

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

УДК 504.055

DOI: 10.31471/2415-3184-2021-2(24)-47-53

*О. В. Харламова, І. О. Солошич,
В. М. Шмандій, Т. Є. Ригас
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського*

УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНИМИ ПРОЕКТАМИ В УМОВАХ ДІЇ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ НЕБЕЗПЕКИ

Запропоновано механізм моніторингу формування екологічної небезпеки в умовах дії антропогенних чинників. Проведено аналіз наукових праць, присвячених дослідженню способів та методів зниження рівня природно-техногенного навантаження на довкілля та окремі його компоненти.

Установлено діапазони функціонування екологічної небезпеки в соціально-економічній зоні: фонові небезпека, небезпека незначного рівня, прийнятна небезпека, неприйнятна небезпека, катастрофічна небезпека.

Розглянуто види стійкості стану соціально-економічної зони за умов рівноваги, гомеостазу та стаціонарного режиму.

Побудовано модель деформації стану екологічної безпеки під впливом фізичних та інших антропогенних чинників, яка ґрунтується на розв'язанні трьох окремих завдань: аналізу функціонування екологічної небезпеки за наявності сукупності її складових різного генезису; поліпшення стану екологічної безпеки в умовах комплексного впливу її джерел; формування елементів забезпечення екологічної безпеки в природно-антропогенних водоймах. Вона включає систему з чотирьох аналітичних залежностей (опис можливості переходу соціально-економічної зони з одного в інший стаціонарний стан відповідно до характеристики та рівня впливу антропогенних чинників; характеристику стану забруднення водної складової екосистеми залежно від потужності джерела забруднення та особливостей біфуркації; опис зміни у часі екологічного ризику впливу фізичних чинників; визначення комбінованої умови варіаційного розв'язання окремих завдань щодо якості системи управління екологічними проектами) та граничні умов її існування.

Результати дослідження свідчать, що використання моделі деформації стану екологічної безпеки під впливом фізичних та інших антропогенних чинників дає можливість розробити та реалізувати виважені рішення з управління безпекою у рамках екологічних проектів.

Ключові слова: екологічна безпека, екологічні проекти, фізичні чинники, математична модель, техногенні землетруси, формування небезпеки, соціально-економічна зона, моніторинг

Постановка проблеми. Зумовлений потребами економіки швидкий розвиток науки і техніки призвів до появи небезпеки для здоров'я людини та довкілля. У техносфері виникла екологічна небезпека, джерела небезпеки антропогенного походження нерівномірно локалізовані у просторі. Спостерігається зосередження певних об'єктів в окремих зонах, де вони домінують та створюють екологічні загрози в зоні свого впливу.

Для розвитку наукових аспектів управління екологічними проектами нарізала нагальна необхідність створення моделі деформації стану екологічної безпеки під впливом антропогенних чинників різного генезису, характерних для певного регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значна кількість вітчизняних та закордонних науковців, зокрема [1-4], присвятили свої дослідження вивченню впливу різних об'єктів на довкілля та окремі його компоненти, запропонували низку організаційних та технічних заходів для управління екологічною безпекою в зоні впливу таких локалізацій. Але майже поза увагою

науковців залишилися складні комплекси з об'єктів антропогенної діяльності, які розташовані в безпосередній близькості, вплив кожного з яких на компоненти довкілля значний. Досить гостро постає питання поліпшення стану об'єктів підвищеної екологічної небезпеки (ОПЕН) [5].

В інженерно-геологічних прогнозах вивчаються питання оцінки стійкості геологічного середовища, зокрема О.Адаменко, Г. Рудько, І. Ковальчук [6] вводять поняття «синдрому територій» – катастрофічного прояву процесів.

Унаслідок синергічності впливів джерел екологічної небезпеки різного генезису, природи та інтенсивності нами здійснена спроба врахування якомога більшого числа таких джерел незалежно від їх інтенсивності, оскільки результат впливу на довкілля прогнозувати важко, а деколи неможливо. Такий системний підхід збігається із висновками цілого ряду дослідників, наприклад [7–9], які на протязі ряду років встановлювали особливості формування екологічної небезпеки в умовах антропогенного навантаження техногенно навантажених регіонів.

Аналіз результатів досліджень щодо розробки способів та методів зниження рівня природно-техногенного навантаження на довкілля показав [10] недостатню розвиненість комплексного підходу до ослаблення впливу фізичних чинників (літосферних процесів техногенного походження та об'єктів підвищеної екологічної небезпеки), утилізації біологічних забруднень та промислових відходів.

Отже, моделювання стану екологічної безпеки на регіональному рівні при дії антропогенних чинників є актуальною науково-прикладною проблемою.

Мета та завдання. Метою роботи є створення математичної моделі деформації стану екологічної безпеки під впливом фізичних та інших антропогенних чинників для управління екологічними проектами.

Для досягнення мети поставлено наступні завдання:

- визначити механізм моніторингу формування екологічної небезпеки в умовах дії фізичних чинників;
- проаналізувати інтенсивність можливих проявів небезпеки, які негативно діють на людину та довкілля;
- побудувати модель деформації стану екологічної безпеки під впливом антропогенних чинників.

Виклад основного матеріалу. При управлінні екологічними проектами в соціально-економічних зонах (СЕЗ) застосуємо наступний алгоритм моделювання. Спочатку дамо опис вирішення певних задач, що структурно визначаються окремими складовими. Надалі визначаємо основні структурно-логічні зв'язки в межах поширення екологічної небезпеки за основними напрямками її деформації. Процес створення моделі ґрунтується на розв'язанні трьох окремих завдань, що наведені нижче [11].

Екологічна безпека характеризується запобіганням або усуненням негативного впливу чинників, що виникають унаслідок функціонування джерел небезпеки. Для ефективного управління безпекою існує нагальна необхідність усебічного вивчення умов формування небезпеки на підставі результатів моніторингу її станів, який доцільно здійснювати базуючись на принципах системного аналізу. Розглянемо такий фізичний чинник як техногенні землетруси (рис. 1) [12].

Величину екологічного ризику проявів екологічної небезпеки, формованої техногенними землетрусами, залежності від часу в СЕЗ, з кількістю населення N визначаємо за формулою [11]:

$$R(t) = N \sum_{I=1}^5 \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_I P_{Ijk} q_{jk} \left[d_1(t) \eta_j^{(1)} + d_2(t) \eta_j^{(2)} \right], \quad (1)$$

де I – інтенсивність землетрусу; P_I – ймовірність землетрусу I -ї сили; P_{Ijk} – ймовірність пошкодження споруди (будівлі) k -го ступеня з j -ю сейсмостійкістю та землетрусу I -ї сили; q_{jk} – ймовірності погіршення стану здоров'я людини, що знаходиться в будівлі j -го типу з пошкодженням k -го ступеня; $d_1(t)$ і $d_2(t)$ – відносна чисельність населення на території СЕЗ у різний час доби; $\eta_j^{(1)}$ – середня відносна кількість людей, які мешкають у будинках j -го типу; $\eta_j^{(2)}$ – середня відносна кількість людей, що знаходиться у виробничих та інших будівлях j -го типу.

Зазначимо, що вираз (1) отримано нами на підставі відомої залежності [13] впливу природних землетрусів на мешканців і споруди у населених пунктах з урахуванням особливостей техногенних землетрусів.

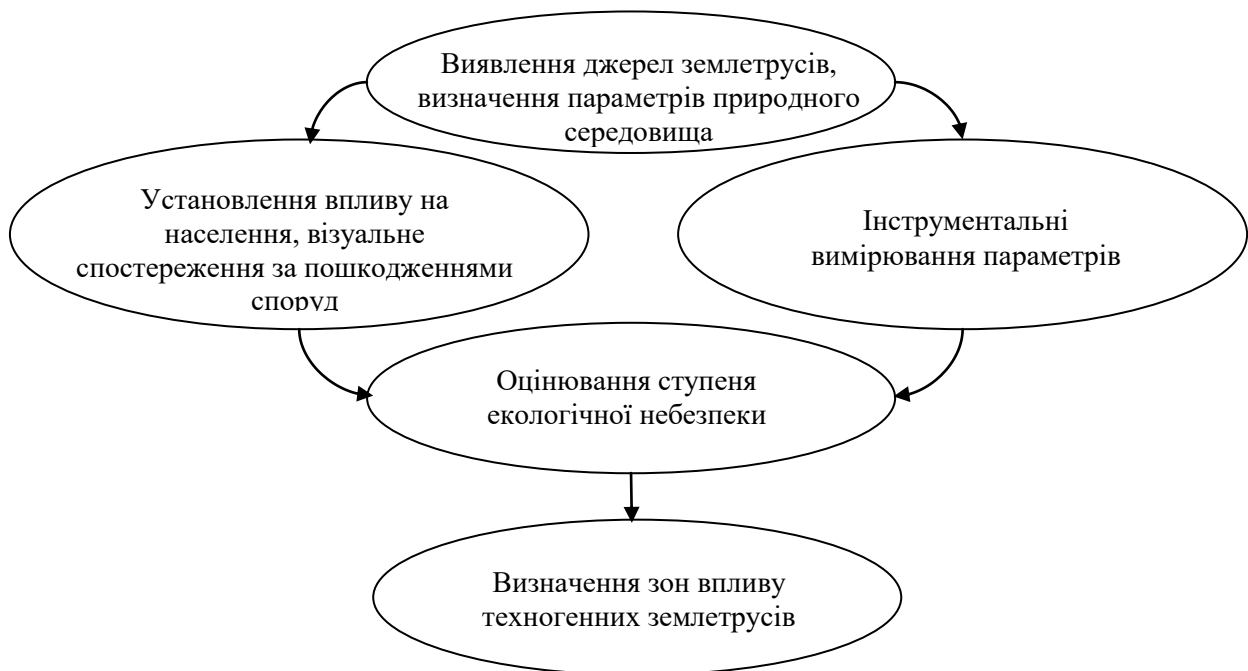


Рис. 1. Механізм моніторингу формування екологічної небезпеки в умовах дії фізичних чинників

У межах розв'язання окремого завдання аналізу функціонування екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу її джерел (Q_1) розглянемо інтенсивність можливих її проявів, які негативно діють на людину та довкілля. Щільності розподілу проявів екологічної небезпеки F_n залежно від її рівня R на підставі ймовірнісної моделі Гаусса, визначаємо за такою формулою:

$$F_n(R) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(R-\alpha)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

де α і σ – параметри, які характеризують загальний стан екологічної небезпеки у соціально-економічній зоні.

Графічне представлення залежності (2) наведено на рис. 2.

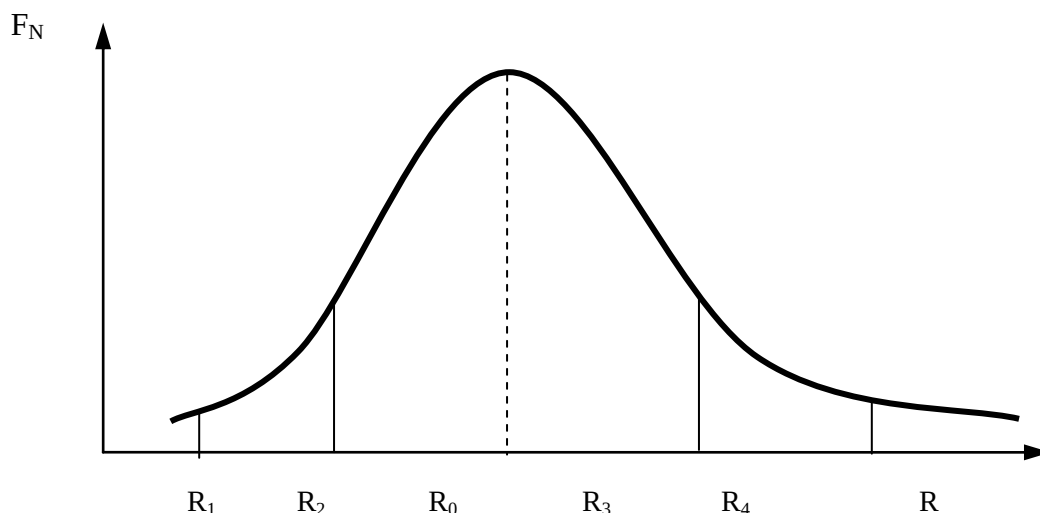


Рис. 2. Теоретична крива розподілу щільності проявів екологічної небезпеки F_n залежно від її величини R ; R_0 – середній для екосистеми рівень небезпеки

На підставі аналізу рис.2 встановлено діапазони функціонування екологічної небезпеки в СЕЗ: фонові небезпека ($R < R_1$); небезпека незначного рівня ($R_1 - R_2$); прийнятна небезпека ($R_2 - R_3$); неприйнятна небезпека ($R_3 - R_4$); катастрофічна небезпека ($R > R_4$).

Використано такі позначення рівня небезпеки: R_1 – природний фон; R_2 , R_3 , R_4 – відповідно нижні граничні рівні прийнятної, неприйнятної, катастрофічної небезпеки.

Ми акцентуємо увагу на діапазоні неприйнятної небезпеки, так як для нього характерною є суттєво більша кількість випадків проявів небезпеки у порівнянні із діапазоном катастрофічної небезпеки.

Процес деформації стану екологічної безпеки під впливом антропогенних чинників характеризується переходом екосистеми із одного в інший стаціонарний стан. У разі, коли екосистема відповідає вимогам потенційної і може бути описана потенційною функцією $N(X, A)$ від поведінкової змінної X (вразливість) і параметра управління A , маємо [11]:

$$dX/dt = -\partial N(X, A)/\partial X + S^{1/2} \xi(t) = X^\delta + A_1 X + A_2 + S^{1/2} \xi(t), \quad (3)$$

де S – константа, $\xi(t)$ – гаусівська незалежна.

У межах розв'язання окремого завдання створення елементів забезпечення екологічної безпеки в природно-антропогенних водоймах (Q_3) розглядаємо вилучення надлишкової біомаси з подальшою її утилізацією у процесах отримання енергоносіїв (біогазу, біодизельного палива). Процес генерації біогазу описується диференціальним рівнянням Михаеліса – Ментена, рішення якого має вигляд:

$$C = \lambda C_o (1 - e^{-kt}), \quad (4)$$

де C_o – початкова концентрація органічних сполук у біомасі, мг/дм³; λ – швидкість процесу метаногенезу; k – константа накопичення біогазу, с⁻¹; t – час реалізації процесу, с.

За певної концентрації органічних сполук у біомасі швидкість метаболізму врівноважується зі швидкістю надходження, що й визначає максимальний вихід біогазу. Для активізації процесу утворення біогазу доцільна попередня підготовка біомаси [14].

Стан забруднення водної складової СЕЗ, залежно від особливостей біфуркації описується системою рівнянь:

$$\frac{dC}{dt} = a - bD(C) - cf(C, E), \quad \frac{dE}{dt} = -dE + eh(C, E), \quad (5)$$

де C – концентрація забруднювача; E – густина біомаси; a – потужність джерела забруднення; $D(C)$ – функція дисипації, що характеризує природний розпад забруднювача; $h(C, E)$ – функція, що описує вплив забруднення на водну складову СЕЗ; $f(C, E)$ – функція, що описує абсорбцію забруднювача водної складової СЕЗ; b – коефіцієнт природної дисипації. c і e – константи, що більші за 0.

Формалізація параметрів математичної моделі призводить до розв'язання трьох окремих завдань:

- 1) аналізу функціонування екологічної небезпеки за наявності сукупності її складових різного генезису (Q_1);
- 2) поліпшення стану екологічної безпеки в умовах комплексного впливу її джерел (Q_2);
- 3) формування елементів забезпечення екологічної безпеки в природно-антропогенних водоймах (Q_3).

Комбінована умова розв'язання вищенаведених окремих завдань має вигляд:

$$G(X, A, C, E, R) = f_{123}(Q_1, Q_2, Q_3), \quad (6)$$

де $G(X, A, C, E, R)$ – рівень стійкості елементів системи екологічної безпеки, $f_{123}(Q_1, Q_2, Q_3)$ – відображення розв'язання окремих завдань.

Встановлення граничних умов існування математичної моделі проводимо з використанням рівня стійкості системи екологічної безпеки у часовому вимірі $G(X, A, C, E, R, t)$ (використано нормовані значення усіх параметрів). Розглядали такі види стійкості стану СЕЗ:

а) рівновага – ситуація, за якої різноспрямовані антропогенні чинники взаємно гасяться і властивості стану СЕЗ залишаються незмінними:

$$\begin{aligned} G_1(X, A, C, E, R, t_1) &= \text{const}, \\ \text{за умови} \quad [\Delta X + \Delta A + \Delta C + \Delta E + \Delta R] &\rightarrow 0, \\ t_1 &\rightarrow \infty, \end{aligned} \quad (7)$$

б) гомеостаз – стійкий стан рівноваги в СЕЗ:

$$\begin{aligned} G_{II}(X, A, C, E, R, t_2) &= \text{const}, \\ \text{за умови} \quad \Delta X &\rightarrow 0; \Delta A \rightarrow 0; \Delta C \rightarrow 0; \Delta R \rightarrow 0, \end{aligned} \quad (8)$$

$$t_2 \rightarrow \infty$$

в) стаціонарний режим – послідовність станів повторюється циклічно:

$$G_{III} = [(G_I + G_{II}), t_3] = \text{const},$$

за умови

$$t_3 = [t_1' + t_2' + \dots + t_1^k + t_2^k + \dots + t_1^n + t_2^n] \rightarrow \infty, \quad (9)$$

де $k=1-n$ – індекс часових інтервалів.

Забезпечення екологічної надійності СЕЗ відповідає виконанню умов (7) - (9) за наступним часовим сценарієм:

$$\text{var} [G(X, A, C, E, R, t)] \rightarrow G_{II} \quad (10)$$

за умови

$$t \rightarrow \infty$$

З урахуванням (1), (3), (5), (6) та (10) побудована шукана математична модель:

$$dX/dt = - \partial N(X, A)/\partial X + S^{1/2} \xi(t) = X^\delta + A_1 X + A_2 + S^{1/2} \xi(t),$$

$$\frac{dC}{dt} = a - bD(C) - cf(C, E), \quad \frac{dE}{dt} = -dE + eh(C, E), \quad (11)$$

$$R(t) = N \sum_{I=1}^5 \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_I P_{Ijk} q_{jk} \left[d_1(t) \eta_j^{(1)} + d_2(t) \eta_j^{(2)} \right], \quad G(X, A, C, E, R) = f_{123}(Q_1, Q_2, Q_3).$$

$$\text{var} [G(X, A, C, E, R, t)] \rightarrow G_{II} \quad \text{при} \quad t \rightarrow \infty. \quad (12)$$

Отже, математична модель деформації стану екологічної безпеки під впливом сукупності антропогенних чинників, яка являє собою систему з чотирьох аналітичних залежностей (можливості переходу СЕЗ з одного в інший стаціонарний стан відповідно до характеристики та рівня впливу антропогенних чинників, стан забруднення водної складової СЕЗ залежно від потужності джерела забруднення та особливостей біфуркації, зміни у часі екологічного ризику впливу техногенних землетрусів в СЕЗ, комбіновану умову варіаційного розв'язання окремих завдань щодо якості системи управління екологічними проектами) та граничних умов її існування.

Висновки. Запропоновано механізм моніторингу формування екологічної небезпеки в умовах дії антропогенних чинників. Установлено діапазони функціонування небезпеки в соціально-економічній зоні. Проаналізовано види стійкості стану соціально-економічної зони за умов рівноваги, гомеостазу та стаціонарного режиму.

Побудовано модель деформації стану екологічної безпеки під впливом характерних для певного регіону антропогенних чинників (впливу літосферних процесів техногенного походження, утилізації біологічних забруднень та промислових відходів), яка ґрунтується на розв'язанні трьох окремих завдань.

Подальший напрямок досліджень полягає у практичній реалізації моделі для управління екологічними проектами у конкретній соціально економічній зоні в умовах дії біотичних чинників.

Література

- 1 Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М. Екологічна безпека техноприродних геосистем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів. К.: ЗАТ "НІЧЛАВА", 2002. 624 с.
- 2 Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. К.: НІСД, 2001. 312 с.
- 3 Brown Lester R. World on the Edge: How to Prevent Environmental and Economic Collapse. W. Norton & Company, 2011 p. <http://www.earth-policy.org/books/wote> (дата звернення: 26.11.2021).
- 4 Биченок М.М., Трофимчук О.М. Проблеми природно-техногенної безпеки в Україні. Київ : РНБОУ, 2002. 153 с.
- 5 Ригас Т. Є., Харламова О. В., Безденєжних Л. А., Шмандій В. М. Моніторинг станів екологічної небезпеки, що формується у техногенному навантаженому комплексі. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2016. Вип. 5(100). ч. 2. С. 83–88.
- 6 Адаменко О., Рудько Г., Ковальчук І. Екологічна геоморфологія. Івано-Франківськ, 2000. 411 с.

7 Аристархова Э.А. Проблема экологической безопасности водной среды в условиях антропогенной эвтрофикации. Технологический аудит и резервы производства. 2013. № 5/4 (13). С. 47-49.

8 Шмандій В.М., Харламова О.В., Клименко М.О., Голік Ю.С., Прищепа А.М., Бахарев В.С. Екологічна безпека. Херсон: Олді-плюс, 2017. 366с

9 Про національну безпеку України: Верховна Рада України; Закон від 21.06.2018 № 2469-VIII <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text> (дата звернення: 29.11.2021).

10 Improving the Method for Producing Adsorbents from Agro-Industrial Wastes / Volodymyr Shmandiy, Olena Kharlamova, Myroslav Malovanyy, Liliya Bezdeneznych, Tetyana Rigas // Chemistry & Chemical Technology. – Lviv : Lviv Politechnic Publishing House, 2020. – Vol 14. - No 1. – P. 102–108.

11 Харламова О. В. Науково-методологічні основи екологічної безпеки соціально-економічної зони в умовах комплексного впливу джерел небезпеки. – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Київ: ДЕАПОУ, 2021. -41.

12 Ригас Т.Є. Вплив проявів екологічної небезпеки на стан здоров'я населення та ослаблення їх наслідків. Науково-техн. журнал «Екологічна безпека та збалансоване природокористування», Ів-Франк:ІФНТУНГ, - 2016.-№2(14). – С.103–108

13 Тихомирова Н.П. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. М. : ЮНИТИ, 2003. 350 с.

14 Харламова О.В. Теоретичне обґрунтування можливості реалізації елементів управління екологічною безпекою в природно-антропогенних водоймах. Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування». 2016. Вип. 2/(14). С. 76–80.

**O. Kharlamova, I. Soloshych,
V. Shmandii, T. Ryhas**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

MANAGEMENT OF ECOLOGICAL PROJECTS UNDER THE IMPACT OF ANTHROPOGENIC FACTORS OF DANGER FORMATION

The mechanism of monitoring the formation of ecological danger under the impact of anthropogenic factors is proposed. The scientific works devoted to the ways and methods of decreasing the level of natural-technogenic load on the environment and its separate components are analyzed.

The ranges of ecological danger functioning in the social and economic zone are established: background danger, danger of insignificant level, acceptable danger, unacceptable danger, catastrophic danger.

The types of stability state of the socio-economic zone (SEZ) under the conditions of equilibrium, homeostasis and stationary regime are considered.

The deformation model of the ecological safety state under the influence of physical and other anthropogenic factors is developed. The model is based on the solution of three separate problems: analyzing the functioning of ecological danger in the presence of a set of its components of various genesis; improving the state of ecological safety in terms of the complex impact of its sources; forming the elements of ecological safety in natural and anthropogenic reservoirs. It includes a system of four analytical dependences (describing the possibility of transition of the socio-economic zone from one to another stationary state according to the characteristics and level of anthropogenic factors; characterizing the pollution state of the aquatic component of the ecosystem depending on the pollution source capacity and specifics of bifurcation; describing the changes in time of ecological risk of the physical factors impact; determining the combined condition of variational solution of separate problems concerning the quality of the ecological projects management system) and boundary conditions of its existence.

The findings show that using the deformation model of the ecological safety state under the influence of physical and other anthropogenic factors makes it possible to develop and implement sound solutions for the management of environmental projects.

Key words: ecological safety, ecological projects, physical factors, mathematical model, technogenic earthquakes, danger formation, socio-economic zone, monitoring.

References

- 1 Hoshovskyi, S.V., Rudko, H.I., Presner, B.M. (2002). Ekolohichna bezpeka tekhnopryrodnykh heosystem u zviazku z katastrofichnym rozvytkom heolohichnykh protsesiv. K.: ZAT "NICH LAVA". 624 S.
- 2 Kachynskyi A. B. (2001). Ekolohichna bezpeka Ukrainy: systemnyi analiz perspektyv pokrashchennia [Environmental safety of Ukraine: a systematic analysis of prospects for improval], Kyiv. 312 p.
- 3 Brown, L. R. (2011). World on the Edge: How to Prevent Environmental and Economic Collapse. W. W. Norton & Company – [Elektronnyi resurs] Rezhym dostupu: http://www.gproxx.com/http://www.earth-policy.org/images/uploads/book_files/wotebook.pdf
- 4 Bychenok, M.M., & Trofymchuk, O.M. (2002). Problemy pryrodno-tekhnohennoi bezpeky v Ukraini [Problems of natural and technological safety in Ukraine]. Kyiv: RNBOU, 153 s.
- 5 Ryhas, T.Ye., Kharlamova, O.V., Bezdeniezhnykh, L.A., Shmandii, V. M. (2016). Monitorynh staniv ekolohichnoi nebezpeky, shcho formuietsia u tekhnohennomu navantazhenomu kompleksi. [Visnyk Kremenchutskoho natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho]. Kremenchuk. Vyp. 5(100). ch. 2. ss. 83–88.
- 6 Adamenko O., Rudko H., Kovalchuk I. Ekolohichna heomorfologhiia. Ivano-Frankivsk, 2000. 411s.
- 7 Aristarkhova E.A. Problema ekologicheskoy bezopasnosti vodnoy sredy v usloviyakh antropogennoy evτροφikatsii. Tekhnologicheskiiy audit i rezervy proizvodstva. 2013. № 5/4 (13). S. 47-49.
- 8 Shmandii V.M., Kharlamova O.V., Klymenko M.O., Holik Yu.S., Pryshchepa A.M., Bakhariev V.S. Ekolohichna bezpeka. Kherson: Oldi-plus, 2017. 366 s
- 9 Pro natsionalnu bezpeku Ukrainy: Verkhovna Rada Ukrainy; Zakon vid 21.06.2018 № 2469-VIII URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text> (data zvernennia: 29.11.2021).
- 10 Improving the Method for Producing Adsorbents from Agro-Industrial Wastes / Volodymyr Shmandiy, Olena Kharlamova, Myroslav Malovanyy, Liliya Bezdeneznykh, Tetyana Rigas // Chemistry & Chemical Technology. – Lviv : Lviv Politechnic Publishing House, 2020. – Vol 14. - No 1. – P. 102–108.
- 11 Kharlamova O. V. Naukovo-metodolohichni osnovy ekolohichnoi bezpeky sotsialno-ekonomichnoi zony v umovakh kompleksnoho vplyvu dzherel nebezpeky. – Avtoreferat dysertatsii na zdobuttia naukovoho stupenia doktora tekhnichnykh nauk. Kyiv: DEAPOU, 2021. -41.
- 12 Ryhas T.Ie. Vplyv proiaviv ekolohichnoi nebezpeky na stan zdorovia naselennia ta oslavlennia yikh naslidkiv. Naukovo-tekhn. zhurnal «Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane pryrodokorystuvannia», Iv-Frank:IFNTUNH, - 2016.-№2(14). – S.103–108
- 13 Tikhomirova N.P. Metody analiza i upravleniya ekologo-ekonomicheskimi riskami. M. : YuNITI. 2003. 350 s.
- 14 Kharlamova O.V. Teoretychne obgruntuvannia mozhlyvosti realizatsii elementiv upravlinnia ekolohichnoi bezpekoiu v pryrodno-antropohennykh vodoimakh. Naukovo-tekhnichni zhurnal «Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia». 2016. Vyp. 2/(14). S. 76–80.