

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ
ГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ НА ПРИКЛАДІ АЗСТ. В. Козуля¹, С. Є. Коршунов¹¹Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

УДК 681.518:658.519

DOI: 10.52363/2522-1892.2024.1.3

Отримано: 18 січня 2024

Прийнято: 24 квітня 2024

Cite as: Kozulia T., Korshunov S. (2024). Complex system of ecological control for business objects technological safety of petrol station as example. Technogenic and ecological safety, 15(1/2024), 36–45. doi: 10.52363/2522-1892.2024.1.3

Анотація

У статті надані результати впровадження комплексного екологічного контролю рівня безпеки на техногенних об'єктах на основі європейського підходу, що становить оцінку впливу на довкілля. Система оцінки впливу на навколишнє середовище, яка заснована на нормативному підході, має обмежувальну дію, не забезпечує уникнення техногенного забруднення довкілля. Стандарти оцінки впливу на навколишнє середовище побудовані за концепцією нульового ризику для здоров'я людини, але в реальності незначні перевищення граничнодопустимих концентрацій становлять потенційну небезпеку для екосистем. Концепція «нульового ризику» не забезпечує екологічного розвитку економіки, оскільки будується за принципом ризик-аналізу «затрати – вигоди». Це обмежує застосування положень сталого розвитку та Екостратегії-2019, що потребують екологічного використання природних ресурсів і зниження антропогенного впливу на довкілля, підвищення показників ефективності екологічної діяльності.

У статті пропонується запровадити системний підхід з оцінки впливу на довкілля завдяки комплексному досягненню цілей сталого екологічного розвитку економічних об'єктів. Розглянуті можливості використання системології як основи для створення інформаційних моделей різномірних об'єктів при вирішенні завдань міждисциплінарного характеру при дослідженні складних систем «об'єкт – довкілля».

В аспекті комплексності відзначена доцільність створення системи контролю екологічно-техногенної безпеки на господарських об'єктах відповідно до стратегічної екологічної оцінки, що дозволяє визначити поточний стан довкілля та потенційний вплив планованої діяльності на населення в межах конкретної території.

Об'єктом дослідження визначено систему комплексного екологічного контролю техногенної безпеки господарських об'єктів із застосуванням стратегії запобігання небезпечного впливу на довкілля.

Предметом дослідження є розробка комплексної системи інформаційно-програмної підтримки екологічного контролю техногенної безпеки господарських об'єктів на прикладі планованої діяльності АЗС.

Ключові слова: техногенно-екологічна безпека, контроль техногенної небезпеки, системологія комплексного дослідження, системне моделювання, комплексна екологічна оцінка, шкала оцінки якості, інформаційне забезпечення, програма контролю екологічної якості.

Постановка проблеми

Оцінка впливу планованої діяльності на природне середовище як показник ризику впливу техногенного об'єкта чи планової діяльності на природне середовище проводиться у два етапи. На першому етапі здійснюється визначення рівня ризику впливу об'єкта господарської діяльності на компоненти навколишнього середовища за розрахунком прогнозного рівня техногенного ризику при проектуванні. На другому етапі визначається показник ризику впливу кожної специфічної забруднюючої речовини на відповідні компоненти навколишнього середовища (НС) [1].

На першому етапі на основі отриманого значення оцінюється прийнятність планованої діяльності за вимогами до стану компонентів довкілля. На другому етапі приймається рішення про прийнятність планованої діяльності згідно з отриманою інформацією по кожній специфічній речовині (показнику) для компонентів довкілля.

Така послідовність оцінки безпеки відповідно до оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) заснована на інформації екологічної оцінки (ЕО), що надає результати вивчення наслідків, які матиме навколишнє середовище від запропонованої діяльності [2]. У такому разі *екологічна оцінка є*

екологічним дослідженням, що передбачає збір відповідної інформації про значення середовищ довкілля на основі польових дослідів, публічних даних, оглядів літератури та інших інформаційних методів. Це допомагає регуляторам екологічного управління чи державним органам приймати рішення стосовно пропозицій і заходів запобігання техногенних ризиків. Таким чином ЕО та ОВНС у комплексі дозволяє отримати основу для визначення відповідності навколишньому середовищу та плану екологічного управління якістю довкілля при наявному техногенному навантаженні навколишнього середовища. Така комплексність реалізована в Україні на рівні Європейських екологічних вимог у вигляді стратегічної екологічної оцінки (СЕО) [3].

У складі комплексного екологічного плану розвитку територій територіальних громад набув чинності Закон України від 20.03.2018 № 2354-VIII «Про стратегічну екологічну оцінку» [4], що є наслідком підписання Угоди про Асоціацію з ЄС та відповідності Директиві 2001/42/ЄС. *Процедура СЕО є необхідною умовою досягнення на рівні територіальних громад цілей сталого розвитку України на період до 2030 року, зокрема забезпечення безпеки й екологічної стійкості міст,*

населених пунктів. Її метою є *недопущення суттєвої деградації компонентів довкілля*, захист уразливих екосистем і населення від надмірного антропогенного впливу при розміщенні особливо небезпечних виробничих і господарських об'єктів, необґрунтованої локалізації певних видів діяльності у тих чи інших місцевостях [3].

Визначення СЕО відповідає таким методичним підходам, як методи аналогій, експертні висновки, порівняння, прогнозування, SWOT-аналіз, картографічні методи [3], [5–7]. Базисом розробки СЕО є комплексне врахування особливостей природних умов, поточного екологічного стану та рішень щодо планованої діяльності завдяки геоінформаційним технологіям. Геоінформаційні методи застосовуються для комплексного аналізу різнопланових просторових даних, у тому числі відкритих космічних знімків. Організація просторових даних з використанням геоінформаційних систем дає можливість більш повно і комплексно врахувати всі варіанти впливу техногенних рішень на стан території.

Незважаючи на переваги СЕО щодо її комплексності у вирішенні екологічних питань безпеки та широкої практики її використання в сфері екологічної і техногенної безпеки [5–10], є питання щодо її ефективності та дієздатності екологічного управління відповідно до результатів СЕО [11].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Базою для безперервного врахування впливу техногенно-небезпечних об'єктів (ТНО) є оцінка стану навколишнього середовища, що становить етап розробки звіту про СЕО.

На практиці отримують інформацію щодо поточної характеристики довкілля, відзначають більш вразливі зони для впливів, зони деградації, цінні зони для певного виду діяльності. Це є основою для формування «матриці» території для подальшої оцінки потенційних впливів [3].

У ході стратегічного екологічного оцінювання виділяються кілька цільових функцій, тобто певних критеріїв оцінювання. *Основною функцією вважається оцінювання впливу на здоров'я та життєдіяльність населення*; оцінювання комфортних умов і чутливості територій до небезпечних наслідків від техногенних змін. Складові оцінювання надають визначення загального екологічного стану середовищ довкілля за 5-бальною шкалою, виділяють екологічні класи, що відповідають екологічному класу «відмінний», «добрий», «задовільний», «поганий», «дуже поганий» [3]. При цьому можна використати дані дистанційного зондування Землі, зокрема – дані мультиспектральних космознімків Європейського космічного агентства Sentinel-231. Така оцінка здійснюється за допомогою індексів, наприклад NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDPI (Normalized Difference Pond Index) та NDTI (Normalized Difference Turbidity Index).

Комплексність СЕО має оцінювати ймовірні суттєві аспекти впливу планованої діяльності в цілому на всі компоненти довкілля та окремо на

кожен із вразливих компонентів, враховувати кумулятивні та синергетичні впливи загалом і на окремі компоненти НС [3].

В українському просторі СЕО відзначається недостатня забезпеченість вихідними даними, що призводить до підготовки планувальних рішень переважно на основі екстраполяцій та експертних висновків. Інформаційний дефіцит має місце при оцінюванні стану окремих компонентів навколишнього середовища. Методики, що існують в цій сфері, не завжди адаптовані для цілей обґрунтування планувальних рішень. При цьому спостерігається різномірність методичних підходів, наявні потреби оперативного реагування на небезпечні нештатні ситуації при планованій діяльності виробництва [3].

У наукових дослідженнях фундаментальним критерієм екологічно безпечного виробництва пропонують оцінку ступеню ризику щодо завданого збитку природному середовищу. Ризики виробничого впливу техногенної діяльності на природне середовище можуть мінімізуватися до екологічно безпечного рівня завдяки наявності на підприємстві фінансових, матеріальних, інформаційних, управлінських ресурсів для відновлення природного стану змінених територій [12].

У теоретично-практичному аспекті залишаються, таким чином, питання щодо досягнення екологічно безпечної відповідності функціонування складових техногенного об'єкта вимогам системного гомеостазу, що становить баланс між цілями навколишнього середовища та загальною екологічною змістовністю об'єкта дослідження, необхідністю встановлення зв'язку між станом об'єкта впливу і зовнішніми процесами в середовищах довкілля.

За останніми публікаціями відзначено розширення використання в межах екологічних досліджень системологічних підходів на рівні міждисциплінарного моделювання, що дозволяє отримати взаємно обумовлену організовану сукупність структурованих розподілених систем. Ці утворення відзначають як процес або набір процесів з емерджентністю сполучення соціальної та природної систем з техногенними системами економічної діяльності [13]. Такі системні дослідження є компонентом трансдисциплінарної галузі системології, що включає обсяг діяльності – «Activity Score» (A), бази знань – «Knowledge Base» (K) та основи керівництва/управління – «Guidance Framework» (G). Таким чином для системного об'єкта отримують модель АКГ. Це дозволяє при проведенні складних соціально-еколого-економічних досліджень поєднати спеціалізовані науки для досягнення екологічних цілей безпеки, зменшивши ризики, які зараз пов'язані зі складними проектами.

Стосовно розв'язку комплексу питань безпеки для складових довкілля при техногенному навантаженні в межах задачі екологічної якості відзначають доцільність використання моделі «тиск-стан-реакція» [14], як пропозицію щодо оцінки якості екологічного середовища з чотирьох аспектів: об'єкт оцінки, зміст оцінки, система оцінки та метод оцінки [15].

У дослідженнях з комплексного оцінювання стану довкілля пропонується запровадити метод оцінки розширення та метод визначення ваги в моделі для комплексного динамічного оцінювання екологічної якості НС [16].

У роботі пропонується для комплексного вирішення питань екологічного контролю на техногенному об'єкті відзначати структурно-функціональні зв'язки для побудови концептуальної моделі об'єкта з метою дослідження умов запобігання забруднення довкілля на основі розробки інформаційної бази та математичних моделей аналізу і прогнозування зв'язків в межах систем-системного утворення «об'єкт – навколишнє середовище».

Постановка завдання та його вирішення

Мета роботи. На основі вітчизняного та зарубіжного досвіду використання СЕО відзначено за необхідне побудувати на техногенне небезпечних виробництвах продукції та послуг систему запобіжного екологічного контролю на основі комплексного оцінювання якості довкілля. У роботі у цьому аспекті досліджень поставлені та розв'язані такі задачі:

1) визначення складових комплексної системи контролю рівня екологічної безпеки для попередження виникнення небезпечних ситуацій і умов їх уникнення;

2) розробка моделі господарського об'єкта як системи техногенного впливу на навколишнє соціально-природне середовище відповідно до комплексності інформаційних зв'язків при системологічному моделюванні «об'єкт – НС»;

3) формування системи оцінювання екологічного стану компонент за комплексною оцінкою впливу діяльності техногенного об'єкта на НС на прикладі визначення впливу планової роботи АЗС на довкілля;

4) розробка інформаційно-програмної бази для реалізації системи комплексного контролю з попередження виникнення надзвичайних ситуацій із забруднення довкілля на прикладі комплексної оцінки впливу на навколишнє середовище планованої діяльності АЗС.

Комплексний підхід для забезпечення контролю екологічної безпеки на господарських об'єктах поєднує можливості всіх методів оцінки якості складових довкілля, включаючи й інформаційну складову їх реалізації.

Офіційна методика проведення ОВНС планованої діяльності не забезпечує підтримки прийняття рішень, необхідних для ефективної роботи екологічної політики на підприємствах. Головною причиною цього є відсутність інтегрального кількісного критерію, який характеризує зміну якості навколишнього природного середовища та інформаційної підтримки, на основі якої реалізовувались би природоохоронні рішення.

Для безперервного контролю змін стану компонент довкілля пропонується запровадити системологічну складову при розробці системи комплексного контролювання діяльності

техногенних об'єктів, що заснована на інформаційному покритті структурної і функціональної цілісності, що відзначена відносною автономністю елементів і функцій активної системи «об'єкт – системні утворення навколишнього середовища».

Отже, розбудова комплексної системи контролю техногенного навантаження на НС буде відзначатися інформаційною цілісністю різнорідних складових, об'єднаних для вирішення поставленої екологічної задачі.

Комплексний підхід дозволяє отримати цілісне утворення, у якому між структурою і функціями існує тісний функціональний зв'язок і взаємообумовленість. Функціонування системи «об'єкт – навколишнє середовище» відзначається структурними змінами при порушенні гомеостазу внутрішніх і зовнішніх зв'язків і матеріально-енергетичних потоків, що обумовлені ходом процесів, що відбуваються в системі.

Функціонування сформованого системного утворення для дослідження еколого-техногенної безпеки пов'язано з взаємодією системи об'єкта з середовищем: первісним впливом на об'єкт середовища, наслідковим впливом діючого об'єкта на інші системи або середовища. Взаємодія об'єкта з середовищем визначає проблемну ситуацію для довкілля, коли об'єкт потрібно пристосувати до екологічних потреб середовища, або посилено його трансформувати завдяки визначеним алгоритмом, моделлю взаємодії з середовищем.

Цей алгоритм позначає такі взаємодії «об'єкт – навколишнє середовище», що становлять реорганізацію (адаптацію) внутрішньої структури системи завдяки її внутрішнім функціям. Внутрішні функції дозволяють змінювати стан складових об'єкта (компонентів чи процесів), забезпечуючи прийнятний рівень навантаження зовнішніх систем для отримання узгодження функціонування елементів «об'єкт – НС» як цілісного організму. Забезпечення екологічної функціональності систем довкілля відбувається при узгодженні дій внутрішньої перебудови об'єкта, перерозподілом навантаження по його елементам. Наприклад, структура та функції системи планованої діяльності АЗС з включенням навколишнього її оточення в дослідну цілісність контролю техногенної безпеки визначена завдяки методології функціонального моделювання IDEF0 у нотації графічного моделювання (рис. 1).

Функціональні взаємодії організовані таким чином, що речовина, енергія, інформація, впливи, як вихідні потоки одних елементів (систем) впливають на входи інших елементів. Ці впливи здійснюються через потоки, через виходи одних елементів на входи інших, зовнішні взаємодії систем, що не стосуються внутрішньої структури.

Для складних і великих систем це важливий тип взаємодії [17]. Процес функціонування системи відзначається змінами стану і функції її елементів, у тому числі, які входять у спільну область перетину систем, що призводить до зміни функціонування інших систем (рис. 2).

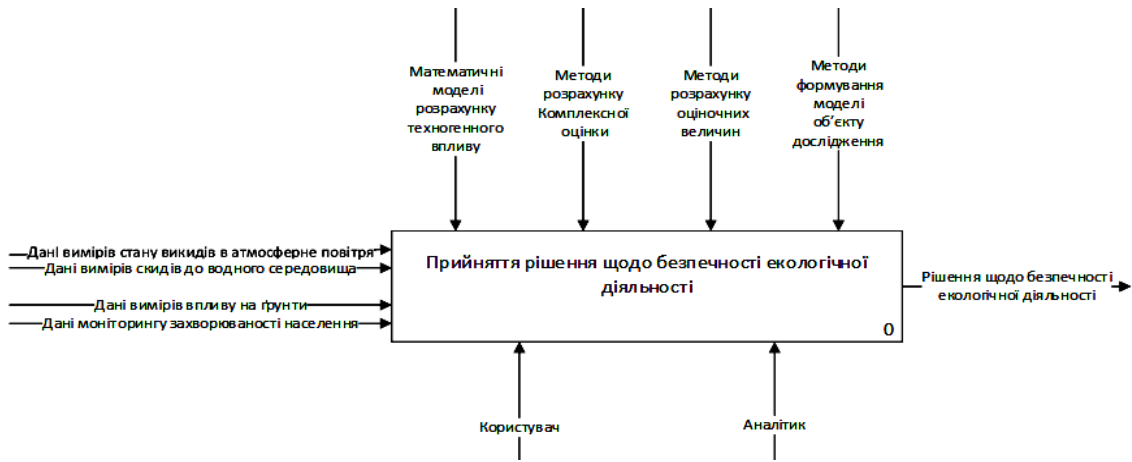


Рисунок 1 – Функціональні взаємодії «об’єкт техногенної небезпеки – навколишнє середовище»

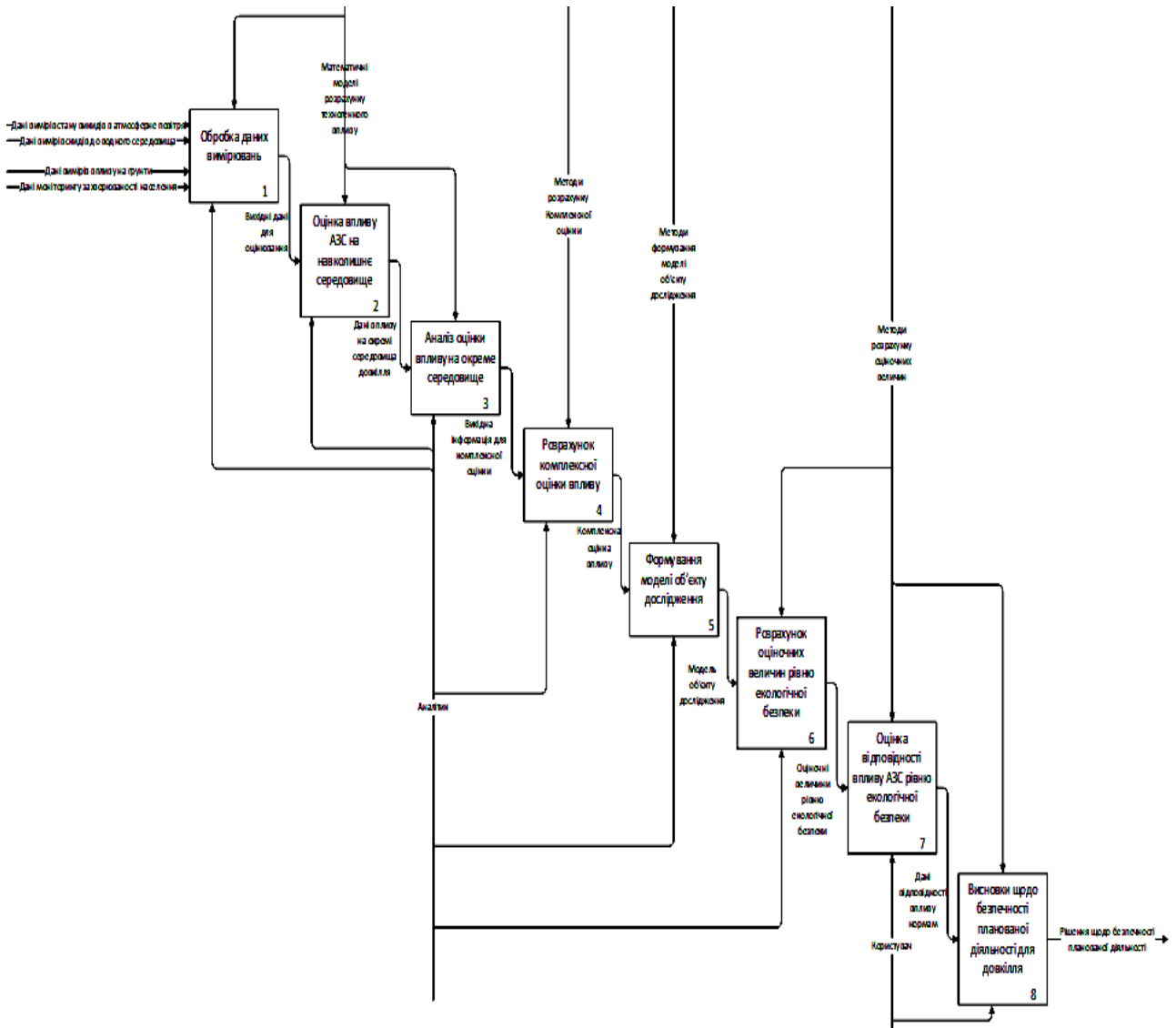


Рисунок 2 – Потіки інформації для контролю екологічної якості «об’єкт – навколишнє середовище» з отримання рішення безпеки планованої діяльності

Для реального відображення екологічного стану потенційно небезпечного об’єкта пропонується систем-системне визначення залежності інформаційної підтримки екологічного балансу за такими вимогами:

- 1) врахування мінливості інформаційної компоненти за результатами процесів внутрішнього і зовнішнього характеру;
- 2) аналіз і оцінювання взаємозалежних характеристик систем для отримання інформації з

моделювання еколого-техногенної ситуації планованої діяльності;

3) визначення змін у компонентах систем як результат внутрішніх перетворень і зовнішньої дії за станом вихідних потоків (див. рис. 2);

4) використання міждисциплінарних знань для забезпечення прийняття остаточного рішення стосовно безпечності планованої діяльності.

Об'єктом практичного дослідження факторів техногенного навантаження НС обрано АЗС. Планована діяльність АЗС створює екологічну небезпеку та відноситься до переліку потенційно небезпечних видів робіт [18, 19].

Для вирішення питань комплексного оперативного контролю екологічності діючих об'єктів запропоновано систему інформаційно-програмної підтримки реалізації схеми комплексного оцінювання впливу на довкілля з додатковою оцінкою екологічних ризиків для населення діяльності цих об'єктів.

Вся інформація стосовно небезпечного впливу на навколишнє середовище систематизована і структурована відповідно до вимог оцінки впливу на довкілля (ОВД); надана пропозиція стосовно впровадження оцінки стану здоров'я населення як індикатора прийнятності планованої діяльності АЗС з позицій її екологічної безпечності для довкілля.

Для математичного забезпечення комплексної оцінки впливу планованої діяльності АЗС запропоновано застосувати методики виділення основних екологічних характеристик та їх кількісне приведення до єдиного показника [20].

За основу інформаційного наповнення системи безперервного комплексного контролю безпеки роботи АЗС прийнято системологічний підхід, що базується на систем-системному рівні екологічного оцінювання техногенного об'єкта як «функціонуюча АЗС – середовища довкілля».

До основних комплексних оцінок безпеки згідно з ОВД [4, 21] віднесені характеристики екологічної якості атмосферного повітря, водного середовища та ґрунтового покриву з введенням шкал визначення рівня відповідності безпечним рівням навантаження екосистем довкілля.

Визначення стану якості атмосферного повітря запропоновано проводити через визначення всіх можливих джерел потрапляння небезпечних речовин у НС, тобто на відміну від загальнозживаної звітності з ОВД для інформаційно-програмного забезпечення системи контролю безпеки на АЗС додати такі чинники:

- складові зрідженого вуглеводневого газу (ЗВГ)
- випаровування при роботі;
- викиди під час зберігання ЗВГ;
- леткі речовини під час зливу ЗВГ;
- забруднюючі речовини під час наповнення балонів газових автомобілів;
- викиди шкідливих речовин під час ремонту трубопроводів та запірної апаратури;
- виділення у повітря забруднюючих речовин під час добової перевірки запобіжних клапанів;
- викиди небезпечних речовин при проведенні очищення фільтрів.

Усі підраховані чинники небезпеки щодо забруднення атмосферного повітря зводяться до комплексного індексу забруднення атмосфери (КІЗА) [18]:

$$KIZA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_{mi}}{C_{ni}} \right)^{C_i}, \quad (1)$$

де C_{mi} – максимальна концентрація i -ї речовини, мг/м³; C_{ni} – нормативна концентрація i -ї речовини, мг/м³; C_i – константа, що залежить від класу небезпеки речовини; n – кількість аналізованих речовин.

Для визначення концентрації хімічних речовин у викидах при роботі АЗС розроблено програмний додаток, відповідний розрахунку максимальної приземної концентрації небезпечних сполук за ОНД-86 в Python (рис. 3).

```

h=float(3.4)      n=int()          n=1              print('Cm: '+str(c_max))
d=float(1.4)      v_gas=float()   elif (v_m>=0.3) and (v_m<2):  prov=c_max*dk
a=int(200)        k=float()       n=0.532*(v_m**2)-          print('Cm/ГДК: '+str(prov))
m=               c_max=float() 2.13*v_m+3.23
float(0.005282)  v_gas=         else:
gdk=float(3)     ((m*h*pi*(d**2))**4)*v      print('Пробиття діаметри: як не
f=int()          v_m=           n=4.4*v_m        здійснювати надмірної аварії.)
v_m=float()      v_m=           k=d*(8*v_m)      else:
if (v_m>=2):    0.65*((v_gas*h)**(1/3))   c_max=           print('Не пробиття діаметри:
(a*m*h**3)*(h**(4/3))  здійснювати надмірної аварії.)

Cm: 0.159405022226528008
Cm/ГДК: 0.031881004453056014
    
```

Рисунок 3 – Фрагмент коду програмного розрахунку викиду бензину [3]

Рівень небезпеки від планованої діяльності на об'єкті встановлюється за бальною шкалою рівня забруднення атмосферного повітря (табл. 1).

Таблиця 1 – Рівні небезпеки на основі комплексного індексу забруднення атмосфери

Рівень забруднення	Значення КІЗА
Низький	<1
Високий	1...1,2
Підвищений	1,2...2,6
Дуже високий	≥2,8

Загроза забруднення водного середовища від стоків функціонуючого об'єкта визначається за розрахунком значення індексу забруднення води (ІЗВ) [18]:

$$IZB = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{ni}}, \quad (2)$$

де n – кількість контрольованих показників; C_i – вимірювана концентрація i -ї речовини, мг/м³; C_{ni} – норматив i -ї речовини, мг/м³.

Оцінка небезпеки впливу роботи АЗС на екологічний стан водного середовища встановлюється за шкалою значень ІЗВ, наведеними у таблиці 2.

Планована діяльність не отримує дозволу та буде підлягати перегляду з метою зниження рівню скидів забруднюючих речовин до водних об'єктів за умови перевищення відмітки 1.

Небезпечний стан ґрунтового покриву і ймовірність надходження шкідливих речовин у ґрунт прилеглих урбанізованих територій встановлюється на основі визначення комплексного показника забруднення (Z_c):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1), \quad (3)$$

де n – кількість контрольованих речовин; K_c – коефіцієнт концентрації i -ї речовини у ґрунті.

Рівень забруднення ґрунту відповідає значенням показника Z_c (табл. 3) [18].

Значення Z_c , що перевищують 16, є не допустимим для продовження роботи АЗС, ставиться задача запровадити технічні заходи щодо зниження ймовірності потрапляння небезпечних речовин у ґрунти.

Розрахунок впливу планованої діяльності АЗС на рівень захворюваності населення проводиться на основі методики, затвердженої Наказом МОЗ України, №184 від 13.04.2007 [22]. Оцінка безпеки планованої діяльності для здоров'я населення розраховується за визначенням ризику канцерогенних та неканцерогенних ефектів на організм людини [23–25].

Контрольованими стосовно прийнятності планованої діяльності АЗС з позицій її екологічної безпечності для населення є значення встановленого індексу безпеки розвитку неканцерогенних ефектів і ймовірність реалізації канцерогенного ризику для здоров'я населення протягом життя (табл. 4, 5).

На основі розрахованих екологічних характеристик стану безпечності функціонування техногенного об'єкта надається комплексна оцінка екологічного стану довкілля за обчисленням значення показника K :

$$K = 0,25 \sum_{i=1}^n k_i \cdot a_i, \quad (4)$$

де 0,25 – показник неможливості перевищення 25 %-ї варіації показника від нормативу, тобто гарантія уникнення ризиків надзвичайних ситуацій; k_i – оцінка прояву i -ї характеристики впливу; a_i – вага i -ї екологічної характеристики.

Таким чином, при позитивних результатах оперативного контролю навантаження на середовища довкілля йде перевірка ймовірності небезпечності реалізації діяльності АЗС для вчасного корегування проведення планованої діяльності АЗ (табл. 6).

Таблиця 2 – Рівні небезпеки відповідно до значень комплексного індексу забруднення води

Рівень забруднення	Значення ІЗВ
Дуже чисте	<0,3
Чисте	0,3...1
Помірно забруднене	1...2,5
Забруднене	2,5...4
Брудне	4...6
Дуже брудне	6...10
Надзвичайно брудне	>10

Таблиця 3 – Градація рівня небезпеки стану ґрунтового покриву відповідно до комплексного показника забруднення ґрунтів

Рівень забруднення	Показник забруднення Z_c
Припустимий	<16
Помірний	16...32
Небезпечний	32...128
Надзвичайно небезпечний	>128

Таблиця 4 Оцінка небезпечності за визначенням неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Індекс безпеки
Ризик виникнення небезпечних ефектів незначний	< 1
Гранична величина прийнятого ризику без впровадження заходів	1
Ймовірність розвитку небезпечних ефектів зростає пропорційно збільшенню ризику	> 1

Таблиця 5 – Прийнятність планованої діяльності за встановленою оцінкою канцерогенного ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Прийнятний як професійний і для населення	Більше 10^{-3}
Для професійних вимог прийнятний і неприйнятний для населення	$10^{-3} \dots 10^{-4}$
Умовно прийнятний	$10^{-4} \dots 10^{-6}$
Прийнятний	Менше 10^{-6}

Таблиця 6 – Контроль безпеки планованої діяльності техногенного об'єкта

Значення K	Оцінка рівня безпеки	Дозвіл планованої діяльності
$0,25 < K < 0,5$	Низький	Дозволена
$0,5 < K < 0,75$	Середній	Обмежена, необхідне підвищення ефективності заходів захисту довкілля
$0,75 < K < 1$	Високий	Заборонена

Для покращення оперативності реагування на зміни рівнів безпеки планованої діяльності пропонується створити умови уникнення ймовірності реалізації небезпечної ситуації у результаті шкідливого впливу на довкілля. Якщо під час здійснення безперервного екологічного контролю розраховане поточне значення комплексного оцінювання навантаження буде перевищувати встановлене значення більше ніж на 25 %, то виникає необхідність перегляду діяльності об'єкта з метою зниження рівня впливу на довкілля, вживаючи вагомість кожної складової ОВД.

Таким чином, при розробці системи оперативного контролю рівня техногенного навантаження на навколишнє середовище господарського об'єкта пропонується прийняття рішення щодо видачі

дозволу на проведення діяльності на основі запропонованого комплексного оцінювання якості середовищ довкілля з позначеним рівнем уникнення небезпечного впливу на НС навколо об'єкта.

Для проведення розрахунків запропонованого алгоритмічного сценарію контролю екологічно-техногенної безпеки планованої діяльності розроблено програмне забезпечення мовою Python із застосуванням середовища розробки PyCharm та оболонки PyQt5 для реалізації графічного інтерфейсу користувача.

Приклад роботи інформаційно-програмного забезпечення з визначення комплексної оцінки техногенної дії підприємства на довкілля надано на рисунку 4 на прикладі контролювання безпеки функціонування АЗС.

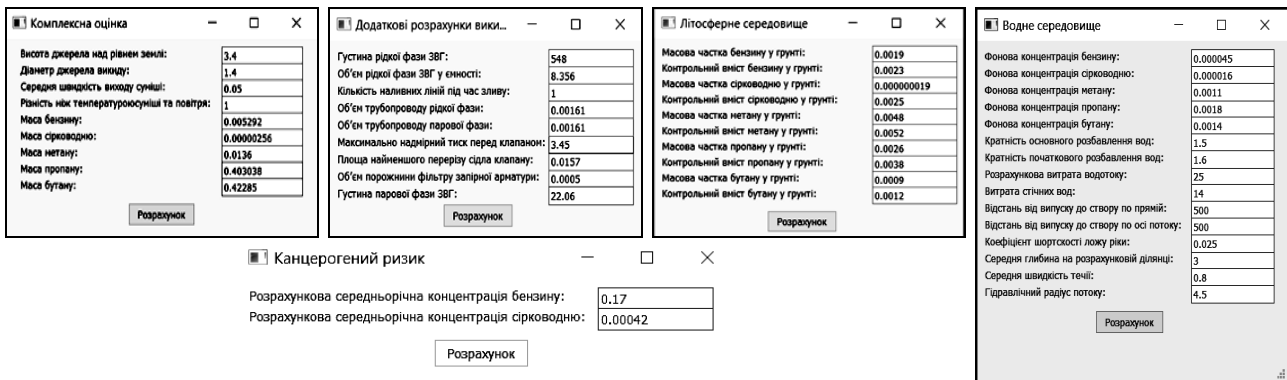


Рисунок 4 – Комплексне оцінювання екологічного стану планової діяльності АЗС як потенційно-небезпечного об'єкта техногенної діяльності

Результати проведених програмних розрахунків оцінки рівня забруднення контрольованих природних середовищ для досліджуваної планованої діяльності розглянутої АЗС на основі запропонованих шкал безпеки надані в таблиці 7

Остаточний результат розрахунку загальної комплексної оцінки впливу планованої діяльності АЗС на навколишнє середовище на основі комплексного показника *K* дорівнює 0,12, тобто робота об'єкта є безпечною для довкілля.

На рисунку 5 надано фрагмент сформованого програмним забезпеченням звіту з ОВД

Таблиця 7 – Результати комплексної оцінки впливу на середовища довкілля роботи АЗС

Коефіцієнт	Значення коефіцієнту	Рівень забруднення
<i>K_{ІЗА}</i>	0,181	Низький
<i>I_{ЗВ}</i>	0,198	Дуже чистий
<i>Z_c</i>	3,775	Припустимий

Рівень навантаження на атмосферне повітря можна вважати прийнятним.
 Рівень навантаження на водне середовище можна вважати прийнятним.
 Рівень навантаження на ґрунти можна вважати прийнятним.
 Загальна комплексна оцінка техногенного впливу планованої діяльності АЗС на навколишнє середовище: 0.12
 Планована діяльність дозволена.

Рисунок 5 – Фрагмент сформованого програмою звіту АЗС з комплексної оцінки

функціонуючої АЗС, у якому відображені результати розрахунків оцінки екологічного стану навколишнього середовища при здійсненні планованої діяльності підприємства автопослуг.

Висновки

На базі аналітичного огляду можливостей запобігання небезпечних ситуацій функціонуючих техногенних об'єктів відзначено доцільним створити для ОВД на підприємствах безперервну систему комплексного контролю безпеки впливу на довкілля з можливістю попередження виникнення екологічних ризиків. На теоретичному і практичному рівні отримані такі рішення та результати:

- 1) запропоновано системологічний підхід з комплексного розв'язку задач ОВД для попередження виникнення небезпечних ситуацій на господарюючих об'єктах і забезпечення умов їх уникнення на основі розробки системи інформаційного забезпечення контролю «об'єкт – системні середовища довкілля» (див. рис. 1);
- 2) запроваджено алгоритм безперервного контролю виникнення точок екологічної напруги при планованій діяльності техногенного об'єкта за умови узгодженості інформаційних зв'язків при системологічному моделюванні системи комплексного контролю безпеки (див. рис. 2);
- 3) сформовано систему комплексної оцінки впливу діяльності техногенного об'єкта на екосистему НС за вимогами ОВД (див. формули

(1–3), табл. 1–5), запропоновано комплексний показник загальної оцінки безпеки планованої діяльності з ймовірністю уникнення екологічних ризиків для довкілля (див. вираз (4) і табл. 6);

4) розроблена інформаційно-програмна база для реалізації системи комплексного оцінювання екологічного стану компонент довкілля при контролі рівня техногенної безпеки на функціонуючому об'єкті, надана реалізація системи оцінки впливу планової діяльності на прикладі роботи АЗС (див. рис. 3–5).

Таким чином, **новизною даної роботи** є пропозиція системи запобіжного контролю рівня техногенної безпеки на основі комплексного оцінювання якості довкілля на техногенне небезпечних виробництвах продукції та послуг, що дозволяє уникнути екологічних ризиків та

забезпечити оперативне управління техногенною безпекою в реальному часі на вагомих точках впливу на соціально-природне середовище завдяки застосуванню інформаційного та програмного забезпечення комплексної системи контролю оцінки рівня техногенної безпеки.

Робота потребує **подальшого розвитку системи характеристик безпеки комплексного оцінювання екологічного стану** «об'єкт – НС» з встановленням точок вагомості для уникнення ризиків техногенної небезпеки для ланцюга її розвитку «(НС – об'єкт) – системи забруднення – стан безпечності планованої діяльності на основі (об'єкт – НС) – індикатор екологічної якості роботи об'єкта у вигляді оцінювання ризику неканцерогенної та канцерогенної дії небезпечних факторів на людину».

ЛІТЕРАТУРА

1. Юрків Н. М., Дідович І. І., Кульчицька Е. А. Методика розрахунку рівня екологічної безпеки експортної діяльності лісогосподарських підприємств. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2021. Т. 31, № 1. С. 62–67. DOI: 10.36930/40310110.
2. Bauer-Simpson K. What is the Difference Between Environmental Assessment and Environmental Impact Assessment? Focused Vision Consulting Pty Ltd, March 31, 2020. URL: <https://www.focusedvision.com.au/what-is-the-difference-between-environmental-assessment-and-environmental-impact-assessment/> (access date: 15.01.2024).
3. Стратегічна екологічна оцінка комплексного плану. Київ: USAID, 2022. 108 с. URL: https://decentralization.ua/uploads/library/file/819/SEO_ready.pdf.
4. Про стратегічну екологічну оцінку. Закон України № 2354-VIII від 20.03.2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> (дата звернення 15.01.2024).
5. Partidário M. R., Sheate W. High speed rail comparative strategic assessments in EU member states. *Environmental Impact Assessment Review*. 2017. Vol. 66. Pp. 1–13. DOI: 10.1016/j.eiar.2017.05.00.
6. Therivel R., Gonzalez A. Is SEA worth it? Short-term costs v. long-term benefits of strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review*. 2020. Vol. 83. Art. 106411.
7. González A. Strategic environmental assessment monitoring: the enduring forgotten sibling. *Impact Assessment and Project Appraisal*. 2022. Vol. 40, Issue 2. Pp. 168–176. DOI: 10.1080/14615517.2022.2031552.
8. Del Campo González A., Therivel R., Malepe K. Tiering of Environmental Assessment – the Influence of SEA on Project Level EIA. Ireland: Environmental Protection Agency, 2021. 39 p. URL: https://www.epa.ie/publications/research/epa-research-2030-reports/Research_Report_391.pdf (access date: 15.01.2024).
9. Gutierrez M., Bekessy S. A., Gordon A. Biodiversity and ecosystem services in strategic environmental assessment: an evaluation of six Australian cases. *Environmental Impact Assessment Review*. 2021. Vol. 87. Art. 106552. DOI: 10.1016/j.eiar.2021.106552.
10. Therivel R., González A. “Ripe for decision”: tiering in Environmental Assessment. *Environmental Impact Assessment Review*. 2021. Vol. 87. Art. 106520. DOI: 10.1016/j.eiar.2020.106520.
11. Fischer T. B., Retief F. Does strategic environmental assessment lead to more environmentally sustainable decisions and action? Reflections on substantive effectiveness. *Handbook on Strategic Environmental Assessment*. 2021. Pp. 114–125.
12. Юрків Н. М. Методика еколого-економічного оцінювання виробничого навантаження на лісові екосистеми в процесі заготівлі деревини на експорт. *Науковий вісник НЛТУ України. Серія економічна*. 2019. Т. 29, № 4. С. 38–41. DOI: 10.15421/40290407.
13. Rousseau D. Systems Research and the Quest for Scientific Systems Principles. *Systems*. 2017. Vol. 5. Issue 2. Art. 25. DOI: 10.3390/systems5020025.
14. Multi-scale eco-environmental quality evaluation method from a spatial perspective / Y. N. Chai et al. *Chinese Journal of Ecology*. 2018. Vol. 37, Issue 2. Pp. 596–604, DOI: 10.13292/j.1000-4890.201802.013.
15. Gao B. J., Chen M. Y. A review of eco-environmental quality assessment. *Hebei Journal of Forestry and Ecological Sciences*. 2018. Vol. 33. Issue 1. Pp. 1–6. URL: https://caod.oriprobe.com/articles/53808742/A_review_of_eco_environmental_quality_assessment.htm (access date: 15.01.2024).
16. Zhang S., Yu W., Chen T. Comprehensive Evaluation Model of Environmental Quality in Ecological Reserve. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2021. Art. 4994353. DOI: 10.1155/2021/4994353.
17. Козуля Т. В. Концепція інформаційно-ентропійного простору побудови моделей системних об'єктів для задач сталого розвитку. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2023. № 2(65). С. 20–31. DOI: 10.15588/1607-3274-2023-2-3.
18. Чугай А. В., Сафранов Т. А. Методи оцінки техногенного впливу на довкілля. Одеса: Видавець Букаєв Вадим Вікторович, 2021. 118 с.
19. Чугай А. В. Оцінка впливу експлуатації автозаправних станцій на навколишнє природне середовище. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2015. Вип. 71. С. 97–102. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad_2015_71_17 (дата звернення: 15.01.2024).
20. Козуля Т. В., Коршунов С. Є. Формування інформаційно-математичного забезпечення екологічної оцінки діяльності АЗС. *Комплексне використання ресурсів довкілля: зб. матер. I Всеукр. наук.-практ. конф. (Луцьк, 20 листопада 2023 р.)*. Луцьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2023. С. 98–101. URL: <https://donntu.edu.ua/main/i-vseukrayinska-naukovo-praktychna-konferentsiya-kompleksne-vykorystannya-resursiv-dovkillya.html> (дата звернення: 15.01.2024).
21. Про оцінку впливу на довкілля. Закон України № 2059-VIII від 23.05.2017 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 15.01.2024).
22. Про затвердження методичних рекомендацій «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря». Наказ МОЗ України № 184 від 13.04.2007 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text> (дата звернення: 15.01.2024).

23. Козуля Т. В., Коршунов С. Є. Інформаційно-програмна підтримка комплексної оцінки техногенно-екологічної безпеки на АЗС на основі системологічного підходу. *Technogenic and Ecological Safety*. 2023. № 13(1/2023). С. 31-44. DOI: 10.52363/2522-1892.2023.1.5.

24. Козуля Т. В., Коршунов С. Є. Інформаційне забезпечення розв'язку проблемних задач захисту довкілля при роботі АЗС. *Матеріали П'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Євроінтеграція екологічної політики України»*. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2023. С. 55-60. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/12256> (дата звернення: 15.01.2024).

25. Козуля Т. В., Коршунов С. Є. Розробка і застосування інформаційно-програмного забезпечення для оперативного комплексного оцінювання рівня екобезпеки діяльності АЗС. *XVII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих вчених»*. Харків: НТУ «ХПІ», 2023. С. 136-137. URL: <https://web.kpi.kharkov.ua/pbme/xvii-mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferentsiya-magistrantiv-ta-aspirantiv-2023/> (дата звернення: 15.01.2024).

Kozulia T., Korshunov S.

COMPLEX SYSTEM OF ECOLOGICAL CONTROL FOR BUSINESS OBJECTS TECHNOLOGICAL SAFETY OF PETROL STATION AS EXAMPLE

The paper provides implementation results of complex ecological control for safety level at technological objects based on European approach which is in fact environmental influence estimation (EIE). Environmental influence estimation system (EIES) has normative approach and is restrictive, so it doesn't prevent technological pollution of environment. EIES standards are created according to zero human health risk concept, but real insignificant exceedings of critical concentrations are potentially dangerous for ecosystems. «Zero risk» concept doesn't ensure ecological economy growth, as it is based upon risk analysis principle of «costs-benefits». It narrows application of sustainable development statements and Ecostrategy-2019, which require ecological natural resources usage, anthropogenic environment influence decrease, ecological activity effectiveness parameters increase.

The paper proposes EIE system approach implementation due to complex achieving of economical objects sustainable ecological development. Systemology was examined as base for heterogeneous objects information models creation during interdisciplinary problem solving of complex «object-environment» systems research.

Ecological technological safety at business objects control system creation reasonability is noticed in complex aspect according to strategically ecological estimation. It allows to determine current environment state and planned activity potential influence upon population inside determined area.

Research subject is technological safety at business objects ecological control system with dangerous environment influence prevention strategy.

Research subject is technological safety at business objects ecological control system development for petrol station as example.

Key words: technological ecological safety, technological danger control, complex research systemology, system modelling, complex ecological estimation, quality estimation scale, information support, ecological quality control program.

REFERENCES

- Jurkiv, N. M., Didovych, I. I., & Kul'chyc'ka, E. A. (2021). Metodyka rozrahunku rivnja ekologichnoi' bezpeky eksportnoi' dijal'nosti lisogospodars'kyh pidpryemstv [Methodology for calculating the level of environmental safety of export activities of forestry enterprises]. *Naukovy visnyk NLTU Ukrainy*, 31(1), 62-67. DOI: 10.36930/40310110. [in Ukrainian]
- Bauer-Simpson, K. (2020). *What is the Difference Between Environmental Assessment and Environmental Impact Assessment?* Focused Vision Consulting Pty Ltd. URL: <https://www.focusedvision.com.au/what-is-the-difference-between-environmental-assessment-and-environmental-impact-assessment/>.
- USAID. (2022). *Strategichna ekologichna ocinka kompleksnogo planu [Strategic environmental assessment of the comprehensive plan]*. Kyiv. URL: https://decentralization.ua/uploads/library/file/819/SEO_ready.pdf. [in Ukrainian]
- Pro strategichnu ekologichnu ocinku [On strategic environmental assessment]*. 2354-VIII Law of Ukraine. (2018). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text>. [in Ukrainian]
- Partidário, M. R., & Sheate, W. (2017). High speed rail comparative strategic assessments in EU member states. *Environmental Impact Assessment Review*, 66, 1-13. DOI: 10.1016/j.eiar.2017.05.00.
- Therivel, R., & Gonzalez, A. (2020). Is SEA worth it? Short-term costs v. long-term benefits of strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 83, 106411.
- González, A. (2022). Strategic environmental assessment monitoring: the enduring forgotten sibling. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 40(2), 168-176. DOI: 10.1080/14615517.2022.2031552.
- Del Campo González, A., Théritel, R., & Malepe, K. (2021). *Tiering of Environmental Assessment – the Influence of SEA on Project Level EIA*. Ireland: Environmental Protection Agency. URL: https://www.epa.ie/publications/research/epa-research-2030-reports/Research_Report_391.pdf.
- Gutierrez, M., Bekessy, S. A., & Gordon, A. (2021). Biodiversity and ecosystem services in strategic environmental assessment: an evaluation of six Australian cases. *Environmental Impact Assessment Review*, 87, 106552. URL: DOI:10.1016/j.eiar.2021.106552.
- Therivel, R., & González, A. (2021). “Ripe for decision”: tiering in Environmental Assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 87, 106520. DOI: 10.1016/j.eiar.2020.106520.
- Fischer, T. B., & Retief, F. (2021). Does strategic environmental assessment lead to more environmentally sustainable decisions and action? Reflections on substantive effectiveness. *Handbook on Strategic Environmental Assessment*, 114-125.
- Jurkiv, N. M. (2019). Metodyka ekologo-ekonomichnogo ocinjuvannja vyrobnychogo navantazhennja na lisovi ekosystemy v procesi zagotivli derevyny na eksport []. *Naukovy visnyk NLTU Ukrainy. Serija ekonomichna*, 29(4), 38-41. DOI: 10.15421/40290407. [in Ukrainian]
- Rousseau, D. (2017). Systems Research and the Quest for Scientific Systems Principles. *Systems*, 5(2), 25. DOI: 10.3390/systems5020025.
- Chai, Y. N., Wei, G. J., Hou, W., Feng, Z.-X., & Zhai, L. (2018). Multi-scale eco-environmental quality evaluation method from a spatial perspective. *Chinese Journal of Ecology*, 37(2), 596-604. DOI: 10.13292/j.1000-4890.201802.013.
- Gao, B. J., & Chen, M. Y. (2018). A review of eco-environmental quality assessment. *Hebei Journal of Forestry and Ecological Sciences*, 33(1), 1-6. URL: https://caod.orioprobe.com/articles/53808742/A_review_of_eco_environmental_quality_assessment.htm.
- Zhang, S., Yu, W., & Chen, T. (2021). Comprehensive Evaluation Model of Environmental Quality in Ecological Reserve. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 4994353. DOI: 10.1155/2021/4994353.
- Kozulja, T. V. (2023). Koncepcija informacijno-entropijnogo prostoru pobudovy modelej systemnyh ob'ektiv dlja zadach stalogo rozvytku [The concept of the information-entropy space for building models of system objects for the tasks of sustainable development]. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2(65), 20-31. DOI: 10.15588/1607-3274-2023-2-3. [in Ukrainian]
- Chugaj, A. V., & Safranov, T. A. (2021). *Metody ocinky tehnogennogo vplyvu na dovkilja [Methods of assessing technogenic impact on the environment]*. Odessa: Vydavec' Bukajev Vadym Viktorovych. [in Ukrainian]

19. Chugaj, A. V. (2015). Ocinka vplyvu eksploatacii' avtozapravnyh stancij na navkolyshnje pryrodne seredovyshe [Assessment of the impact of gas station operation on the natural environment]. *Visnyk Harkivs'kogo nacional'nogo avtomobil'no-dorozhn'ogo universytetu*, 71, 97-102. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad_2015_71_17. [in Ukrainian]
20. Kozulja, T. V., & Korshunov, S. Je. (2023). Formuvannja informacijno-matematychnogo zabezpechennja ekologichnoi' ocinky dijal'nosti AZS [Formation of informational and mathematical support for environmental assessment of gas station activity]. *Kompleksne vykorystannja resursiv dovykillja: zb. mater. I Vseukr. nauk.-prakt. konf. (Luc'k, 20 lystopada 2023 r.)*, 98-101. URL: <https://donntu.edu.ua/main/i-vseukrayinska-naukovo-praktychna-konferentsiya-kompleksne-vykorystannya-resursiv-dovkillja.html>. [in Ukrainian]
21. *Pro ocinku vplyvu na dovykillja [On environmental impact assessment]*. 2059-VIII Law of Ukraine. (2017). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text>. [in Ukrainian]
22. *Pro zatverdzhennja metodychnyh rekomendacij "Ocinka ryzyku dlja zdorov'ja naseleennja vid zabrudnennja atmosferного povittrja"* [On the approval of methodological recommendations "Risk assessment for public health from atmospheric air pollution"]. 184 Order of Ministry of Health of Ukraine. (2007). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text>. [in Ukrainian]
23. Kozulja, T. V., & Korshunov, S. Je. (2023). Informacijno-programna pidtrymka kompleksnoi' ocinky tehnogenno-ekologichnoi' bezpeky na AZS na osnovi systemologichnogo pidhodu [Information and software support for the comprehensive evaluation of technogenic and ecological safety at gas stations based on a systemological approach]. *Technogenic and Ecological Safety*, 13(1/2023), 31-44. DOI: 10.52363/2522-1892.2023.1.5. [in Ukrainian]
24. Kozulja, T. V., & Korshunov, S. Je. (2023). Informacijne zabezpechennja rozv'jazku problemnyh zadach zahystu dovykillja pry roboti AZS [Information support for solving problematic problems of environmental protection during gas station operation]. *Materialy P'jatoi' Vseukrai'ns'koi' naukovo-praktychnoi' konferencii' «Jevrointegracija ekologichnoi' polityky Ukra'ny»*, 55-60. URL: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/12256>. [in Ukrainian]
25. Kozulja, T. V., & Korshunov, S. Je. (2023). Rozrobka i zastosuvannja informacijno-programnogo zabezpechennja dlja operatyvnogo kompleksnogo ocinjuvannja rivnja ekobezpeky dijal'nosti AZS [Development and application of information and software for operational comprehensive assessment of the level of eco-safety of gas station operations]. *XVII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferencija magistrantiv ta aspirantiv «Teoretychni ta praktychni doslidzhennja molodyh vchenyh»*, 136-137. URL: <https://web.kpi.kharkov.ua/pbme/xvii-mizhnarodna-naukovo-praktychna-konferentsiya-magistrantiv-ta-aspirantiv-2023/>. [in Ukrainian]