

## **МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ НАВЧАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ НА ТЕРИТОРІЇ ВІЙСЬКОВОГО ПОЛІГОНУ ЗА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИМ КРИТЕРІЄМ**

С.М. Чумаченко

(Національний НДЦ оборонних технологій і воєнної безпеки України)

*В статті наведено метод оптимізації розміщення навчальних об'єктів на території військового полігону за еколого-економічним критерієм. Розроблено пропозиції щодо застосування цього методу при вирішенні практичних задач оптимізації розміщення військової інфраструктури з врахуванням проведення екологічної оцінки впливу бойової підготовки на навколишнє природне середовище полігону.*

***метод оптимізації розміщення навчальних об'єктів, еколого-економічний критерій***

Проблематика досліджень в галузі планування розміщення потенційно небезпечних техногенних об'єктів є досить актуальною в галузі наукових досліджень регіональної техногенної безпеки [1 – 4]. Не менш актуальною ця проблематика є і в галузі прецизійної воєнної екології [5].

Екологічні оцінки впливів факторів воєнно-техногенного навантаження (ВТН) на навколишнє природне середовище (НПС) військових полігонів (ВП) показали досить високу залежність реакції складових НПС від місцерозташування їх в природному ландшафті та фонового техногенного навантаження.

Переважно НО на ВП розміщуються таким чином, щоб забезпечити автономність їх використання, дотримання заходів безпеки та можливість здійснення маневру під час проведення тактичних навчань. До сьогоднішнього дня розміщення НО проводилось без врахування екологічних обмежень, але події навколо спільних італійсько-українських міжнародних військових навчань «Прикарпаття – 2003» підтвердили необхідність врахування екологічних вимог.

Як відомо із публікацій [2 – 4, 6, 7] для розміщення потенційно небезпечних техногенних об'єктів застосовуються підходи, засновані на проведенні попередніх експертних екологічних оцінок, аналізі можливого впливу на НПС та прогнозуванні розповсюдження забруднень при відомих параметрах НПС. Постановка задачі оптимізації розміщення НО

ВП із застосуванням методів дослідження операцій на сьогоднішній день у відомій науковій літературі не розглядалися [8, 10].

В зв'язку з цим метою цієї публікації є постановка наукової задачі оптимізації розміщення НО на території ВП, який би забезпечив прийнятні витрати на відновлення довкілля в умовах інтенсивного ВТН від заходів БП.

Попередній аналіз задачі дозволяє зробити висновок, що вона відноситься до комбінаторних задач [8 – 10], яку можна сформулювати так:

на множині можливих планів розміщення НО на території ВП знайти такий план, що мінімізує витрати на відновлення НПС.

До НО ВП відносяться: навчальні тактичні поля, директриси, військові стрільбища, вогневі містечка, гвинтівкові артилерійські полігони, танкодроми, автодроми, машинодроми, а також ділянки, які обладнані для гірської та спеціальної підготовки військ (ВП Сухопутних військ); бомбові та стрілецькі поля (ВП ВПО); площі акваторій обладнані плавучими мішенями та прибережні площі (ВП ВМС).

Для визначення величини ВТН потрібна інформація про перелік систем зброї та типи боєприпасів, які дозволяється застосовувати на навчальних об'єктах.

Для ВП відомий вектор складу заходів БП згідно призначення полігону –  $Z_j = \|z_j\|_n$ , ділянки території ВП, де за умови виконання заходів безпеки БП можна розмістити НО –  $T_i = \|t_i\|_m$ , площі НО ВП –  $S_{НОi} = \|t_{НОi}\|_m$ , інтенсивність проведення заходів БП на відповідних ділянках ВП –  $Y_j = \|y_j\|_n$  та умовні витрати на проведення заходів для відновлення НПС  $C_{ij} = \|c_{ij}\|_{m \times n}$ .

У загальному вигляді ці початкові умови можна записати так:

$$C = \left( \begin{array}{c|cccc|c} & z_1 & \dots & z_j & \dots & z_n & \\ \hline t_1 & c_{11} & \dots & c_{1j} & \dots & c_{1n} & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\ t_i & c_{i1} & \dots & c_{ij} & \dots & c_{in} & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\ t_m & c_{m1} & \dots & c_{mj} & \dots & c_{mn} & \\ \hline & y_1 & \dots & y_j & \dots & y_n & \end{array} \right). \quad (1)$$

Відомі також допустимі рівні ВТН на навколишнє природне середовище (щільність ВТН) для відповідної зони можливого розміщення НО:

- повітря [од/доба]  $ar_j, j = \overline{1, m}$ ;
- поверхневі води [од/доба]  $vpr_j, j = \overline{1, m}$ ;
- ґрунтові води [од/доба]  $vgr_j, j = \overline{1, m}$ ;
- ґрунти [од/доба]  $gr_j, j = \overline{1, m}$ .

Щільність ВТН, що характеризує відповідну концентрацію воєнно-техногенного чинника в складових НПС на відповідному НО, можна визначити за наступною формулою

$$N_{T_{noi}} = \frac{Y_{noi}(t, x, y)}{S_{noi}}, \quad (2)$$

де  $i = \overline{1, n}$  – навчальні об'єкти;  $S_{noi}$  – площа зони проведення БП відповідно для одного НО ВП.

При цих початкових умовах необхідно знайти такий план розподілу ділянок території ВП під НО, який забезпечив би мінімізацію загальних витрат на проведення відновлювальних робіт на території ВП.

План призначень (розподілу) ділянок території ВП під проведення заходів БП є матриця:

$$X = \|x_{ij}\|_{m \times n} = \left( \begin{array}{c|ccc|ccc|c} & z_1 & \dots & z_j & \dots & z_n & \\ \hline t_1 & x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1n} & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\ t_i & x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} & \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\ t_m & x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} & \\ \hline \end{array} \right), \quad (3)$$

де

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-та ділянка призначається для виконання } j\text{-го заходу БП;} \\ 0, & \text{у протилежному випадку.} \end{cases}$$

Тоді постановка задачі оптимального розміщення НО в можливих зонах на території ВП формулюється таким чином:

на множині можливих планів розміщення ділянок для БП (розподілу призначень)  $\{X\}$  на території ВП, кожний з котрих  $\|x_{ij}\|_{m \times n}$  задовольняє системі обмежень:

- на площі розміщення для НО:

$$\sum_{i=1}^T z_{ij} \cdot s_{yj} \leq s_{xi}, j = \overline{1, m}; \quad (4)$$

– на припустимі рівні ВТН на НПС території НО ВП:

$$\sum_{i=1}^m ax_i \cdot y_{ij} \leq ar_j, \quad j = \overline{1, m}; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m vpx_i \cdot y_{ij} \leq vpr_j, \quad j = \overline{1, m}; \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^m vgx_i \cdot y_{ij} \leq vgr_j, \quad j = \overline{1, m}; \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m gx_i \cdot y_{ij} \leq gr_j, \quad j = \overline{1, m}; \quad (8)$$

знайти такий оптимальний план  $X^0 = \left\| x_{ij}^0 \right\|_{m \times n}$ , що мінімізує загальні витрати на підтримання екологічно-безпечного стану ВП при цьому плані розміщення НО

$$CS(X^0) = \min_{\{X\}} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij}^0 \cdot y_j. \quad (9)$$

Ця задача відноситься до класу задач дискретного програмування, для вирішення якої можна застосувати метод переваг.

Ефективність використання ВП для БП військ може бути оцінена співвідношенням її рівня і витрат на її проведення, в тому числі з урахуванням витрат на відновлення НПС

$$ES = \frac{WS^{БП}}{CS}. \quad (10)$$

Оскільки розглянута задача мінімізує витрати CS, то при цьому максимізується ефективність використання ВП

$$ES^{БП} = \frac{WS_{\text{потр}}^{БП}}{\min CS} = \max ES^{БП}. \quad (11)$$

Це забезпечить максимальну ефективність використання ВП для БП військ за умови забезпечення достатнього рівня екологічної безпеки.

Еколого-економічне обґрунтування оптимального розміщення НО ВП може бути використане при розробці нормативних документів та методик для вибору місця розташування НО за умови забезпечення прийняттого впливу на навколишнє природне середовище.

Результати, проведених досліджень можуть застосовуватись при розробці рекомендацій для вибору оптимального розміщення військових полігонів та їх інфраструктури на території України в умовах реформу-

вання і скорочення Збройних Сил. Обґрунтований вибір ділянки території ВП для розміщення НО дозволить підвищити рівень екологічної безпеки при виконанні заходів БП.

Вирішення цієї задачі дозволить більш виважено підійти до планування навчальної інфраструктури ВП та інтенсивності заходів БП із застосуванням різних зразків озброєння і військової техніки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Автоматизация организационного проектирования промышленных предприятий* / В.И. Скурихин, В.А. Забродский, И.Ю. Богословская и др. – К.: Техника, 1992. – 147 с.
2. *Загальні вимоги до розвитку і розміщення потенційно небезпечних виробництв з урахуванням ризику надзвичайних ситуацій техногенного походження* / Наук. керівн.: С.І. Дорогунцов і В.Ф. Гречанінов. – К.: РВПС України НАН України, 1995. – 119 с.
3. *Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде* / М.З. Згуровский, В.В. Скопецкий, В.К. Хруц, Н.Н. Беляев. – К.: Наукова думка, 1997. – 367 с.
4. *Лакомова О.В. Применение метода «анализ решений» для оптимизации размещения АЭС на уровне областей* // В кн.: *Ядерная энергетика: перспективы развития, проблемы прогнозирования.* – М., 1988. – С. 80-102.
5. *Лисенко О.І., Чеканова І.В., Чумаченко С.М., Турейчук А.М. Про розвиток поняття «воєнна екологія»* // *Наука і оборона.* – 2004. – № 3. – С. 45-49.
6. *Тутыгин А.Г., Коробов В.Б., Скибинский Л.Э. Возможности применения экспертных оценок в некоторых задачах охраны окружающей среды* // *Экономика и управление.* – 2003. – № 2. – С. 37-41.
7. *Семенова Л.А. Зарубежный опыт оценок воздействия на природную среду* // В кн.: *Географическое обоснование экологических экспертиз.* – М.: Изд-во МГУ. – 1985. – С. 17-32.
8. *Системный анализ в управлении: Уч. пособие* / В.С. Анфилов и др. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 368 с.
9. *Философско-методологические основания системных исследований. Системный анализ и системное моделирование* / Под ред. Д.М. Гвишиани. – М.: Наука, 1983. – 324 с.
10. *Волков И.К., Загоруйко Е.А. Исследование операций.* – М.: МВТУ им. Баумана, 2004. – 440 с.

Надійшла 5.04.2006

**Рецензент:** доктор технічних наук, професор Е.Ю. Прохач,  
Харківський науковий центр військової екології.