

УДК [556.114:574.63] (285.33)

## ВИКОРИСТАННЯ СТРУКТУРИЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЯК ЗАСОБУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

**О. В. Третьяков, доц., к. т. н.,**  
Харківський національний університет міського господарства  
імені О. М. Бекетова,  
**Р. В. Пономаренко, ст. викл., к. т. н.,**  
Національний університет цивільного захисту України

*Анотація.* Проведено аналіз дієвості підходу структуризації надзвичайних ситуацій та виявлено можливі шляхи пристосування його як засобу забезпечення екологічної безпеки питного водопостачання регіону

*Ключові слова:* надзвичайні ситуації, ресурс захисту, іонообмінні матеріали, технологія виробництва питної води.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРИЗАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ КАК СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**О. В. Третьяков, доц., к. т. н.,**  
Харьковский национальный университет городского хозяйства  
имени А. Н. Бекетова  
**Р. В. Пономаренко ст. преп., к. т. н.**  
Национальный университет гражданской защиты Украины

*Аннотация.* Проведен анализ действенности подхода структуризации чрезвычайных ситуаций и выявлены возможные пути приспособления его как средства обеспечения экологической безопасности питьевого водоснабжения региона.

*Ключевые слова:* чрезвычайные ситуации, ресурс защиты, ионообменные материалы, технология производства питьевой воды.

## STRUCTURED EMERGENCY AS A MEANS OF ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF DRINKING WATER

**O. Tretyakov, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),**  
Kharkiv National University Urban Economy. **O. M. Beketova**  
**R. Ponomarenko, Asst. Prof., Ph. D. (Eng.),**  
National University of Civil Protection of Ukraine

*Abstract.* The analysis of the effectiveness of the approach structuring processes of development and combating disasters is carried out and the possible ways of adapting it as a means of ensuring environmental safety of drinking water supply region is identified.

*Key words:* emergencies, resource protection, ion exchange materials, production technology of drinking water.

### Вступ

Визначення наявності ресурсів захисту та повнота оцінювання їх ефективності за екологічного ризику для створення оптимальних

форм управління екологічною безпекою стає все більш актуальним завданням у зв'язку зі зростанням втрат і витрат внаслідок тяжких аварій та стихійних лих. Можливості традиційних підходів до забезпечення надійності

виробничих процесів і фізичного захисту населення у потенційно небезпечних регіонах об'єктивно обмежені наявними ресурсами. Тому в умовах ризику виникнення надзвичайних ситуацій (НС), що багато в чому визначає рівень ризику екологічної катастрофи, потрібна більш ефективна мобілізація ресурсів захисту, а також більш раціональне їх використання у запобіжних, рятувальних і відновлювальних заходах. Відповідно в цих умовах зростають вимоги до оперативності й обґрунтованості управлінських рішень, оскільки будь-які зволікання чи нераціональні дії неминуче призводять до збільшення втрат і витрат [1].

Управління екологічною (регіональною) безпекою є по суті процесом підготовки, ухвалення і контролю виконання рішень щодо захисту населення, господарських об'єктів і природного середовища регіону від НС різного походження, вплив яких на навколишнє середовище та людей в кінцевому результаті визначає екологічну безпеку країни. Цей процес є загальноприйнятим, тобто має схожий алгоритм виконання, для різних галузей промисловості в Україні, але для більш ефективного функціонування необхідна його конкретизація відповідно до специфіки виробничого процесу, у першу чергу для об'єктів питного водопостачання як об'єктів життєзабезпечення населення, потенційно небезпечних об'єктів, а також з метою забезпечення екологічної безпеки. Якісне удосконалення управління екологічною безпекою досягається шляхом системного використання математичних моделей і методів, комп'ютерно-телекомунікаційних засобів і технологій. Якісне проведення цих процесів є першочерговим явищем з метою виявлення ресурсів захисту та повноти визначення їх ефективності в умовах надмірного навантаження на поверхневі джерела водопостачання та в умовах виникнення НС техногенного характеру [2].

#### Аналіз публікацій

Практичним підтвердженням ефективності такого підходу є розробка низки автоматизованих систем підтримки управлінських рішень з регіональної безпеки. Зокрема в Україні було створено систему «Інформ-Чорнобиль» для управління комплексними заходами з ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи, а також систему «Центр»

для прогнозного моделювання оточення та управління силами і засобами у зонах хімічного зараження, радіоактивного забруднення, катастрофічних затоплень, сейсмічних руйнувань та ін. Для інформаційного забезпечення заходів із захисту населення і територій від НС техногенного і природного характеру створено Урядову інформаційно-аналітичну систему з питань НС. На Заході функціонують відомі аналогічні системи IRIS (Німеччина), RIMNET (Великобританія), ARAC (США) та інші, що забезпечують постійний контроль за радіаційно-небезпечними об'єктами, прогнозування та аналіз наслідків можливих чи реальних аварійних ситуацій, інформаційну підтримку захисних заходів. Запропонований підхід рекомендований для системи цивільного захисту Інститутом проблем національної безпеки при Раді національної безпеки та оборони України для виявлення можливих ресурсів захисту під час виникнення НС техногенного характеру та визначення їх ефективності.

Потреба в єдиному науково обґрунтованому підході до комплексної автоматизації інформаційних процесів в ієрархічній структурі управління захисними заходами в умовах ризику і небезпеки НС різного походження доведена [3, 4]. Формалізований опис процесів розвитку і протидії НС відображається як встановлення системоутворювальних причинно-наслідкових зв'язків між джерелами небезпеки, об'єктами ураження і ресурсами захисту. Оскільки ці казуальні зв'язки призводять до зміни станів і властивостей взаємодіючих компонентів, застосовують подієвий підхід для їх визначення. Подією називається стрибкоподібна зміна властивостей того чи іншого компонента, під час якої він переходить до якісно нового стану. Кожна подія відбувається під впливом взаємозумовлених зовнішніх і внутрішніх факторів. Перші спрямовані на компонент з боку оточуючого його середовища, другі – з середини компонента. За природної властивості кожний компонент або створює опір несприятливим впливам зовнішнього середовища, або навпаки – переходить до стану, небезпечного для цього середовища. Результати взаємодії компонентів під впливом зовнішніх і внутрішніх факторів проявляються у вигляді послідовних подій, що характеризують процеси розвитку і протидії НС. Кожна з цих подій реалізує певний казуальний зв'язок між станом-причиною і одним із можливих станів-наслідків взаємодіючих компонентів [1].

### Мета і постановка завдання

Мета – визначити можливість використання системи структуризації процесів виникнення, розвитку і протидії надзвичайним ситуаціям як засобу забезпечення екологічної безпеки питного водопостачання регіону. А також провести аналіз дієвості підходу структуризації процесів розвитку та протидії НС і пристосування його для природно-техногенних НС за участю об'єктів питного водопостачання з метою вибору дієвого ресурсу захисту для протидії надзвичайним ситуаціям.

### Структуризація джерел виникнення НС

Виходячи з викладеного вище, можна сказати, що процеси появи джерел екологічних небезпек можна надати у загальному вигляді орієнтованим мультиграфом

$$\Sigma = (C, P), \quad (1)$$

вершини  $C$  якого відповідають якісно різним станам складових компонентів джерел екологічних небезпек, а дуги  $P$  – альтернативним подіям, що відбуваються під час зміни цих станів, вони ж є критеріями, які визначають екологічну безпеку в умовах повеневого джерела водопостачання.

Складові компоненти екологічних небезпек утворюють взаємозалежну триаду

$$C = \{V, X, Z\}, \quad (2)$$

де:  $V = \bigcup_{\gamma} V_{\gamma}$  – множина джерел небезпеки;

$X = \bigcup_{\alpha} X_{\alpha}$  – множина об'єктів ураження;

$Z = \bigcup_{\beta} Z_{\beta}$  – множина ресурсів захисту.

Зміна станів цих компонентів відбувається під впливом факторів

$$P = \{U, R\}, \quad (3)$$

де  $U$  – множина непересічних підмножин вражаючих впливів  $W$  і захисних заходів  $M$ ;  $R$  – множина внутрішніх факторів ураження  $Q$  і захисту  $F$ .

Фактори  $W$  і  $Q$  викликають переходи компонентів до небажаних станів, а фактори  $M$  і  $F$  – до бажаних.

Графова модель протидії джерелам екологічних небезпек була побудована для Карачунівського водопровідного комплексу (КВК), який як поверхнєве джерело вихідної води використовує Карачунівське водосховище (КВ) (м. Кривий Ріг). Побудову графової моделі проводили у три етапи.

На першому етапі було проведено структуризацію критеріїв джерел екологічної небезпеки, а саме – всебічне обстеження заданого об'єкта для виявлення альтернативних джерел екологічної небезпеки –  $V_{\gamma}^1$ ; потенційних об'єктів ураження –  $X_{\alpha}^1$ ; наявних ресурсів захисту –  $Z_{\beta}^1$ . Структурований вигляд наявності цих критеріїв наведено у табл. 1.

Таблиця 1 Структуризація критеріїв, які визначають екологічну безпеку для КВК

Джерела екологічної небезпеки, $V_{\gamma}$	Об'єкти ураження, $X_{\alpha}$	Ресурси захисту, $Z_{\beta}$
$V_{\gamma}^1$ – стан притоків водосховища	$X_{\alpha}^1$ – вихідна вода у водосховищі	$Z_{\beta}^1$ – технічні рішення підготовки питної води
$V_{\gamma}^2$ – аварії на підприємствах, що скидають води у притоки водосховища	$X_{\alpha}^2$ – біота водосховища	$Z_{\beta}^2$ – організація постачання питної води з інших джерел
$V_{\gamma}^3$ – активний розвиток водоростей у водосховищі	$X_{\alpha}^3$ – підготовлена питна вода за технічними рішеннями водопровідного комплексу	$Z_{\beta}^3$ – створення нових технічних рішень з підготовки питної води *
$V_{\gamma}^4$ – замор риби		
$V_{\gamma}^5$ – комплекс споруд водопровідного комплексу		
$V_{\gamma}^6$ – комунікації постачання питної води		

*Примітка.* Розглядалися як можливий потенціальний ресурс захисту

На початку побудови графової моделі розроблялися можливі сценарії прояву небезпечних екологічних факторів, які впливають на стан води в КВ та на екологічний стан водоймища в цілому та, як наслідок, на стан питної води. Для оцінювання вихідних станів джерел екологічної небезпеки, які можуть виникнути в

середовищі об'єктів ураження, було використано показник загрозливості  $-V_\gamma^p$ . Основні джерела екологічних небезпек, для умов КВ, було взято з табл. 1, взаємозв'язок та можливі сценарії розвитку цих джерел в об'єктах ураження відображено на рис. 1

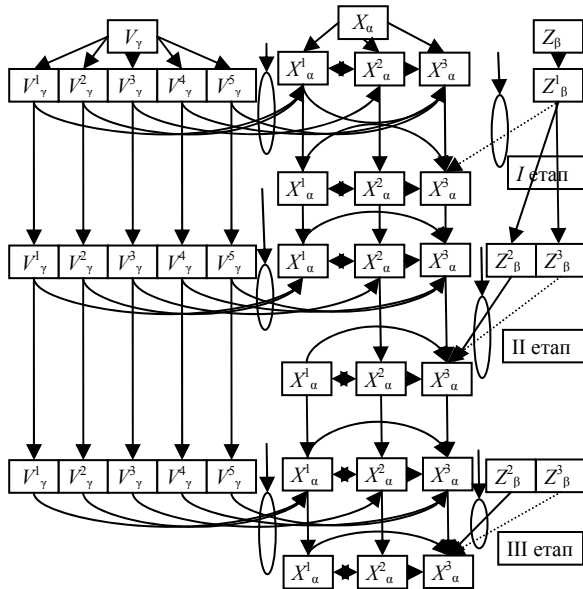


Рис. 1. Структуризація процесів виникнення, розвитку та протидії джерелам екологічних небезпек для об'єктів питного водопостачання

При цьому стан джерел характеризувався за найбільш важкими сценаріями здатності джерел формувати зони ризику (рис.1).

Переходи джерел у ці стани спричиняються факторами  $Q^p$

$$Q^p = V_\gamma \rightarrow \bigcup_{\rho=1}^h X_\alpha^{p\rho} \quad (4)$$

Тут  $X_\alpha^{p\rho}$  – показники уразливості, що характеризують можливі погіршення стану води у КВ, якщо невиконані попереджувальні заходи. Попереджувальні заходи при цьому мають бути спрямовані на організацію виробництва питної води з якістю, що відповідає вимогам чинних санітарних норм, в умовах виникнення НС техногенного характеру та за дійсною технологією її виробництва.

На сьогодні технологія виробництва питної води на КВК є одним з основних наявних ресурсів, який може бути використаний як первинний попереджувальний захід і тим самим запобігти можливості переходу об'єктів

ураження до кризового стану, а надалі – післякризового.

Для вражаючих впливів  $W^p$  на населення внаслідок вживання неякісної питної води визначалася як

$$W^p : V_\gamma^p \cdot X_\alpha \rightarrow \bigcup_{\varepsilon=1}^a X_\alpha^{p\varepsilon} \quad (5)$$

Загрозою вражаючих впливів на населення внаслідок вживання неякісної питної води вважають інфекційні захворювання, масові отруєння.

Для запобігання можливим втратам необхідно розробити варіантні попереджувальні заходи і відповідні угруповання ресурсів для їх реалізації. В цьому випадку такими є:

- 1) оцінювання залишкового потенціалу існуючої системи технічних рішень з підготовки питної води для протидії джерелам НС;
- 2) організація альтернативного постачання питної води з інших джерел;
- 3) розробка та впровадження нових технічних рішень підготовки питної води, здатних забезпечити її якість на нормативному рівні у будь-який період розвитку джерел НС та мати необхідний запас технологічної міцності за можливого погіршення стану вихідної води.

Після проведення попереджувальних заходів за допомогою дійсних ресурсів захисту визначався новий стан системи через оцінювання якості питної води. При цьому оцінювання нового стану виконувалося за допомогою показника опірності  $X_\alpha^{pv}$ , що характеризує можливості об'єктів чинити протидію очікуваним вражаючим впливам за допомогою попереджувальних заходів. Переходи об'єктів до нових станів реалізуються під дією зовнішніх факторів у вигляді попереджувальних заходів  $M^w$

$$M^w : Z_\beta^w \cdot X_\alpha^{p\varepsilon} \rightarrow \bigcup_{v=1}^b X_\alpha^{pv} \quad (6)$$

де  $X_\alpha^{pv}$  – показник опірності;  $X_\alpha^{p\varepsilon}$  – показник уразливості;  $Z_\beta$  – ресурси захисту.

Для зменшення первинних втрат в умовах наявності джерел НС слід розробити заходи та встановити необхідні угруповання ресурсів для їх реалізації чи забезпечення населення привозною питною водою або питною водою з

інших джерел водопостачання. Ці дії будуть нести за собою певні матеріальні витрати, які кількісно вже будуть перевищувати витрати на попереджувальні заходи на початковому етапі розвитку джерел НС. Застосування нових технічних рішень підготовки питної води як ресурсу захисту на даному етапі не можливе, оскільки потребує значних часових витрат на їх впровадження.

Розробка нових технічних рішень підготовки питної води може бути основним та дієвим ресурсом захисту населення від впливу джерел НС за участю об'єкта питного водопостачання.

### Висновки

Проведений аналіз дієвості підходу структуризації процесів розвитку та протидії НС дозволив виявити можливі шляхи пристосування його для природно-техногенних НС, які можуть виникнути на об'єктах питного водопостачання, з метою вибору дієвого ресурсу управління екологічною безпекою за наявності екологічного ризику.

Побудована модель процесів виникнення, розвитку та протидії НС в умовах водопровідного комплексу дає змогу досліджувати варіанти прояву джерел небезпеки, оцінювати рівень ризику виникнення тієї чи іншої НС, виявляти найбільш критичні та уразливі компоненти, в тому чи іншому стані об'єктів ураження під впливом джерел небезпеки, а та-

кож розробити адекватні контрзаходи у вигляді впровадження нового технологічного процесу виробництва питної води.

### Література

1. Биченок М. М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою / М. М. Биченок. – К.: ІПНБ РНБОУ, 2005. – 196 с.
2. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы / Дж. Касти. – М.: Мир, 1982. – 216 с.
3. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про стан безпеки водних ресурсів держави та забезпечення населення якісною питною водою в населених пунктах України»: указ Президента України за станом на 27.02.2009 р. № 221/2209 від 06.04.2009 // Офіційний вісник України. – 2009. – № 221 – С. 5 – (Бібліотека офіційних видань).
4. Про основи національної безпеки України : Закон України від 19 черв. 2003 р., № 964-IV // Урядовий кур'єр. – 2003. – 30 липня – С. 1–5

Рецензент: Н. В. Внукова, професор, к. геогр. н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 17 січня 2014 р.