

4. Зорин, В. М. Исследование и математическое моделирование АЭС на основе системного подхода [Текст] / В. М. Зорин. - М. : Издательство МЭИ, 2002. - 88 с.
5. Солодянников, В. В. Расчет и математическое моделирование процессов водоподготовки [Текст] / В. В. Солодянников. - М. : Энергоатомиздат, 2003. - 384 с.
6. Гартман, Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов [Текст] / Т. Н. Гартман, Д. В. Клущин. - М. : Академкнига, 2006. - 416 с.
7. Медведев, Р. Б. Программно-технический комплекс для управления водно-химическим режимом второго контура АЭС [Текст] / Р. Б. Медведев, О. В. Сангинова, А. А. Евтушенко, С. Л. Мердух. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2010. - №44. - С. 33-36.

*Обґрунтовано опис зміни станів екосистеми марковським процесом. Синтезована стохастична модель розвитку процесів в екосистемі регіону під впливом природокористування. Модель верхнього рівня реалізована рівнянням Колмогорова – Чепмена, нижнього рівня – імовірісно-автоматними моделями*

*Ключові слова: стохастичне моделювання, екосистема, марковські процеси*

*Обоснована возможность описания изменения состояний экосистемы марковским процессом. Синтезирована стохастическая модель развития процессов в экосистеме региона под воздействием природопользования. Модель верхнего уровня реализована с помощью уравнением Колмогорова – Чепмена, нижнего уровня - вероятностно-автоматными моделями*

*Ключевые слова: стохастическое моделирование, экосистема, марковские процессы*

*Proves that the ecosystem changes may be described by Markov process. The stochastic model of the regional ecosystems processes development under the effect of nature management was synthesized. The upper level model is realized using Kolmogorov-Chapman's equations, the lower level – of probability-automation models*

*Key words: stochastic modelling, ecosystem, markov processes*

УДК 001.573.681

# СТОХАСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПРОЦЕСІВ ПІД ДІЄЮ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ В РЕГІОНІ

**О. А. Котовенко**

Кандидат технічних наук, доцент, завідувачий лабораторією\*

Контактний тел.: (044) 245-42-12, 095-822-84-78

E-mail: diekknuba@ukr.net

**Л. І. Соколевська**

Кандидат економічних наук, старший науковий співробітник  
Міжнародний науково-учбовий центр інформаційних технологій і систем НАН та МОН України  
пр. Академіка Глушкова, 40, г. Київ, 03680

Контактний тел.: 063-574-79-49

**О. Ю. Мірошниченко**

Науковий співробітник\*

Контактний тел.: (044) 245-42-12, 050-609-93-55

E-mail: elenamiroshka@ukr.net

\*Лабораторія проблем моделювання в екології  
Державний інженерно-екологічний комплекс  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
вул. Освіти, 4, г. Київ, Україна, 03037

## 1. Вступ

Забезпечення сталого розвитку регіонів, як основи екологічно-безпечної життєдіяльності людини, є одним з напрямків стратегії сталого розвитку, метою якої є збереження рівноваги взаємовідносин суспільства і природи. Базовою проблемою в цьому напрямку є вирішення задачі раціонального природокористування. Оскільки всі глобальні проблеми при

природокористуванні зароджуються на регіональному рівні, то дослідження регіональних промислових екосистем є базовим підходом.

Процес формування і розвитку природокористування в екосистемі супроводжується споживанням природних ресурсів і антропогенною зміною в зв'язку з цим властивостей екосистеми. При цьому характер цих змін обумовлений регіональними особливостями природних ландшафтів, що перетворюються, які,

в свою чергу, залежать від природних (географічних) та кліматичних особливостей регіону, а також характеру природокористування.

В реальних умовах число локальних змін, що накопичуються, а також послідовність їх появи і характер зміни – випадкові фактори (з точки зору реакції природи, а не господарської потреби суспільства), їх статистичні характеристики пов'язані з функцією екологічної надійності екосистеми. Аналіз таких факторів і функцій методологічно виправданий з позиції теорії марковських випадкових процесів, а також теорії надійності складних систем з накопиченням порушень.

## 2. Постановка задачі

Промислова екосистема, як будь-яка інша складна система, - багатокомпонентна багатозв'язкова система із складними міжкомпонентними взаємодіями. У якості підсистем екосистеми розглядаються атмосфера, літосфера (грунт), гідросфера. Ці підсистеми динамічні і змінюють в певний момент часу свій стан під впливом природокористування.

Перехід із стану в стан підсистеми може бути представлений інформаційним графом, вершини якого задають імовірність знаходження підсистеми у даний момент у певному стані, а дуги відповідають значенням інтенсивностей переходу підсистеми із стану в стан. Стан екосистеми можна охарактеризувати значенням таких її показників, як екологічна ємність та екологічний потенціал у певний момент часу. Стан регіональної екосистеми (системи верхнього рівня) задається вектором значень інтегрального показника підсистеми (значеннями потенціалів).

Вирішення задачі вимагало проведення дослідження регіону як складної багатокомпонентної системи. Для цього застосовано системний структурно-функціональний аналіз при дослідженні регіональних промислових екосистем як одиниць природокористування для дослідження та визначення умов і механізмів процесів природокористування.

Однією з проблем в цьому напрямку є вирішення задачі раціонального природокористування, базовим підходом до якої є дослідження регіональних промислових екосистем.

## 3. Моделювання

Пропонується визначення екологічної ємності екосистеми, як екологічного критерію оцінки її станів в процесі природокористування. Під екологічною ємністю будемо розуміти здатність екосистеми (природного, природно-антропогенного середовища) певним чином виконувати задачу чи притаманну їй функцію в умовах екзо- та ендегенних природних та техногенних навантажень.

На екосистему, окрім техногенних дій, впливають і природні збурення, тобто перехід екосистеми із стану в стан обумовлюється і імовірнісними факторами, а також станом в попередній момент часу, тому динаміку переходу із стану в стан екосистеми можна розглядати як дискретний марківський процес, зміна

станів якого задається рівняннями Колмогорова-Чепмена [1,2].

Синтезована стохастична ситуаційна модель розвитку процесів в складових екологічних систем під дією природокористування. Ця модель має ієрархічну структуру. Модель верхнього рівня ієрархії будується на основі теорії марковських процесів і представляє собою систему диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена, що описує перехід екосистеми із стану в стан під дією природокористування. Візуально модель представляється як направлений інформаційний граф, вершини якого задають ймовірність того, що система знаходиться у даний момент в одному з екологічних станів, які характеризуються ємністю екосистеми в даний момент часу. В результаті структурно функціонального аналізу екосистеми, що досліджується, визначені моделі нижнього ієрархічного рівня, які описують результати дії природокористування на окремі підсистеми (складові) екосистеми. Для синтезу таких моделей застосовано метод ймовірнісно-автоматного моделювання.

Система диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена для випадку N можливих станів промислової екосистеми загальному вигляді може бути подана наступним чином:

$$\begin{aligned} \frac{dp_1(t)}{dt} &= \lambda_{21}p_2(t) + \lambda_{31}p_3(t) + \dots + \\ &+ \lambda_{N1}p_N(t) - (\lambda_{12} + \lambda_{13} + \dots + \lambda_{1N})p_1(t), \\ \frac{dp_2(t)}{dt} &= \lambda_{12}p_1(t) + \lambda_{32}p_3(t) + \dots + \\ &+ \lambda_{N2}p_N(t) - (\lambda_{21} + \lambda_{23} + \dots + \lambda_{2N})p_2(t); \\ \dots \\ \frac{dp_N(t)}{dt} &= \lambda_{1N}p_1(t) + \lambda_{2N}p_2(t) + \dots + \\ &+ \lambda_{N-1,N}p_{N-1}(t) - (\lambda_{N1} + \lambda_{N2} + \dots + \lambda_{N,N-1})p_N(t). \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^N p_i(t) = 1,$$

де  $\lambda_{ij}$  - інтенсивність (потужність) потоку подій, що переводить екосистему з i-го стану в j-й стан ;  $p_i(t)$  – ймовірності того, що у момент часу t система знаходиться у деякому i-му стані.

Початкові умови для інтегрування системи диференціальних рівнянь відображають стан системи у початковий момент. Якщо, наприклад, система при  $t=0$  була в деякому стані  $k$ , то припускають  $p_k(0)=1$ ,  $p_i(0)=0$ , при  $i \neq k$ . Зауважимо, що граничним режимом для системи називається випадковий процес, що встановлюється у системі при  $t \rightarrow \infty$ . Якщо вважати, що в число станів системи входить хоча б один стан без виходу (для екосистеми – критичний стан), то при  $t \rightarrow \infty$  система з практичною достовірністю опиняється в ньому.

Якщо всі потоки подій, що переводять систему із стану в стан стаціонарні ( $\lambda_{ij} = \text{const}$ ), та загальна кількість станів скінченна, а станів без виходу немає, то граничний режим існує і характеризується граничними ймовірностями станів  $p_1, p_2, \dots, p_N$ , причому ( $\sum_{i=1}^N p_i = 1$ ).

Промислова екосистема, як будь-яка інша складна система, - багатокомпонентна багатозв'язкова система із складними міжкомпонентними взаємодіями. У якості підсистем екосистеми розглядаються атмосфера, літосфера (грунт), гідросфера. Ці підсистеми динамічні і змінюють в певний момент часу свій стан під впливом природокористування. Перехід із стану в стан підсистеми може бути представлений інформаційним графом, вершини якого задають імовірність знаходження у даний момент у певному стані  $i_k$  ( $i_k = \overline{1, n_k}$ ; де  $k$  – кількість підсистем), а дуги відповідають значенням інтенсивностей переходу підсистеми  $k$  із стану  $i$  в стан  $j$  та позначаються як  $\gamma_{ij}^k$ . Стан екосистеми можна охарактеризувати значенням таких її показників, як екологічна ємність та екологічний потенціал у певний момент часу. Стан регіональної екосистеми (системи верхнього рівня) задається вектором  $(e_1, e_2, e_3)$  де  $e_k$  - значення інтегрального показника підсистеми (значення потенціалу)  $k$ -ї підсистеми.

Якщо  $e_k \in [a_i, b_i]$ , (де  $a_i$  та  $b_i$  – відповідно верхня та нижня границя  $i$ -того можливого інтервалу значень досліджуваного показника, то це означає, що підсистема  $k$  знаходиться у стані  $i_k$ . Інтенсивність переходу загальної системи із стану  $i$  в стан  $j$ , ( $i, j = \overline{1, N}$ ), слід розглянути як імовірність зміни покомпонентного набору вектора стану. Інтенсивність  $\lambda_{ij}$  загальної системи залежить від інтенсивностей (ймовірностей)  $\gamma_{i\phi}^k$  зміни станів кожної конкретної  $k$ -ї ( $k = \overline{1, 3}$ ) підсистеми. Визначення умовних ймовірностей переходу екосистеми із одного стану в інший вирішується на основі теореми множення ймовірностей [1,2].

Якщо число можливих значень підсистеми “грунт” –  $n_1$ , підсистеми “атмосфера” –  $n_2$ , а підсистеми “вода” –  $n_3$ , то число  $N$  – кількість можливих станів екосистеми за правилом добутку, що існує в комбінаториці, можна розрахувати як:  $N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$ .

Якщо вважати, що кожна з підсистем загальної екосистеми може знаходитися в одному з  $n$  можливих станів, а кількість самих підсистем –  $k$ , то за правилами комбінаторики число  $N$  може розраховуватися як кількість  $k$ - розміщень з повтореннями із елементів  $n$  видів:  $N = A_n^k = n^k$  [3].

Можливі стани екосистеми можуть бути задані сукупністю векторів:

$$\{A_i = (i_1, i_2, i_3); i = \overline{1, N}; i_1 = \overline{1, n_1}; i_2 = \overline{1, n_2}; i_3 = \overline{1, n_3}\}.$$

Розрахунок  $\lambda_{ij}$  – інтенсивностей переходу системи  $S$  із стану  $i$  в стан  $j$  ( $i, j = \overline{1, N}$ ) здійснюється на основі значень  $\gamma_{i\phi}^k$  – інтенсивностей переходу із стану  $i$  в стан  $\phi$  в  $k$ -й підсистемі. Якщо 1-й стан системи  $S$  позначити як вектор  $(1,1,1)$  (вважаємо  $k=3$ ), то  $\lambda_{11} = \gamma_{11}^1 \gamma_{11}^2 \gamma_{11}^3$ . 2-й стан системи  $S$  можемо розглядати як вектор  $(1,1, 2)$ , інтенсивність переходу в який з 1-го стану розраховується як:  $\lambda_{12} = \gamma_{11}^1 \gamma_{11}^2 \gamma_{12}^3$ . Нумеруючи стани системи  $S$  відповідно з послідовною зміною елементів вектора  $A_i = (i_1, i_2, i_3)$ , починаючи з його останнього елемента, за аналогією з попереднім будемо здійснювати розрахунок інтенсивностей  $\lambda_{ij}$  ( $i, j = \overline{1, N}$ ) системи  $S$ .

Розрахунок  $\gamma_{i\phi}^k$  здійснюється окремо для кожної  $k$ -ї підсистеми за допомогою побудови відповідної ймовірнісно-автоматної моделі.

На нижньому рівні ієрархії для дослідження процесів, що проходять у компонентах промислової екосистеми під дією техногенного навантаження, що спричинене природокористуванням, може бути використаний метод імовірнісно-автоматного моделювання [3]. Вхідною інформацією для цього рівня є статистичні дані та гіпотези відносно закону розподілу стосовно техногенних навантажень та антропогенних змін у конкретних підсистемах промислової екосистеми. Вихідною інформацією – значення інтенсивностей переходу із стану в стан відповідної підсистеми промислової екосистеми, що є вхідною інформацією для моделі верхнього рівня.

В залежності від інтенсивності накопичення антропогенних змін та умовної інтенсивності рівноважних переходів екосистеми вирази для ймовірності функціонування екосистеми в стійкому стані набувають різний вигляд.

Але вони суттєво спрощуються, якщо період дослідження досить довгий. Виконуючи перехід часу до нескінченності, маємо граничну умовну ймовірність накопичення антропогенних змін у рівноважній екосистемі.

При здійсненні автоматного моделювання моменти автоматного часу обираються таким чином, щоб вони були спільномірними з процесом, який досліджується. Метод надає можливість визначення змін станів екосистеми та розрахунку її характеристик та показників.

Для того, щоб задати імовірнісний автомат, необхідно визначити множини значень, які можуть приймати внутрішній стан, вхідний та вихідний сигнали, тобто внутрішній вхідний та вихідний сигнали автомата. Повинно бути визначено початковий стан автомата. Вирішення конкретної задачі за допомогою імовірнісно-автоматного моделювання припускає наявність певних послідовних етапів [4].

Перш за все вивчаються типи досліджуваних факторів впливів природокористування на відповідні характеристики (параметри) визначеного компоненту промислової екосистеми. Основою побудови ймовірнісно-автоматних моделей для вирішення поставлених задач нижчого за ієрархією ступеню є такі статистичні дані:

- 1) початкові дані стосовно факторів, що характеризують основний показник стану даного компоненту регіональної промислової екосистеми (повітря, грунт, гідросфера);
- 2) моменти часу впливів відповідних техногенних факторів, що виникли у результаті природокористування у певному компоненті екосистеми;
- 3) кількості діючих факторів кожного досліджуваного виду на визначених інтервалах часу;
- 4) потужність техногенного впливу відповідних факторів кожного досліджуваного типу;
- 5) ймовірності (кількості) випадкових знешкоджень впливу факторів певного типу з урахуванням дії цих факторів на досліджуваному періоді часу;
- 6) ймовірність накопичення наслідків діючих факторів техногенних впливів на певні параметри у визначеній підсистемі промислової екосистеми на досліджуваному інтервалі часу;
- 7) ймовірність зменшення дії цих факторів (див. пункт 6);

8) ймовірність дії кліматичних ( природних) факторів на наслідки техногенного впливу.

Проведення модельного дослідження має на меті:

- перевірку гіпотези про незалежність окремих випадкових факторів, які впливають на функціонування підсистеми;

- визначення емпіричних значень основних параметрів розподілів випадкових величин;

- перевірку гіпотези стосовно відповідності вибірок незалежних випадкових величин визначеному теоретичному закону розподілу.

Найбільш придатними апроксимуючими (у статистико-ймовірнісному сенсі) законами розподілу, що узгоджуються із схемою накопичення антропогенних змін в конкретно вираженій підсистемі екосистеми, вважаються достатньо вивчені закони розподілу – нормальний закон розподілу, логарифмічно-нормальний закон розподілу, закон гама-розподілу, експоненціальний закон розподілу та різні композиційні розподіли.

Вибір найбільш придатного апроксимуючого закону оснований на глибокому дослідженні механізму розвитку екосистеми по відповідному критерію. В загальному випадку, будь якому інтервалу часу відповідає приріст антропогенних змін в екосистемі та ймовірність того, що антропогенні зміни в екосистемі відбудуться в інтервалі часу, який розглядається.

Екосистема – складна система, всі компоненти якої піддаються прогресуючому хімічному, фізичному та біологічному навантаженню. Але, як будь-яка система, вона прагне до самовідновлення (потенціал стійкості). Стан природного середовища промислової екосистеми може бути формалізовано функціоналами як антропогенної дії, так і функцією, що характеризує її стійкість. Для переходу до кількісного визначення допустимого впливу необхідно знати в якому стані знаходилась екосистема на початку впливу:

1) нормальному (без відхилення від деякого фонового значення, що визначається шляхом осереднення за довгий проміжок часу при нормальних умовах навколишнього середовища);

2) зміненому під дією деякого фактора впливу.

Важливо визначити, який стан прийняти за початковий осереднений фоновий стан, стан системи при відсутності техногенного впливу або поточний на попередньому кроці аналізу.

Використання знань про критичні підсистеми сприяє розкриттю механізму реакції всієї екосистеми на збурювальні дії, пов'язані з технічною частиною промислової екосистеми, тобто опису механізму функціонування (реагування) і має на увазі виявлення ролі і взаємодії елементів, що її складають. Певні зміни у регіоні, що впливають на його екологічний стан (введення нових промислових об'єктів, будівництво автомагістралей тощо), обумовлюють збільшення інтенсивностей техногенних порушень і можуть привести до значних змін значень характеристик екосистеми.

Для побудови автоматних моделей у нашому випадку найбільш придатним є нормальний закон розподілу. У процесі статистичного дослідження будемо використовувати критерії згоди  $\chi^2$  Колмогорова-Смирнова, кореляційні та автокореляційні методи.

В загальному випадку будь-якому інтервалу часу  $\Delta t$  відповідають прирости антропогенних змін в екосистемі і ймовірності того, що таке накопичення відбудуться в інтервалі часу, який розглядається. Таким чином, маємо ланцюг відповідності  $\Delta t \rightarrow \Delta P$  для стійкого функціонування екосистеми.

При кожному конкретному антропогенному впливі можна вважати, що з деякою ймовірністю  $\rho_i$ , ( $i = 1, N_1$ ) фактор  $i$ -го виду входить до складу множини факторів, що характеризують вплив, а з ймовірністю  $1-\rho_i$  ( $0 \leq \rho_i \leq 1$ ) не входить. Відповідна ситуація описується за допомогою введення випадкової величини  $\Omega_i$ , розподіл якої  $\rho_i^k = P\{\Omega_i=k\}$ , ( $k=0,1$ ) визначається як  $\rho_i^0 = 1-\rho_i$ ;  $\rho_i^1 = \rho_i$ .

Приведений у [3] метод моделювання випадкових величин з заданим дискретним розподілом може бути використано для вирішення задачі моделювання величин  $\Omega_i$ , а також інших величин з дискретним розподілом, що описує процес впливу техногенних факторів, що впливають на підсистему, яка досліджується.

Для екологічної системи характерним може виявитися наявність такого її стану, що характеризується критичними значеннями певних показників. Такий критичний стан для системи, що описується дискретними ланцюгами Маркова можна розглядати як “поглинальний” і доцільним може виявитися визначення середнього часу до того, як система опиниться у цьому стані [2].

Нехай  $t_n$  - кількість кроків, що здійснює система, перш ніж набуде поглинального стану.

Тоді  $t_n = \sum_{\omega_i \in Q} n_j$ , де  $Q = \left\{ \sum_{\omega_i \in Q} \lambda_{ik} \right\}$  – матриця, елементами якої є ймовірності переходів системи із непоглинальних станів у поглинальні. Звідси середня кількість таких кроків:

$$\zeta = \{M_i(t_n)\} = \left\{ \sum_{\omega_i \in Q} M_i(n_j) \right\} = N\xi,$$

де  $\xi = \begin{Bmatrix} 1 \\ \dots \\ 1 \end{Bmatrix}$ ,  $N = (I - Q)^{-1}$  – фундаментальна матриця,

$I$  – одинична матриця,  $\omega_j$  –  $j$ -тий стан системи,  $M_i$  – математичне очікування того, що в момент часу  $t_n$  система попаде в пограничний до поглинального стану.

Згідно [2] відповідна дисперсія розраховується як:

$$\zeta_2 = \{D_i(t)\} = (2N - I)\zeta - \zeta_{sq},$$

де  $\zeta_{sq}$  - матриця,  $\zeta$  елементи якої піднесені до квадрату.

Таким чином, при визначеному рівні техногенного навантаження та при відповідних значеннях інших суттєвих факторів для екосистеми або її підсистем може бути визначено середній час до попадання у критичний стан (стан деградації), що сприяє виявленню та уникненню таких станів, тобто визначенню умов екологічно безпечного природокористування.

#### 4. Висновки

Синтезована стохастична ієрархічна ситуаційна модель може бути основою для визначення раціонального природокористування для кожного регіону з урахуванням кліматичних умов, специфіки ландшафтів

та техногенного навантаження в регіонах. За її допомогою можна прогнозувати кризисний стан регіонів. Ситуаційна модель може також використовуватись для перевірки допустимості (з точки зору екології) введення нових промислових об'єктів у регіоні та інших технологічних нововведень.

#### Література

1. Вентцель, Е.С., Теория вероятностей и математическая статистика. [Текст] / Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.- М.: Наука, 1973. - 364 с.
2. Камени, Дж., Конечные цепи Маркова [Текст] / Камени Дж., Снелл Дж. : пер. с англ. - М.: Наука, 1970. - 270 с.
3. Виленкин Н.Я. Комбинаторика [Текст] / Виленкин Н.Я. - М.: Наука, 1969. - 328 с.
4. Бакаев, А.А., Имитационные модели в экономике [Текст] / Бакаев А.А., Костина Н.И., Яровицкий Н.В. - К.: Наукова думка, 1978. - 304 с.

*Розроблено методикку оцінки ризику промислових підприємств. Дана методика доповнена розрахунком матеріального збитку від викидів в навколишнє середовище шкідливих речовин. З використанням методики проведена оцінка небезпеки промислового об'єкту*

*Ключові слова: оцінка ризику, техногенна безпека, промисловий об'єкт, шкідливі викиди, матеріальний збиток*

*Разработана методика оценки риска промышленных предприятий. Данная методика дополнена расчётом материального ущерба от выбросов в окружающую среду вредных веществ. С использованием методики проведена оценка опасности промышленного объекта*

*Ключевые слова: оценка риска, техногенная безопасность, промышленный объект, вредные выбросы, материальный ущерб*

*We have developed a methodology to assess the risk of industrial enterprises. We supplemented the calculation method of the material damage caused by emissions to the environment of hazardous substances. Using this technique assessed risk of the industrial object*

*Key words: risk assessment, technogenic safety, industrial facility, emissions, monetary damage*

УДК 502.3+504.064

## ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА С УЧЁТОМ МАТЕРИАЛЬНОГО УЩЕРБА

**В. И. Бендюг**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: (044) 454-94-01

E-mail: Vladys77@gmail.com

**М. Т. Салко\***

Контактный тел.: (044) 454-94-01

E-mail: Podarochekster@gmail.com

**Т. В. Бойко**

Кандидат технических наук, доцент\*

Контактный тел.: (044) 241-76-12

E-mail: tvbojko@gmail.com

\*Кафедра кибернетики химико-технологических процессов

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт»

пр. Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056

#### Введение

Нами проанализировано состояние проблемы определения техногенного риска промышленных объектов Украины и обнаружено, что на объектах химической опасности, в основном, используют морально устаревшие технологии, оснащённые изношенным

оборудованием. Каждый год во время проверок состояния техногенной безопасности на промышленных объектах фиксируют многочисленные нарушения норм охраны труда, пожарной, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности. Выявлены случаи проектирования и построения потенциально опасных промышленных объектов без соблюдения