

ТЕХНОГЕННА ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

УДК 502.175 : 332.142.6 : 004.9

*М.І. Адаменко, д-р техн. наук, професор, Н.Г. Кучук
(Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна)*

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ

Значна частина території України перебуває у екологічно незадовільному стані через перенасичення навколишнього середовища різними токсичними сполуками. Постійно зростає техногенне навантаження, що впливає на рівень екологічної безпеки. Головним завданням на ближчий час має стати мінімізація підвищення рівня антропогенного впливу на довкілля. Розроблена узагальнена математична модель процесу забезпечення екологічної рівноваги на макрорівні – рівні держави. Сформульована цільова функція та ресурсні обмеження задачі мінімізації відхилення від екологічної рівноваги на фіксованому часовому інтервалі.

Ключові слова: екологічна рівновага, навколишнє середовище, промислові відходи, забруднення.

Н.И. Адаменко, Н.Г. Кучук

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

Значительная часть территории Украины находится в экологически неудовлетворительном состоянии из-за перенасыщения окружающей среды различными токсическими соединениями. Постоянно растет техногенная нагрузка, которая влияет на уровень экологической безопасности. Главной задачей на ближайшее время должна стать минимизация повышения уровня антропогенного воздействия на окружающую среду. Разработана обобщенная математическая модель процесса обеспечения экологического равновесия на макроуровне – уровне государства. Сформулирована целевая функция и ресурсные ограничения задачи минимизации отклонения от экологического равновесия на фиксированном временном интервале.

Ключевые слова: экологическое равновесие, окружающая среда, промышленные отходы, загрязнение.

M.I. Adamenko, N.G. Kuchuk

THEORETICAL BASIS OF ENVIRONMENTAL BALANCE

Much of the territory of Ukraine is in poor condition due to saturation of the environment by various toxic compounds. Human impacts that affect the level of environmental safety have been increasing constantly. The accumulation of waste has become one of the most important factors of environmental pollution, negative influence on all of its components. The generalized mathematical model of the process of ensuring ecological balance at the macro level – the state level has been devised. Objective function and resource constraints problem of minimizing the deviation from the ecological balance at a fixed time interval has been formulated.

Key words: ecological balance, environmental, industrial waste, pollution.

Вступ та аналіз літературних джерел. У сучасному суспільстві ряд причин змінюється статус проблем безпеки, що зумовлені впливом різного рівня загроз: глобальних, регіональних і національних; природних, техногенних та все частіше – соціально-екологічних. Сьогодні екологічну ситуацію на території України в цілому можна охарактеризувати як напружену. Рівень екологічної безпеки здебільшого обумовлений надзвичайно високим техногенним навантаженням, що постійно зростає [1 – 4].

Економіці України притаманна висока питома вага ресурсомістких та енергоємних технологій, впровадження та нарощування яких здійснювалося найбільш дешевим способом без будівництва відповідних очисних споруд. Це було можливим за відсутності ефективно діючих правових, адміністративних та економічних механізмів природокористування та врахування вимог екологічної безпеки [5]. У нашій країні й досі не існує економічних стимулів впровадження екологічно безпечних технологій виробництва. Низьким залишається рівень застосування інноваційних, ресурсозберігаючих та природоохоронних технологій, включаючи і технології переробки, утилізації та знищення відходів .

Накопичення відходів стало одним із найбільш вагомих факторів забруднення навколишнього природного середовища, негативного впливу на всі його компоненти [2]. Порушити екологічний баланс зовсім нескладно, незмірно важче його відновити. Речовини що руйнують навколишнє середовище, дуже стійкі. Однак деякі речовини змішуються та нейтралізують одна одну, а деякі залишаються незмінними та мають руйнівну силу до 100 років, наприклад різні види фреонів [4]. Тому розширення сфери, пов'язаною з утворенням відходів, їх утилізацією, знешкодженням та екологічно безпечним видаленням і послідовним зменшенням їх накопичень, має стати одним із найважливіших завдань.

Мета дослідження. Основним завданням роботи є проведення аналізу факторів, що впливають на стан екологічної рівноваги регіонів України та розробка узагальненої математичної моделі процесу забезпечення екологічної рівноваги на рівні держави.

Виклад основного матеріалу. Понад 20% території України перебуває у незадовільному стані через перенасичення ґрунтів різними токсичними сполуками. Основними джерелами їх забруднення є сільське господарство, промисловість і транспорт.

Основне навантаження на довкілля у промисловому секторі справляють підприємства хімічної, металургійної, гірничодобувної галузей та електроенергетики. Також на територіях атомних електростанцій здійснюється первинна переробка та тимчасове зберігання радіоактивних відходів. Обмеження асигнувань на запобіжні заходи безпеки підвищує рівень ризику виникнення аварій з екологічними наслідками.

Аварії на промислових підприємствах і пов'язана з ними проблема погіршення екологічної обстановки головним чином викликані низьким рівнем безпеки виробництва, недостатньою підготовкою кадрового ресурсу, застарілими технологіями або недостатнім забезпеченням виконання технологічних регламентів тощо. В результаті промислових аварій виникають антропогенні зміни екосистем, які здатні чинити відчутний довгостроковий вплив на здоров'я і добробут людей та стан природного середовища.

Удосконалення системи забезпечення екологічної безпеки, наявної в Україні, має стати одним із пріоритетних напрямів державної політики на основі системного аналізу, із врахуванням процесів трансформації в економіці та державному управлінні, які є на нинішньому етапі розвитку нашої держави. Тому головним завданням на ближчий час має стати мінімізація підвищення рівня антропогенного впливу на довкілля.

Заміна технологій і технічне переоснащення підприємств потребує значних капіталовкладень, що в зв'язку зі спадом виробництва та несприятливим інвестиційним кліматом на найближчу перспективу є мало реальним.

На даному етапі як вихід слід розглядати здійснення не капіталомісткої, самоокупної модернізації із застосуванням системно-екологічного підходу, який має передбачати ком-

плекс технологічних, управлінських і господарських удосконалень і нововведень, спрямованих на поліпшення екологічних характеристик виробництва [5, 6].

Основними загрозами навколишнього середовища є:

- значне антропогенне порушення і техногенна перевантаженість території України, зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;
- нераціональне, виснажливе використання мінерально-сировинних природних ресурсів як невідновлюваних, так і відновлюваних;
- негативні соціально-екологічні наслідки Чорнобильської катастрофи;
- погіршення екологічного стану водних басейнів, загострення проблеми транскордонних забруднень та якості води;
- загострення техногенного стану гідротехнічних споруд каскаду водосховищ на р. Дніпро;
- неефективність заходів щодо подолання негативних наслідків та іншої екологічно небезпечної діяльності;
- посилення впливу шкідливих генетичних ефектів у популяціях живих організмів, зокрема генетично змінених організмів, та біотехнологій;
- застарілість та недостатня ефективність комплексів з утилізації токсичних і екологічно небезпечних відходів;

Відповідно до світової та європейської практики передбачається розвиток вже існуючих і запровадження нових механізмів регулювання екологічної безпеки, зокрема:

- ідентифікація небезпечних видів діяльності як основного критерію при оцінці стану екологічної безпеки;
- ліцензування небезпечних видів діяльності як інструменту регулювання рівня безпеки при роботі з небезпечними речовинами та процесами;
- страхування екологічних ризиків.
- здійснення екологічного аудиту як одного з можливих інструментів оцінки рівня небезпечності;
- застосування поняття “ризик” як інтегрального показника можливих екологічних загроз;

Забезпечення екологічної безпеки є не лише необхідною умовою для забезпечення права громадян України на безпечне для життя та здоров'я довкілля, гарантованого статтею 50 Конституції України, але і невід'ємною умовою для просування держави на шляху інтеграції до європейської спільноти.

У 2013 році в промисловому комплексі України функціонувало близько 1000 об'єктів, на яких зберігалися або використовувалися у виробництві небезпечні хімічні речовини у кількості понад 219 тис. тонн (зокрема, близько 4 тис. тонн хлору, 117 тис. тонн аміаку та близько 99 тис. тонн інших небезпечних хімічних речовин).

Серед цих об'єктів найбільш небезпечними є об'єкти з виробництва вибухових речовин та утилізації непридатних боєприпасів; підприємства хімічної та нафтопереробної промисловості; об'єкти, що використовують хлор та аміак (холодильні установки, установки з очищення води тощо), склади пестицидів та агрохімікатів, аміакопроводи.

Найбільша кількість хімічно небезпечних об'єктів знаходиться у Донецькій, Дніпропетровській, Луганській, Харківській областях.

Усього в зонах можливого хімічного зараження потенційно небезпечних об'єктів мешкає значна частина населення України. Найбільша кількість хімічно небезпечних об'єктів зосереджена в Донецькій, Дніпропетровській, Луганській та Харківській областях.

До найбільш поширених небезпечних хімічних речовин, наявних на підприємствах хімічної промисловості належать аміак, хлор, діоксид азоту, акрилонітрил, сірковий ангідрид, азотна кислота, сірчана кислота, метанол, бензол, карбамідо-аміачні суміші, гідроксид

натрію, формальдегід.

Загалом слід зазначити, що стан забруднення навколишнього природного середовища внаслідок діяльності підприємств хімічної галузі у 2013 році суттєво не змінився порівняно з попередніми роками.

Розглянемо математичну модель процесу забезпечення екологічної рівноваги на макрорівні – рівні держави.

Введемо множину потенційно небезпечних об'єктів (ПНО):

$$M_{\text{ПНО}} = \{m_i^{(\text{ПНО})}\}; \quad i = \overline{1, N_{\text{ПНО}}}, \quad \text{card } M_{\text{ПНО}} = N_{\text{ПНО}}, \quad (1)$$

де $N_{\text{ПНО}}$ – кількість ПНО.

Кожний i -й елемент множини (1) визначимо таким кортежем:

$$m_i^{(\text{ПНО})} = \langle \chi_i, \bar{V}_i, \bar{r}_i, T_i \rangle, \quad (2)$$

де χ_i – закон розподілу ймовірності випадкової величини $t_i^{(H)}$ – часу виникнення надзвичайної ситуації (НС) на часовому інтервалі моделювання $[0, T]$;

\bar{V}_i – вектор, що визначає просторові координати розповсюдження наслідків i -ої НС;

$\bar{r}_i = (r_i^{(1)}, r_i^{(2)}, \dots, r_i^{(L)})$, $\text{card } \bar{r}_i = L \quad \forall i \in \overline{1, N_{\text{ПНО}}}$ – вектор випадкових величин, що харак-

теризують рівні різнотипних класів ресурсів (у даному випадку під ресурсом мається на увазі ресурс, котрий використовується для локалізації та ліквідації наслідків НС), L – кількість класів ресурсів;

T_i – випадкова величина, що визначає час, необхідний для ліквідації наслідків НС.

Зазначимо, що з (1) та (2) можна визначити математичні сподівання випадкових величин $t_i^{(H)} - \mu(t_i^{(H)})$ та $T_i - \mu(T_i)$.

Також введемо множину заходів, що здійснюються для підтримки екологічної рівноваги (ПЕР) протягом досліджуваного періоду:

$$M_{\text{ПЕР}} = \{m_j^{(\text{ПЕР})}\}; \quad j = \overline{1, N_{\text{ПЕР}}}, \quad \text{card } M_{\text{ПЕР}} = N_{\text{ПЕР}}, \quad (3)$$

де $N_{\text{ПЕР}}$ – кількість заходів, запланованих на протязі часового періоду, що моделюється.

Кожний j -й елемент множини (3) визначимо таким кортежем:

$$m_j^{(\text{ПЕР})} = \langle \chi_j, \bar{V}_j, \bar{r}_j, p_j \rangle, \quad (4)$$

де χ_j – закон розподілу ймовірності випадкової величини $t_j^{(\Sigma)}$ – сумарний час реалізації j -го заходу, що здійснюється для підтримки екологічної рівноваги впродовж досліджуваного періоду $[0, T]$;

\bar{V}_j – вектор просторових характеристик j -го заходу ПЕР;

$\bar{r}_j = (r_j^{(1)}, r_j^{(2)}, \dots, r_j^{(L)})$, $\text{card } \bar{r}_j = L \quad \forall j \in \overline{1, N_{\text{ПЕР}}}$ – вектор випадкових величин, що харак-

теризують рівні різнотипних класів ресурсів, що необхідні для реалізації j -го заходу ПЕР;

p_j – відносний пріоритет j -го заходу ПЕР ($0 < p_j < 1$).

Введемо функціонал визначення екологічного стану держави:

$$F = F(M_{\text{ПНО}}, M_{\text{ПЕР}}, t), \quad t \in (0, T). \quad (5)$$

Тоді умова підтримання процесу забезпечення екологічної рівноваги держави буде мати такий вигляд:

$$\Delta F = |F(M_{\text{ПНО}}, M_{\text{ПЕР}}, 0) - F(M_{\text{ПНО}}, M_{\text{ПЕР}}, T)| \rightarrow \min. \quad (6)$$

При цьому основними обмеженнями цільової функції (5) є ресурсні:

$$\sum_{i=1}^{N_{\text{ПНО}}} k_i^{(\ell)} r_i^{(\ell)} + \sum_{j=1}^{N_{\text{ПЕР}}} k_j^{(\ell)} r_j^{(\ell)} \leq R^{(\ell)}, \quad \forall \ell \in \overline{1, L}, \quad (7)$$

де $k_{\gamma}^{(\ell)}$ – коефіцієнти саморелаксації природи, що дають змогу знизити рівень витрат ресурсів класу ℓ при ліквідації НС або заходах ПЕР, $0 \leq k_{\gamma}^{(\ell)} \leq 1$, причому граничні значення мають такий сенс:

$k_{\gamma}^{(\ell)} = 0$ – для даного класу ресурсів релаксаційний ефект відсутній;

$k_{\gamma}^{(\ell)} = 1$ – релаксаційний ефект дає змогу відновити екологічну рівновагу у повному обсязі.

При подальшій деталізації узагальненої математичної моделі (6)-(7) необхідно враховувати як взаємодію елементів множин (1) та (3), так і багато різних додаткових факторів, наприклад умовну замкненість досліджуваної системи (можливість екологічного забруднення зовні), черги на використання ресурсів в залежності від пріоритетів p_i тощо. Це суттєво збільшує розмірність моделі, що робить її практично нереалізованою. Тому надалі необхідно провести стратифікацію моделі за рівнями географічних та адміністративних регіонів.

Висновок. Забезпечення екологічної безпеки на потенційно небезпечних об'єктах потребує технічного переоснащення виробництва з впровадженням новітніх ресурсо- та енергозберігаючих технологій, посилення нагляду за неухильним задоволенням потреб промислової безпеки на потенційно небезпечних об'єктах, забезпечення комплексного переробки, утилізації, вивезення та захоронення відходів виробництва.

Розроблена узагальнена математична модель процесу забезпечення екологічної рівноваги на макрорівні – рівні держави. Сформульована цільова функція та ресурсні обмеження задачі мінімізації відхилення від екологічної рівноваги на фіксованому часовому інтервалі.

Напрямок подальших досліджень – розробка стратифікованої математичної моделі процесу забезпечення екологічної рівноваги за рівнями географічних та адміністративних регіонів.

Список літератури

1. Адаменко М.І. Структура моніторингу екологічної безпеки регіонів України / М.І. Адаменко, Н.Г. Кучук // *Методи підвищення ресурсу міських інженерних інфраструктур: Тези за матеріалами VI всеукраїнського наукового семінару 15-16 жовтня.* – Харків, 2014. – С. 9-11.

2. Биченок М.М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою / М.М. Биченок. – К.: Ін-т проблем нац. безпеки, 2005. – 196 с.

3. Кучук Н.Г. Моделювання та аналіз екологічного стану регіонів України / Н.Г. Кучук // *Науковий вісник будівництва : збірник наукових праць.* – Х.: Харківський національний університет будівництва та архітектури, 2014. – №3(77). – С. 223-226.

4. Мусієнко М.М. Екологія: тлумачний словник / М.М. Мусієнко, В.В. Серебряков, О.В. Брайон. – К.: Либідь, 2004. – 376 с.

5. **Національна доповідь** про стан навколишнього природного середовища у 2013 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2013.html.