сложных техноэкоцистем.

Методы исследований. В исследованиях используется комплексный подход, включающий анализ литературных источников, статистический, аналитический, графоаналитических, экспертных оценок, математического моделирования, технико-экономический анализ при разработке научных основ и путей достижения сбалансированного функционирования сложных техноэкоцистем.

Результаты. Исследован механизм взаимодействия природных и техногенных систем, формализованы технологическую компоненту техноэкоцистемы. Проанализированы и формализованы механизм обеспечения гомеостаза для простых систем. Определен механизм устойчивости и восстанавливаемости природных компонентов техноэкоцистемы. Исследованы механизмы и установлены закономерности дестабилизации природных экосистем происходит под влиянием техногенных факторов.

Научная новизна. Установлены закономерности дестабилизации природных экосистем, что происходит под влиянием техногенных факторов.

Практическая значимость. Современное природопользования идет по пути дальнейшего осложнения технологических и технических систем, функционирование которых происходит непосредственно в природной среде или при участии его компонентов. Окружающий нас мир представляет собой совокупность бесконечного количества разного рода объектов, между которыми существуют соответствующие отношения и которые, по некотором этапе обобщения, составляют ту или иную систему. Системность является всеобщей свойством материального мира, которую можно назвать формой существования материи, а именно: пространство, время, движение, структурированность представляют собой частичные аспекты системного мира. В работе определен механизм устойчивости и восстанавливаемости природных компонентов техноэкоцистемы.

Ключевые слова: горнодобывающая техноэкоцистема, сбалансированное функционирование, иерархия компонентов техноэкоцистемы, мониторинг, лучшая доступная технология.

Ермаков Виктор Николаевич – доктор технических наук, доцент, лауреат Государственной премии Украины в области науки и техники, директор Центра эколого-ресурсного восстановления Донбасса Государственной экологической академии последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины; (03035, г. Киев, ул. Митрополита Василия Липковского, 35, корп. 2).

e-mail: evn54@ukr.net

Лунева Оксана Владимировна – кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник Центра эколого-ресурсного восстановления Донбасса Государственной экологической академии последипломного образования и управления Министерства экологии и природных ресурсов Украины; (03035, г. Киев, ул. Митрополита Василия Липковского, 35, корп. 2)

e-mail: lunovaov@ukr.net

Аверин Дмитрий Геннадиевич – национальный ассистент SEIS в Украине Европейского экологического агентства, эксперт Координатора проектов ОБСЕ в Украине по вопросам экологии Донбасса; (03035, г. Киев, ул. Митрополита Василия Липковского, 35).

e-mail: averindg@gmail.com