
ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 504.06:711

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-31>

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ ТА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп.2, 02000, м. Київ
e-mail mashkov_leg_52@ukr.net

Запропонована технологія прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій. Оцінюються можливості прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій. Визначена структура системи мобільного екологічного моніторингу з використанням космічних, авіаційних та наземних комплексів, яка передбачає застосування наступних підсистем: підсистема збору та експрес-аналіз даних, підсистема первинної обробка і накопичення даних, підсистема комп'ютерного картографування, підсистема оцінки стану атмосфери, підсистема оцінки стану ґрунтово-рослинних покривів, підсистема оцінки стану водного середовища території, підсистема оцінки рівня екологічної безпеки і ризику для здоров'я населення території, підсистема ідентифікації причин порушення екологічного та санітарного стану, підсистема інтелектуальної підтримки прийняття рішень. Запропонований науково-методичний апарат дозволяє визначати зони екологічного ризику безпосередньо за сукупністю екологічних показників згортання критеріїв в комплексний (скалярний) показник. Оцінки забруднення і температурного стану водних басейнів за часом дозволяють розробити рекомендації щодо виявлення нелегальних місць знаходження колекторів стічних і промислових вод, а також оптимізації розміщення пунктів гідрогеологічних спостережень. Результати прогнозування довгострокових ризиків надзвичайних ситуацій гідрологічного і гідрометеорологічного характеру дозволяють побудувати прогнозні карти розподілу ризиків повеней, підтоплень, деградації якості поверхневих вод, оцінити ризики забруднень повітря і ґрунтів. *Ключові слова:* аерокосмічні технології, екологічні ризики, моніторинг, надзвичайні ситуації, управлінські рішення.

Predicting emergencies to reduce environmental threats and assess risks using aerospace technologies. Mashkov O. A., Zhukauskas S. V., Nigorodova S. A. Emergency forecasting technology for reducing environmental threats and assessing risks using aerospace technologies is proposed. The possibility of forecasting emergencies for reducing environmental threats and assessing risks using aerospace technologies is evaluated. The structure of the system of mobile environmental monitoring using space, aviation and terrestrial complexes has been determined, which involves the use of the following subsystems: subsystem of data acquisition and express analysis, subsystem of primary processing and accumulation of data, subsystem of computer mapping, subsystem of assessment of the state of the atmosphere, subsystem of assessment soil and vegetation cover, subsystem of assessment of the state of the aquatic environment of the territory, subsystem of assessment of the level of ecological safety and risk to the health of the population of the territory, subsystem of identification of causes of violation of ecological and sanitary status, subsystem of intellectual support of decision making. The proposed scientific and methodological apparatus allows to determine the zones of ecological risk directly on the set of ecological indicators of criteria folding into a complex (scalar) indicator. Estimates of pollution and temperature status of water basins over time allow us to develop recommendations for the detection of illegal locations of sewage and industrial water collectors, as well as optimize the location of hydrogeological observation points. The results of forecasting long-term risks of hydrological and hydrometeorological emergencies make it possible to construct predictive maps of flood risks, floods, degradation of surface water quality, assess the risks of air and soil pollution. *Key words:* aerospace technologies, environmental risks, monitoring, emergencies, management decisions.

Постановка проблеми. Світовий досвід довів, що для підвищення якості, оперативності, комплексності та ефективності системи моніторингу довкілля та прогнозування надзвичайних ситуацій необхідно поєднувати сучасні інноваційні засоби і технології: автоматизовані та автоматичні вимірювальні системи; аерокосмічні дослідження з використанням як супутників, так і літаків та безпілотних літальних

апаратів; системи автоматизованої обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ); геоінформаційні аналітичні системи для обробки інформації, з урахуванням закономірностей її зміни і у часі, і у просторі; комплексні багаторівневі системи моніторингу і контролю стану довкілля, які забезпечуватимуть інтегрування та комплексний аналіз даних про стан усіх складових довкілля як окремих регіо-

нів, так і усієї країни в цілому з можливістю обміну даними з аналогічними міжнародними системами моніторингу; методи та технології аналізу даних моніторингу довкілля та визначення рівня техногенної та екологічної безпеки та ін. [1, 2].

Метою роботи є оцінка можливостей прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій

Виклад основного матеріалу. Методика прогнозування надзвичайних ситуацій, викликаних техногенними аваріями та катастрофами пожежами, з використанням розвідувальних безпілотних літальних апаратів, передбачає послідовне виконання певних процедур: визначення району моніторингу, організація моніторингової системи безпілотних літальних апаратів, розрахунок очікуваних відстаней застосування бортових пошукових систем, визначення загального часу моніторингу і його дискретизація, організація моніторингу джерела небезпечної екологічної ситуації (плановий та оперативний моніторинг) [3, 4].

Оцінка ефективності виявлення екологічної небезпеки та зменшення екологічних загроз здійснюється по наступним напрямкам: аналіз біотичних наслідків чорнобильської катастрофи; оцінка рівня опромінення та антропогенних чинників впливу на біоту; оцінка біологічних наслідків Чорнобильської катастрофи; оцінка стану рослинного світу; оцінка стану тваринного світу; оцінка стану здоров'я людей; оцінка стану радіаційного забруднення атмосферного повітря; оцінка радіаційного стану поверхневих вод; оцінка рівня екологічної безпеки об'єктів атомної енергетики; оцінка поведінки з радіоактивними відходами, забезпечення екологічної безпеки у зоні відчуження; оцінка сучасного стану техногенних радіонуклідів у Зоні відчуження з використанням теорії екологічних ризиків.

Для організації управління режимом моніторингу використовуються наступні вимірювальні системи: супутники, повітряні, морські (річкові) лабораторії, наземні рухомі пункти спостережень.

Синтез системи мобільного екологічного моніторингу з використанням аерокосмічних технологій передбачається створення таких її підсистем [7]:

1. *Підсистема збору та експрес-аналіз даних.* Підсистема забезпечує систематичний збір, узагальнення, зберігання, використання та поширення інформації про параметри навколишнього середовища в формі, максимально адаптованої до практичного використання споживачами.

2. *Підсистема первинної обробки і накопичення даних.* Підсистема аналізує інформацію про навколишнє середовище і оцінює фактичний стан природних систем в конкретних просторово-часових межах.

3. *Підсистема комп'ютерного картографування.* Підсистема реалізує алгоритми формування

комп'ютерних карт з нанесенням на них характеристик екологічної обстановки в регіоні.

4. *Підсистема оцінки стану атмосфери.* Підсистема реалізує моделі поширення атмосферних забруднень, викликаних викидами продуктів випаровування і спалювання палива в різних сферах людської діяльності.

5. *Підсистема оцінки стану ґрунтово-рослинних покривів.* Ця підсистема здійснює облік в моделях системи «ґрунт-рослинність» впливу атмосферних газів і змін освітленості на біогеохімічні цикли.

6. *Підсистема оцінки стану водного середовища території.* Підсистема оцінки стану водного середовища реалізує комплексну імітаційну модель водного режиму регіону з урахуванням сезонних змін поверхневого і річкового стоку, впливу снігового покриву, режиму опадів.

7. *Підсистема оцінки рівня екологічної безпеки і ризику для здоров'я населення території.* Підсистема вирішує завдання розробки коротко- і довгострокових прогнозів, забезпечення даних для ланок управління станом навколишнього середовища, оповіщення про катастрофах, стихійних лихах і екологічно небезпечні явища.

8. *Підсистема ідентифікації причин порушення екологічного та санітарного стану.* Підсистема, здійснюючи контроль стану навколишнього середовища і джерел антропогенного впливу на нього, забезпечує безперервне спостереження за станом і якістю природно-територіальних комплексів і екосистем з урахуванням відповідних реакцій біосфери, клімату, а також змін стану здоров'я населення.

9. *Підсистема інтелектуальної підтримки прийняття рішень.* Підсистема реалізує алгоритми програмно-математичного забезпечення інтелектуальної підтримки користувача (оператора) при комплексному аналізі об'єктивної інформації, що формується системою моніторингу.

Розглянуто технологію синтезу системи екологічного моніторингу лісових масивів використанням аерокосмічних технологій. технологія передбачає: оцінку технічних можливостей супутника «Січ-2» для екологічного моніторингу; розробку методики класифікації станів лісових масивів на основі використання багатоспектральних космічних зображень; оцінку точності класифікації лісових масивів; аналіз особливостей тематичного дешифрування матеріалів ДЗЗ в системі екологічного моніторингу (за дешифрувальними ознаками). Запропоновано технологію синтезу системи екологічного моніторингу техногенних екосистем за допомогою аерокосмічних технологій, яка передбачає: врахування особливостей вивчення окремих складових геотехногенних систем за допомогою аерокосмічних досліджень; формування вимог до характеристик космічної інформації, необхідної для вирішення конкретних завдань (необхідні характеристики космічної інформації при вирішенні тематичних завдань ДЗЗ, розподіл спек-

тральних інтервалів в ДЗЗ, розподіл систем ДЗЗ по просторовому вирішенню і детальності).

Запропоновано застосовувати метод експертних оцінок до управління системою екологічної безпеки. Удосконалений метод передбачає виконання наступних процедур: визначення об'єкта моніторингу в системі управління екологічною безпекою; визначення межі розділу об'єкта моніторингу та зовнішнього навколишнього середовища; відбір екологічних експертів і визначення їх компетентності; експертне рішення питання про вплив факторів на систему екологічної безпеки; експертна оцінка керованості об'єкта моніторингу в системі управління екологічної безпеки.

Запропонована методика визначення зон екологічного ризику на основі методів ранжирування екологічних показників з використанням одного з інструментів кластерного аналізу – методом аналізу ієрархій [5, 6].

Методика передбачає наступні процедури: ранжирування показників якості функціонування; попарне порівняння елементів ієрархії; визначення пріоритетів критеріїв як нормованої суми рядків елементів матриці парних порівнянь; визначення пріоритетного напрямку побудови складної системи по максимальному впливу на головну мету. Запропонований підхід доцільно використовувати при визначенні зон екологічного ризику, виборі напрямів екологічної реабілітації зруйнованих районів, побудови перспективних екологічно чистих і безпечних районів.

Запропонована методика синтезу зони екологічного ризику на основі багатокритеріального вибору розглянута на прикладі визначення найбільш небезпечної зони після екологічного моніторингу. Відкладаємо по осях I_1, I_2, I_3, I_4 всередині кола одиничного радіуса значення небезпечних чинників показників, які відповідають кожному з чотирьох варіантів (рис.1). Далі з'єднуємо точки відповідних варіантів і отримуємо чотири чотирикутника. Обчислюємо площі кожного чотирикутника: $S_1 = 0,910$; $S_2 = 1,200$; $S_3 = 0,645$; $S_4 = 1,275$. В даному підході більш прийнятним є варіант 4 ($S_4 = 1,275$).

Запропонований науково-методичний апарат дозволяє визначати зони екологічного ризику безпосередньо за сукупністю екологічних показників згоргання критеріїв в комплексний (скалярний) показник. Перспективами розвитку запропонованого підходу є його удосконалення з метою можливого врахування нестационарності і стохастичності розглянутих екосистем (рис. 2).

Запропоновано оцінювати ризик загроз екологічної та природно-техногенної безпеки регіонів. В роботі отримано статистичні оцінки інтенсивності надзвичайних ситуацій λ_i і визначено ймовірності загрозливої екологічної ситуації ρ_{ij} та функції безпеки $S_{\Sigma}(t)$ для розглядової зони екологічного ризику (Донецька область).

Запропонований підхід дозволить підвищити ефективність управлінських рішень по забезпеченню екологічної безпеки, знайти найкращий компроміс між суперечливими показниками якості функціонування системи, вибрати і обґрунтувати пріоритетні напрямки розвитку складних екосистем. Підвищення ефективності заходів із запобігання і мінімізації негативних наслідків техногенних НС вимагає завчасного виявлення та комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності на територіях підвищеної техногенно-екологічної небезпеки [8].

Відповідний інструментарій для цього надають сучасні ГІС-технології, які забезпечують: оцінювання потенційне небезпечних об'єктів і територій за ступенем природних і техногенних загроз для населення і об'єктів господарювання; аналіз ефективності організаційних і технічних заходів щодо зниження ризиків життєдіяльності в умовах можливих і реальних надзвичайних ситуацій; адекватне визначення обсягів матеріальних і фінансових ресурсів та необхідних резервів для локалізації і ліквідації негативних наслідків відповідних надзвичайних ситуацій; обґрунтування страхових тарифів для страхування від надзвичайних ситуацій виробничого персоналу, окремих груп населення, територіальної інфраструктури та ін.

Головні висновки. Запропонована технологія використання засобів супутникового спостереження земної поверхні та геопросторового аналізу при вирішенні задач оцінки екологічного стану довкілля. Ця технологія ґрунтується на вдосконаленні теоретичних засобів інтегрованого аналізу комплексу різномірних та різновисотних екологічних, геолого-геофізичних, геохімічних даних і багатоканальних аерокосмічних геообразжень. Оцінки забруднення і температурного стану водних басейнів за часом дозволяють розробити рекомендації щодо виявлення нелегальних місць знаходження колекторів сточних і промислових вод, а також оптимізації розміщення пунктів гідрогеологічних спостережень. Фізико-математичне і геопросторове моделювання з використанням даних ДЗЗ дозволяє розробити комплексний підхід до багатомасштабного прогнозування ризиків надзвичайних ситуацій природного характеру. На основі фізико-математичного і геопросторового моделювання з використанням даних ДЗЗ запропоновано метод побудови систем підтримки прийняття управлінських рішень та оцінки ризиків метеорологічного характеру для міських агломерацій. Результати прогнозування довгострокових ризиків надзвичайних ситуацій гідрологічного і гідрометеорологічного характеру дозволяють побудувати прогнозні карти розподілу ризиків повеней, підтоплень, деградації якості поверхневих вод, оцінити ризики забруднень повітря і ґрунтів.

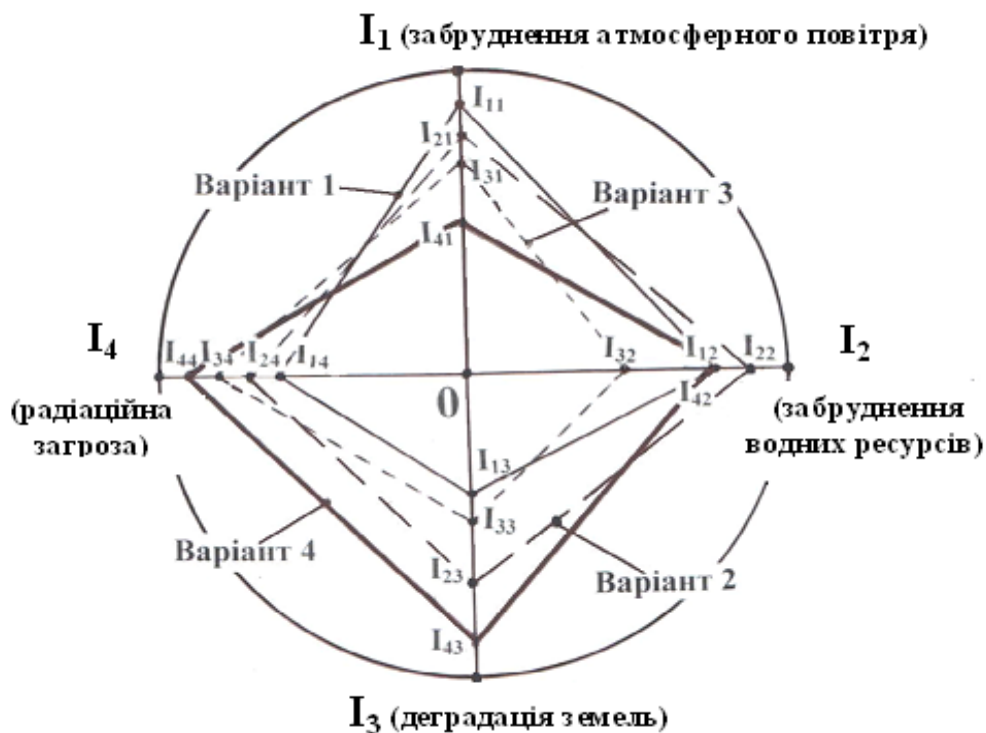


Рис. 1. Визначення зони екологічного ризику

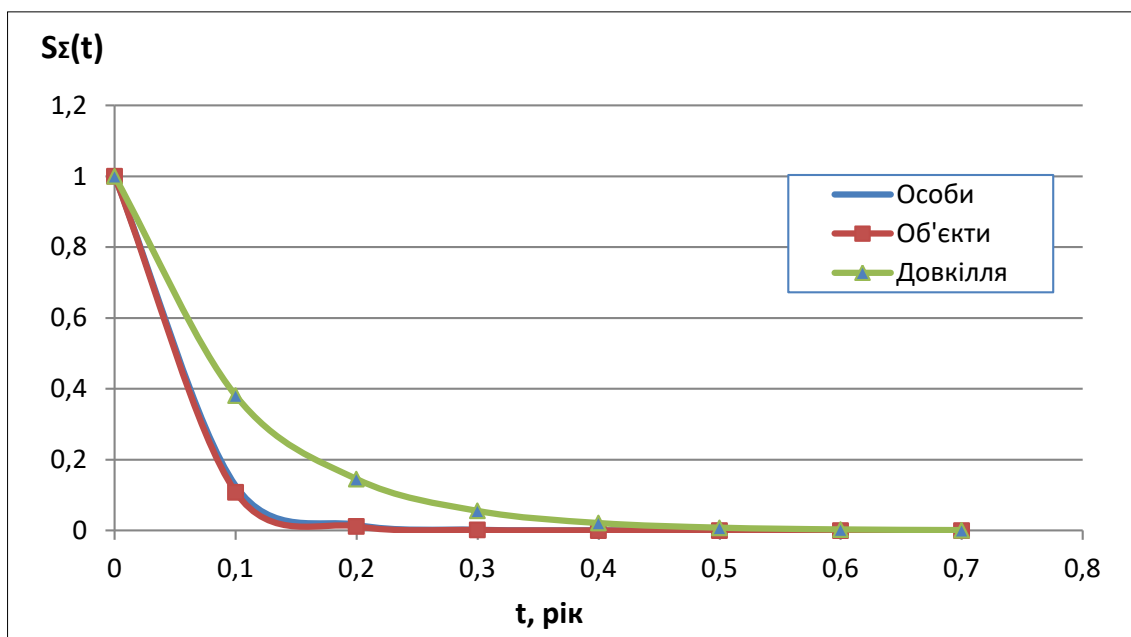


Рис. 2. Функції безпеки об'єктів екосистеми

$$S_{\Sigma}(t) = \exp\left(-\sum_i^n \int_0^t \lambda_i(\tau) \rho_{ij}(\tau) d\tau\right)$$

$$H_{\Sigma}(t) = 1 - \exp\left(-\sum_i^n \int_0^t \lambda_i(\tau) \rho_{ij}(\tau) d\tau\right)$$

$$\rho_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i}$$

де n_{ij} – число загрозливих екологічних ситуацій i -го виду з порушенням j -ї компоненти екосистеми
 n_i – загальне число подій i -го типу.

Література

1. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В. Напрями удосконалення системи екологічного моніторингу з застосуванням дистанційно-пілотованих літальних апаратів / Екологічні науки: науково-практичний журнал. Київ. ДЕА, 2018. № 2(21). С. 22–29.
2. Машков О.А., Нігородова С.А. Сучасні проблеми формування державної політики в галузі розробки еколого-економічної системи природо-користування та природоохоронної діяльності на основі теорії екологічних ризиків / «Проблеми екологічної безпеки» XVI міжнародна науково-технічна конференція: Матеріали конференції – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2018. С. 66.
3. Машков О.А., Пашков Д.П., Бондар О.І., Шевченко Р.Ю., Патлашенко Ж.І., Тимошенко М.М. Рубрикатор завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС (нормативно-методичний документ). Київ : вид ДЕА, 2018. 26 с.
4. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В. Методологія протидії екологічним загрозам, ризикам та екологічному тероризму: системний підхід / НАУКОВИЙ ЧАСОПИС Академії національної безпеки, № 3-4 (19-20) 2018, С. 8–31.
5. Bondar A.I., Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Methodology of counteraction to environmental threats, risks and environmental terrorism: a system approach / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019. № 1(24). Т. 1. pp. 5–17.
6. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Вишемирська С.В., Радецька С.В. Особливості використання методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матеріали міжнародної наукової конференції, с. Залізний Порт, 21–25 травня 2019 р. Херсон : Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2019. С. 105–109.
7. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Системне застосування методів дистанційного моніторингу екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019. № 2(25), 2019, С. 28–39.
8. Bondar A.I., Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Ecological threats, risks and environmental terrorism: system definition / Екологічні науки: науково-практичний журнал. Київ : ДЕА, 2019. № 2(25), 2019, pp. 113–122.