УДК 622.88:303.094:001.8

П.І. КОПАЧ, *канд. техн. наук, заступник завідувача відділу екологічних основ технологій природокористування Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна*
Т.Т. ДАНЬКО, *головний технолог відділу екологічних основ технологій природокористування Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна*
Н.В. ГОРОБЕЦЬ, *головний технолог відділу екологічних основ технологій природокористування Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна*

МЕТОДОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СКЛАДНИХ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ ГІРНИЧОДОБУВНИХ РАЙОНІВ

В роботі розкрито поняття складної техноекосистеми. Запропоновано методологію оцінки складних техноекосистем, в основу якої покладено поєднання експертного методу визначення стану техноекосистеми та методу математичного моделювання. Методологія може бути основою для підготовки управлінських рішень щодо шляхів досягнення параметрів збалансованого функціонування складних техноекосистем.

Ключові слова: **складні техноекосистеми, комплексна оцінка, сталий розвиток.**

Вступ

Оцінка ефективності природокористування поставала на кожному етапі розвитку цивілізації. На даному етапі науково-технічного розвитку вона повинна провадитися перманентно, а методологія цієї оцінки переглядатися (виходячи з інтенсивності змін) не рідше ніж через п’ять років.

Це пояснюється постійною мінливістю ситуацій в природокористуванні, новими можливостями техніки та оновленням технологій. Початок нового століття відзначається більше песимістичними, ніж оптимістичними поглядами на перспективи розвитку існуючих технологій природокористування.

Сучасна людина незадоволена наявними технологіями і хотіла би володіти іншими. Це обумовлено, насамперед, регулярно виникаючими катастрофічними збоями у функціонуванні основоположних технологій і пов'язаною з цим системною екологічною кризою, яка охоплює усе більші області промислово розвинутих регіонів і набуває глобальних масштабів.

Постановка проблеми

Оцінка ефективності технологій природокористування в своїй основі базується на необхідності забезпечення безпеки життєдіяльності людини, населення, людства. Ця оцінка має міждисциплінарний характер. Різні фахівці можуть підходити до проблем оцінки ефективності природокористування з різних теоретичних позицій, з різних сфер знання з різноманітними світоглядними чи науковими установками і, відповідно, в основу цієї оцінки покладати різні її сторони: економічну, екологічну, прагматичну, технологічну, соціальну та ін.

Ми вважаємо, що всі підходи дуже корисні, тому що відображають рівень або наукового чи теоретичного аналізу, або певні матеріальні, наукові чи соціальні зв'язки в природно-техногенній системі природокористування, або його культурний контекст. Будь-які спроби створення методик оцінки в рамках окремої дисципліни не можуть вичерпно відобразити сутності даного питання. Причина цього полягає, насамперед, у відносній невичерпності самих можливостей природокористування і здатності людини за

© Копач П.І., Данько Т.Т., Горобець Н.В., 2014

допомогою нових пізнавальних засобів виявляти нові сторони, змістовні зв'язки, можливості і обмеженості природокористування.

Тому автори запропонованої методології не наполягають на остаточності даного підходу, зважаючи на складність досліджуваного об’єкту і продовжують працювати над її удосконаленням. Ми переконані в необхідності її широкого використання при прийнятті будь-яких рішень, пов'язаних з природою, природокористуванням і технологічними системами.

Принципи вирішення проблеми гармонізації техноекосистем

В основу методології покладено концепцію екогармонізації техноекосистеми. Під техноекосистемою мається на увазі сукупність технічних, технологічних та природних структур і елементів (об’єктів), об’єднаних речовинно-енергетичними та інформаційними зв’язками для реалізації певних цілей в єдине функціонально-територіальне утворення, яке виникло на основі взаємозалежностей і причинно-наслідкових зв’язків між окремими його компонентами, а також зовнішнім по відношенню до цієї системи середовищем та зберігається на усіх стадіях функціонування.

Екогармонізація техноекосистеми – це процес цілеспрямованої зміни технологій природокористування шляхом впровадження спеціальних інженерних рішень, які б сприяли підвищенню ефективності використання природних ресурсів, зниженню ресурсоємності виробничих процесів, зменшенню негативного впливу на компоненти навколишнього середовища, в результаті чого природокористування здійснюється з мінімальною витратою речовини і енергії та найменшим негативним техногенним впливом на природні системи і людину.

У вирішенні проблеми взаємодії суспільства і природи приймає участь цілий комплекс фундаментальних наук, наукових і прикладних дисциплін та міждисциплінарних напрямів, які вирішують складну задачу гармонізації цієї взаємодії. Найважливішим напрямом при цьому є взаємодія суспільства з природою у процесі промислового виробництва. Перед ним поставлено завдання в розробці замкнутих, безвідходних та інших «екологічно чистих» технологій, які дозволяють зменшити негативний вплив на природне середовище. Проте завдання оптимізації процесу взаємодії суспільства і природи при такому підході вирішити повною мірою неможливо, оскільки з розгляду виключається головний елемент системи – природа.

Техноекосистеми є функціональними територіальними одиницями нообіогеоценозів. Найчастіше техноекосистеми пронизують своїми структурами усі компоненти нообіоценозів. Ступінь цієї дії може бути виражена такою просторовою ієрархією: нообіогеоценоз; регіональна техноекосистема; територіальний природно-промисловий комплекс; підприємство. В залежності від цієї ієрархії і здійснюється конструювання досліджуваної техноекосистеми.

Особливості техноекосистеми мінерально-сировинного комплексу

Техноекосистема мінерально-сировинного комплексу може функціонувати тільки при безперервному постачанні 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 (без прив’язки до конкретної території) вигляді.

Територіальні відмінності впливу функціонування регіональних техноекосистем на екологічну ситуацію, які зумовлені природними і соціально-економічними особливостями цих територій також, в 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.

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».

Побудова оптимальної структури техноекосистеми в режимі сталого функціонування передбачає дослідження та побудову ідеальної структури техноекосистеми, яка відтворює кінцеву (генеральну) мету її удосконалення. Ідеальна структура техноекосистеми забезпечує її повну гармонізацію з природним середовищем.

Оптимальна структура техноекосистеми є найкраща з можливих на даному етапі розвитку техніки та технологій, яка найбільш повно відповідає соціально-економічним завданням та екологічним вимогам. Важливим етапом є узгодження процесів, які проходять в технологічних та природних системах. Оптимальна структура характеризується ступенем наближення до ідеальної.

Складність техноекосистем. Однією із суттєвих характеристик техноекосистеми є її складність. Для розкриття поняття складності техноекосистеми наведено 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.

Збалансованість компонентів техноекосистеми. Наступним основоположним поняттям складних техноекосистем є ступінь їх збалансованості. 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, 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.

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

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

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

Збалансованість техноекосистем є передумовою їх 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 управляють техноекосистемою, не впливають на регульовану систему ззовні, а виникають в ній самій.

Ієрархія та ранжування компонентів техноекосистеми. У функціональному плані виділено такі компоненти техноекосистем як: соціальне середовище, людина і її здоров'я, біоценоз, земля і ґрунт, поверхневі води, підземні води, надра. Компоненти техноекосистеми знаходяться у визначених взаємозв'язках і взаємодії, що і являє собою структуру техноекосистеми. Стійкість взаємозв'язків і взаємодії компонентів, тобто сама структура, перешкоджає постійній їх зміні, утримуючи ці зміни у визначених межах, чим зберігає техноекосистему від розпаду.

У запропонованій методології важливу роль відіграє ранжування компонентів техноекосистеми, тобто визначення найбільш важливого (середовищеутворюючого) і менш важливого для даної території компонента, оскільки різні компоненти техноекосистеми мають різну значимість для забезпечення її стабільного стану.

Приведення до єдиного показника на верхньому рівні здійснюється з використанням нормуючої функції. Дана функція повинна бути безперервною і змінюватися від деякої встановленої верхньої межі (верхнього бала) до мінімального, який не обмежений знизу при досить великому номері ранжування. В цьому випадку коефіцієнт ранжування для верхнього компонента приймається таким, що дорівнює одиниці. І по співвідношенню вибудовується ранжувальний ряд для решти компонентів техноекосистеми. Розглянуті вище принципи покладено в основу методології оцінки ефективності природокористування.

Методологічні підходи до оцінки складних техноекосистем

Аналізуючи досвід природокористування видно, що при техногенному порушенні будь-якої компоненти техноекосистеми завжди виникає та чи інша зміна в інших її компонентах. Так, наприклад, деяка порція викидів в атмосферу забруднюючих речовин не призупиняє своєї негативної дії після звільнення від них атмосферного повітря. Хімічні сполуки з атмосфери випадають на ґрунт, проникають у ґрунтові води, потрапляють у рослинність, а потім у сільськогосподарські продукти і далі на стіл населення. Методики визначення достовірного ступеню шкоди, яку наносить техногенна компонента техноекосистеми на даний час не існує та мабуть й не може існувати точних кількісних визначень, а встановлення їхніх показників за найбільш скрупульозними розрахунками мають тенденцію до заниження, тому що не враховують віддалені у часі, важко прогнозовані та опосередковані наслідки.

За таких умов доцільним є застосування методик якісної експертної оцінки. Метод експертних оцінок – це найбільш сильний і найбільш відпрацьований з подібних методик.

В основу методології оцінки складних техноекосистем покладено принцип, наведений в роботі [1] і який полягає в експертному визначенні стану техноекосистеми шляхом присвоєння її компонентам бальних оцінок та наступного їх приведення до єдиної оціночної системи методом математичного моделювання. Як експертний спосіб, так і спосіб математичного моделювання мають свої недоліки. У першому випадку - важко створити досить професійно підготовлену групу з 15-20 осіб; суб'єктивний фактор в оцінці експертів; складність узгодження особливих (протилежних) думок експертів. У другому - нормування ваги екологічних об'єктів на основі математичного моделювання утруднений через складність об'єкта.

У нашій роботі зроблено спробу оцінити складну техноекосистему з використанням комбінації двох наведених вище способів. Метод експертних оцінок використано при виборі критеріїв оцінки та встановлення бальності за окремими процесам взаємодії гірничодобувного підприємства та природного середовища. Метод математичного моделювання - при зведенні систем локальних оцінок у єдину комплексну систему.

Принцип визначення бальності при оцінці компонентів техноекосистеми

Визначення бальної оцінки показників компонентів техноекосистеми здійснюється за індивідуальним підходом експерта, але з дотриманням таких вимог:

- діапазон призначення оціночних балів – від 0,01 до 1,0 (1,0 – ідеальний стан або найкращий з можливих; 0,01 – найгірший стан);
- оцінні показники мають найбільш повно висвітлювати проблему кожного з компонентів техноекосистеми;
- кількість оцінних показників для кожної компоненти має бути однаковою (в нашому випадку вибрано п’ять показників).

Нижче наведено основні (найбільш характерні) приклади визначення бальності для техноекосистеми гірничодобувного комплексу.

Комплексну оцінку техноекосистеми будемо проводити по восьми компонентам, а саме: здоров’я людини; соціальне середовище; біоценоз; атмосфера; земля і ґрунт; поверхневі води; підземні води; літосфера (таблиця 1).

На першому етапі вибираємо показники, за якими найбільш повно і характерно можна виявити і прослідкувати якісні та кількісні зміни стану компонентів техноекосистеми.

Комплексна оцінка стану атмосфери в рамках техноекосистеми, наприклад, може бути проведена за такими показниками: хімічне забруднення атмосферного повітря, порушення структурного режиму (інверсійні особливості), порушення динамічних характеристик (вітровий режим), характер впливу опадів, особливі мікрокліматичні умови.

На даний час до найбільш розроблених екологічних нормативів слід віднести геохімічні нормативи, засновані на концепції гранично допустимих концентрацій шкідливих домішок (ГДК). При цьому під ГДК розуміється така концентрація забруднювачів, яка не чинить на людину прямої чи непрямої шкідливої дії, не справляє істотного впливу на рослинність і тварин. За цим показником найчастіше оцінюється забруднення атмосфери, гідросфери і ґрунтів.

Принципи регламентування хімічного забруднення ґрунтів значно відрізняються від прийнятих для повітря і води. Відмінність пояснюється тим, що надходження шкідливих речовин в організм людини безпосередньо з ґрунтів має місце у виняткових випадках і в незначних кількостях. В основному, хімічні сполуки, що знаходяться в ґрунті можуть впливати на людину через контакт із ґрунтом середовища (вода, рослини, повітря). Тому нормуванню підлягають, в першу чергу, ті сполуки, які можуть мігрувати в атмосферне повітря, ґрунтові води або сільськогосподарську продукцію. ГДК для ґрунтів визначається з умови, що при переході сполуки з ґрунтів в рослини, підземні і поверхневі води, атмосферне повітря, вміст у них шкідливої домішки не перевищить встановленого ГДК для харчових продуктів, ґрунтових вод, водойм, атмосферного повітря. Крім того, ГДК для ґрунтів повинна гарантувати відсутність впливу на процеси самоочищення і ґрунтовий мікробіоценоз.

Важливою є оцінка порушеності земель. Її складність полягає в різноманітті видів порушення. При цьому слід враховувати такі особливості:

- площа порушення;
- форма порушення (виїмка, кар'єр, просадна воронка, насип, відвал);
- джерело порушення (кар'єр, шахта, збагачувальна фабрика);
- можливість рекультивації (з урахуванням наявності відповідної техніки та грошових коштів);
- характер поверхні та рослинного покриву (осушення, заболочування, падіння продуктивності, врожайності);
- розміщення споруд (занедбані будівлі, виробничі та інші споруди).

Для оцінки площі порушення в літературі [2] часто застосовується коефіцієнт площинної ураженості K_n, який дорівнює відношенню площі, порушеної тим чи іншим процесом S_n і загальної площі розглянутого району S:

$$K_n = \frac{S_n}{S}. \qquad (1)$$

Для характеристики порушення поверхні можна виділити п'ять типів порушення:

- незначний, який полягає в неглибокому, такому, що рідко зустрічається порушенні поверхні канавами, невисокими насипами, лініями ЛЕП та ін., які дещо утрудняють

Таблиця 1 – Матриця структурних елементів при оцінці техноекосистем гірничодобувного комплексу

Стан компонентів техноекосистеми, *i*	Компоненти техноекосистеми, *j*							
	I – Здоров'я людини	II – Соціальне середовище	III - Біоценоз	IV - Атмосфера	V - Земля і грунт	VI - Поверхневі води	VII – Підземні води	VIII – Літосфера
	Генетичні порушення	Порушення сельбищної території	Зникнення біоценозів	Хімічне забруднення атмосферного повітря	Безповоротне порушення земель	Корінні зміни орогідрологічної системи	Зникнення водоносних горизонтів питного призначення	Повнота використання основної корисної копалини
	Дитяча смертність	Переструктуризація інфраструктури	Порушення біоценозів за межами самовідновлення	Порушення структурного режиму (інверсійні особливості)	Довготривале відчуження земель	Погіршення до рівня, що не допускає відновлення	Підвищення мінералізації вод питного призначення	Покращення якості основної корисної копалини
	Захворюваність дорослого населення	Порушення структури сіль господарського виробництва	Порушення біоценозів у межах самовідновлення	Порушення динамічних характеристик (вітровий режим)	Відчуження земель з подальшою рекультивацією	Порушення режиму у межах відновлення	Порушення динамічного режиму підземних вод	Некомплексність вилучення
	Хронічна стомлюваність	Зниження рекреаційних можливостей	Порушення окремих елементів і зв'язків біоценозів	Порушення характеру впливу опадів	Погіршення якості сільгоспугідь (земель і грунтів)	Погіршення якості вод при можливості їх використання у сільському господарського	Погіршення якості прісних вод у межах можливості їх очистки	Порушення масиву за межами зони гірничого відводу
	Виникнення дискомфортних умов	Порушення історико-культурного середовища	Зниження продуктивності біоценозів	Особливі мікрокліматичні умови	Несільсько-господарське відчуження без погіршення якості земель і грунтів	Погіршення санітарного стану вод в межах ГДК	Забруднення водоносних горизонтів	Вплив на стан літосфери району за межами земельного відводу

господарське використання, несільськогосподарське відчуження;

- легкий - плавні деформації, без розриву суцільності, невисокі рекультивовані відвали і хвостосховища з ухилами бортів, які не перевищують тисячних часток одиниці;
- середній - деформації масиву з порушенням суцільності, невеликі кар'єри глибиною до 10 м, невисокі відвали, насипи заввишки 15-20 м; ;
- важкий - деформації з утворенням тріщин розшарування, уступів, кар'єри глибиною 20-40 м, відвали висотою 25-50 м з укосами до 15°;
- дуже важкий - деформації з утворенням воронок і провалів, кар'єри глибиною 40-80 м і більше, відвали висотою 50-100 м і більше, хвостосховища та інші сховища рідких відходів висотою більше 40 м.

Важливим критерієм є розмір області забруднення. При регіональній оцінці за граничну межу області забруднення приймається межа по першому і подальшим ступеням забруднення. Нижче наведено довідкові дані геометричних розмірів забруднення територій, які в залежності від масштабів впливу ранжуються від мінімального до максимального. На основі узагальнення фактичних даних, що приводяться в різних літературних джерелах, можуть бути виділені такі градації розмірів площі забруднення: 0,99 – менше 10 км^2; 0,8 – 10-50 км^2; 0,6 – 50-100 км^2; 0,4 – 100-300 км^2; 0,2 – 300 - 500 км^2, 0,1 - більше 500 км^2.

Найчастіше область забруднення витягнута по потоку (підземні або поверхневі води). У такому випадку забруднення доцільно оцінювати не за площею, а за його лінійним розміром: 0,99 – менше 1 км; 0,8 – 1 -3 км; 0,6 – 3 - 10 км; 0,4 – 10-30 км; 0,2 – 30 - 50 км, 0,1 – більше 50 км.

В основу нормування екологічного стану надр прийнято такі основні аспекти стану надр:

- повноту використання мінеральних ресурсів, як основних, так і попутних, якісну характеристику вилученої мінеральної сировини по відношенню до її характеристики в надрах;
- рівень використання решти мінеральних ресурсів, які залучаються до експлуатації;
- ступінь порушеності масиву гірських порід і його обсяг.

Головним в даній групі показників є повнота використання основної корисної копалини. Оцінним показником прийнято коефіцієнт вилучення геологічних запасів корисної копалини з надр. Бальність за даним показником встановлюється по кожному конкретному випадку залежно від умов залягання і цінності корисної копалини.

Наступним є показник зміни якості основної корисної копалини, що виражається в коефіцієнтах розубожування, привнесення в корисну копалину домішок, що погіршують його технологічні чи споживчі якості.

Третім показником прийнято ступінь комплексності відпрацювання мінеральних ресурсів, які залучаються до експлуатації. Оцінним показником є коефіцієнт, який відображає повноту відпрацювання попутних корисних копалин $K_{пв}$ або ж коефіцієнт, який враховує ступінь їх знищення $K_{пз}$, тобто приведення мінерального ресурсу до стану, при якому втрачаються його технологічні чи споживчі якості:

$$K_{пв} = \frac{V_{вил}}{V_{пв}}, \qquad (2)$$

$$K_{пз} = \frac{V_{з}}{V_{пв}}, \qquad (3)$$

де $V_{вил}$, $V_з$– відповідно обсяг вилученої або знищуваної (безповоротно втраченої) попутної корисної копалини; $V_{пв}$- обсяг попутної корисної копалини.

На основі даних коефіцієнтів прийнято такі умовні бали:

$K_{пв}$>0,85 або $K_{пз}$<0,1 – 0,99 бала

0,85> $K_{пв}$ > 0,5 або 0,1< $K_{пз}$ <0,25 – 0,8 бала

0,5> $K_{пв}$ > 0,25 або 0,25< $K_{пз}$ <0,5 – 0,6 бала

0,25> $K_{пв}$ >0,1 або 0,5< $K_{пз}$ <0,85 – 0,4 бала

$K_{пв}$ <0,1 або $K_{пз}$ >0,85 – 0,2 бала

$K_{пз}$ >0,95 - 0,01 бала

Очевидним показником стану надр є обсяг вилучення або переміщення порід, пов'язаний з технологією ведення гірничих робіт. Градація здійснюється залежно від чисельних значень обсягу розроблюваної гірничої маси. Наступний показник враховує стан масиву гірських порід за межами зони ведення гірничих робіт (зсуви, просадки, зони ущільнення, розущільнення, забруднення та ін.). Останній показник враховує вплив на стан літосфери району за межами земельного відводу.

Таким чином, вище викладено основні принципи екологічної оцінки однієї групи компонентів: атмосфери, землі і ґрунту, гідросфери, і надр, які є неживою частиною природного середовища [3].

До другої групи належать людина, соціальне середовище і жива природа.

Головною складовою частиною живого є людина, яка виділилася з інших біологічних форм життя завдяки здатності до праці, творчої активності і моральної самосвідомості.

Для оцінки стану людини під впливом техноекосистеми гірничодобувного регіону прийнято показники її здоров’я:

- виникнення незворотних генетичних порушень та тяжких захворювань;
- дитяча смертність;
- погіршення здоров'я і захворюваність населення;
- підвищення стомлюваності, зниження продуктивності праці;
- виникнення дискомфортних умов.

Вплив на соціальне середовище техноекосистеми гірничодобувного району характеризується такими показниками стану:

- ліквідація сельбищної території;
- переструктуризація інфраструктури;
- порушення структури сільськогосподарського виробництва;
- порушення історико-культурного середовища;
- зниження рекреаційних можливостей.

Техноекосистема включає живу природу (біоценоз), яка представлена рослинністю, мікроорганізмами і тваринним світом. В роботі виділено п'ять показників стану біоценозів:

- знищення біоценозів;
- порушення біоценозів за межами самовідновлення;
- порушення біоценозів в межах самовідновлення;
- порушення окремих елементів та зв'язків біоценозів;
- зниження продуктивності біоценозів.

Другим етапом розробки бальної системи оцінки впливу на компоненти навколишнього середовища є розробка математичної моделі зведення системи локальних оцінок у єдину комплексну систему. Це можливо з використанням нормуючої функції. Дана функція повинна бути безперервною і змінюватися від деякої встановленої верхньої межі (верхнього бала) до мінімального, не обмеженого знизу при досить великому номері ранжирування.

У нашій системі оцінки впливу на навколишнє середовище присутні три рівня зведення (таблиця 2). Нижчий рівень, що полягає у визначенні в балах конкретного, встановленого нами вище, показника. Середній рівень зведення полягає в сумарній оцінці стану певного компонента (наприклад, ґрунтів). Верхній рівень зведення включає визначення сумарного показника, що характеризує комплексний вплив на всі компоненти середовища, включаючи людину. Ранжування показників верхнього рівня здійснено в наступній послідовності: людина, соціальне середовище, біоценоз, атмосферне повітря, земля і ґрунт, поверхневі води, підземні води і літосфера. Враховуючи, що нормуванню підлягають показники середньої та вищої оціночного рівня, результуюча нормувальна функція буде мати вигляд:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} a_j K_i e^{в(-i)}}{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} a_j e^{в(-i)}}, \qquad (4)$$

де P – комплексний оцінний показник впливу підприємства на природне середовище, $P \in [0, 1]$; j – номер компоненту техноекосистеми верхнього оцінного рівня; i – номер ранжувальної послідовності середнього оцінного рівня; n – кількість показників нижнього рівня оцінювання; m – кількість показників середнього рівня оцінювання; K_i – значення (в балах) показника нижнього оцінного рівня, $K_i \in [0, 1]$; $в$ – коефіцієнт

приведення показників стану природного середовища нижнього рівня до середнього рівня оцінної системи, *в* Є [0, 1]; a_j – коефіцієнти приведення показників стану природного середовища середнього рівня до єдиної оцінної системи, a_j Є [0, 1].

Таблиця 2. Розрахунок комплексних оцінних показників

№ позиції ранжувальної послідовності *i*	Значення показників нижнього оцінного рівня для компонентів техноекосистеми K_i, бали								Комплексний оцінний показник *P*, бали
	Здоров'я людини	Соціальне середовище	Біоценоз	Атмосфера	Земля і грунт	Поверхневі води	Підземні води	Літосфера	
ЗЖРК									
1	0,9	0,9	0,8	0,9	0,7	0,9	0,2	0,8	0,78
2	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	0,9	0,5	0,7	
3	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,8	
4	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,2	0,8	
5	0,7	0,8	0,7	0,9	0,9	0,7	0,5	0,5	
Новомиколаївський гранітний кар'єр									
1	0,9	0,8	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9	0,85
2	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	
3	0,9	0,9	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	
4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	
5	0,8	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	
П'ятихатський глиняний кар'єр									
1	0,9	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
2	0,9	0,9	0,9	1	0,9	0,9	0,9	0,9	
3	0,9	0,8	0,9	1	0,9	0,9	0,9	0,9	
4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
Марганецький ГЗК									
1	0,8	0,5	0,4	0,9	0,3	0,8	0,7	0,7	0,63
2	0,9	0,5	0,2	0,7	0,2	0,8	0,9	0,6	
3	0,8	0,4	0,4	0,7	0,3	0,9	0,8	0,5	
4	0,9	0,3	0,5	0,8	0,3	0,9	0,8	0,6	
5	0,8	0,4	0,5	0,8	0,4	0,9	0,8	0,5	
СхідГЗК									
1	0,2	0,7	0,6	0,3	0,6	0,4	0,3	0,7	0,51
2	0,4	0,7	0,7	0,4	0,4	0,6	0,3	0,7	
3	0,3	0,7	0,8	0,5	0,5	0,6	0,8	0,7	
4	0,3	0,7	0,6	0,7	0,3	0,4	0,6	0,7	
5	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,5	0,7	0,3	
ІнГЗК									
1	0,6	0,7	0,7	0,4	0,5	0,2	0,2	0,98	0,59
2	0,5	0,8	0,8	0,5	0,6	0,6	0,3	0,6	
3	0,6	0,8	0,9	0,7	0,8	0,6	0,9	0,3	
4	0,5	0,8	0,4	0,8	0,5	0,4	0,5	0,75	
5	0,6	0,7	0,2	0,7	0,7	0,7	0,5	0,9	
Кривбас в цілому									
1	0,5	0,7	0,7	0,3	0,4	0,3	0,1	0,7	0,5
2	0,4	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,2	0,7	
3	0,6	0,8	0,9	0,7	0,7	0,5	0,1	0,3	
4	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,3	0,3	0,3	
5	0,4	0,7	0,1	0,7	0,7	0,6	0,3	0,1	

Оцінка кожного гірничого підприємства проводилася по п’яти показникам для кожної з восьми компонентів техноекосистеми. На основі показників оцінки стану навколишнього середовища з урахуванням їх ранжирування створена матриця структурних елементів техноекосистеми на прикладі гірничодобувного комплексу (таблиця 1).

Прикладом реалізації даної методології є комплексна оцінка впливу на навколишнє середовище для деяких підприємств гірничодобувного комплексу: Новомиколаївського гранітного кар'єру, П'ятихатського глиняного кар'єру, ЗЖРК, Марганецького ГЗК, Інгулецького ГЗК, Східного ГЗК і Кривбасу в цілому (таблиця 2).

Для даних підприємств коефіцієнт зведення показників стану природного середовища нижнього рівня до середнього рівня оцінної системи (в) складає 0,35, коефіцієнти зведення середнього рівня до єдиної оцінної системи (a_j, j Є [1,8]) становлять: 0,9; 0,8; 0,5; 0,8; 0,6; 0,9; 0,9; 0,5.

В таблиці 2 наведено значення показників нижнього оцінного рівня (K_i) відповідно до таблиці 1 та результати розрахунків комплексних оцінних показників впливу підприємств гірничодобувного комплексу на компоненти техноекосистеми.

Таким чином, аналізуючи числовий масив даних, наведених в таблиці 2, можна побачити основні проблеми, які існують в техноекосистемі того чи іншого підприємства.

Підсумовуючи, слід зазначити, що методологічно визначення ієрархії природних компонентів згідно з наведеною в таблиці матрицею здійснюється наступним чином:

встановлюється бальна система оцінки (від 0 до 1) ролі кожного природного компоненту в саморегуляції природної системи в цілому;

присвоєння (обрахування) числа балів виконується після побудови матриці структурних елементів техноекосистеми, яка враховує оцінку стійкості природної системи до різного характеру впливів.

система оцінних показників a_{ij} , кожному з яких присвоюється свій оцінний бал значенням від 0 до 1, з урахуванням ранжувального коефіцієнту в , зводиться до значення Р за вищенаведеною формулою (4).

За наведеним методологічним принципом створюється ряд матриць, починаючи з оцінної матриці фактичного стану до ідеального та оптимального станів.

Вибір оптимальної структури техноекосистеми здійснюється із урахуванням умов забезпечення механізму саморегуляції природних компонентів.

Розробка та реалізація заходів переходу до сталого функціонування базується на визначенні рейтингу природних компонентів.

Таким чином, запропонована методологія є основою для розробки управлінських рішень щодо шляхів досягнення параметрів сталого функціонування складних техноекосистем.

Перелік посилань

1. Шапарь А.Г., Копач П.И., Радивилов Ю.В. Интегральная экспертная оценка влияния предприятий на окружающую среду. // – Днепропетровск: 1996. – 42 с. Препринт ИППЭ НАН Украины.

2. Стратегія і тактика сталого розвитку / Шапар А.Г., Ємець М.А., Копач П.І., Тяпкін О.К., Хазан В.Б. - Дніпропетровськ: Моноліт. - 2004. - 313 с.

3. Копач П.И. Оценка эффективности освоения месторождений полезных ископаемых с учетом принципов устойчивого развития // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – №3. – С. 210-215.

Стаття надійшла до редколегії 19.11.2014 р. українською мовою
Стаття рекомендована членом редколегії чл.-кор. НАН України А.Г. Шапарем

П.И. КОПАЧ, Т.Т. ДАНЬКО, Н.В. ГОРОБЕЦ
Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины,
г. Днепропетровск, Украина

МЕТОДОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЭКОСИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНОВ

В работе раскрыто понятие сложной техноекосистемы. Предложена методология оценки сложных техноекосистем, в основу которой положено сочетание экспертного метода определения состояния техноекосистемы и метода математического моделирования. Методология может быть основой для подготовки управленческих решений относительно пути достижения параметров сбалансированного функционирования сложных техноекосистем.

Ключевые слова: **сложные техноекосистемы, комплексная оценка, устойчивое развитие.**

P.I. KOPACH, T.T. DAN'KO, N.V. GOROBETS'
Institute for Nature Management Problems and Ecology of National Academy of Sciences of Ukraine,
Dnipropetrovsk, Ukraine

METHODOLOGY OF COMPLEX INTEGRATED ASSESSMENT FOR TECHNOEKOSYSTEMS ON THE EXAMPLE OF MINING AREAS

In this paper the concept of complex technoekosystem disclosed. Methodology assessment complex technoekosystems, which is based on a combination of expert method for determining of the state technoekosystem and mathematical modeling method, is proposed. The methodology could be basis for the preparation of administrative decisions regarding to the achievement of the parameters of the balanced functioning for complex technoekosystems.

Keywords: **complex technoekosystems, integrated assessment, sustainable development.**