

## МЕТОДОЛОГІЯ СИНТЕЗУ ПІДСИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ЩОДО ЕЛЕМЕНТІВ СЕЙМОТЕХНОСЕРЕДОВИЩА

**В. І. Бредун**

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка  
просп. Першотравневий, 24, 36011, м. Полтава, Україна. E-mail: bvi37h@gmail.com

На основі сучасної теоретичної бази досліджень з питань техногенної сейсмоекології в регіональному аспекті та практичного досвіду комплексного дослідження чинників техногенної сейсмічності в конкретних сеймотехнонавантажених регіонах з розробкою на базі отриманих матеріалів системи управління екологічною безпекою зазначених регіонів конкретизовано методологію практичної реалізації алгоритму синтезу системи управління екологічною безпекою сеймотехнонавантаженого регіону. Основу зазначеної методології становить детальний якісно-кількісний аналіз стану екологічної безпеки на об'єктовому та регіональному рівнях, процесу її формування та визначення системи організаційно-технічних заходів щодо зменшення негативного впливу техногенної сейсмічності на стан екологічної безпеки регіону.

**Ключові слова:** техногенна сейсмічність, регіон, формування небезпеки, управління екологічною безпекою, методологія, синтез, система управління, алгоритм управління.

## МЕТОДОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОДСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТОВ СЕЙМОТЕХНОСРЕДЫ

**В. И. Бредун**

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка  
просп. Первомайский, 24, 36011, г. Полтава, Украина. E-mail: bvi37h@gmail.com

На основе современной теоретической базы исследований вопросов техногенной сейсмоекологии в региональном аспекте и практического опыта комплексного исследования факторов техногенной сейсмичности в конкретных сеймотехнонагруженных регионах с разработкой на базе полученных материалов системы управления экологической безопасностью указанных регионов конкретизирована методология практической реализации алгоритма синтеза системы управления экологической безопасностью сеймотехнонагруженного региона. Основу указанной методологии составляет детальный качественно-количественный анализ опасности на объектном и региональном уровнях, процесса ее формирования и определения системы организационно-технических мероприятий по уменьшению негативного влияния техногенной сейсмичности на состояние экологической безопасности региона.

**Ключевые слова:** техногенная сейсмичность, регион, формирование опасности, управления экологической безопасностью, методология, синтез, система управления, алгоритм управления.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Багатьма дослідженнями доведено, що техногенна сейсмічність є важливим чинником формування екологічної небезпеки будь-якого територіально-промислового комплексу, а для деяких регіонів даний чинник є профільючим [1, 2]. Він прямо впливає на стан інженерної безпеки будівель і споруд і, як наслідок, можливість виникнення надзвичайних ситуацій різного масштабу. Шкідливі наслідки впливу сейсмоколивань на людину проявляються при довготривалій дії, яка є особливістю багатьох видів техногенної сейсмічності. На даний час закладено теоретичні положення управління екологічною безпекою сеймотехнонавантажених регіонів, але практичний досвід комплексного вирішення проблем екологічної безпеки в даному напрямку залишається недостатнім. Тому удосконалення методології вирішення конкретних практичних задач із забезпечення екологічної безпеки сеймотехноактивних регіонів залишається важливим аспектом науково-прикладних досліджень.

**МЕТОЮ РОБОТИ** є удосконалення методології забезпечення екологічної безпеки сеймотехноактивних регіонів.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДЖОСЛІДЖЕНЬ.** У сукупності джерела техногенної сейсмічності,

об'єкти, на які вони впливають, середовище розповсюдження сеймотехнохвиль становлять єдину взаємопов'язану систему предметів та явищ техногенного та природного середовища, задіяних в процесах генерування, розповсюдження та впливу сеймотехнохвиль, що формує екологічну небезпеку регіону за фізичним чинником, яким є техногенна сейсмічність. Найбільш коректно, на наш погляд, називати цю систему сеймотехносередовищем.

Теоретичний базис та основи методології теоретичних та практичних досліджень формування екологічної небезпеки під впливом техногенної сейсмічності та розробки відповідної системи управління безпекою висвітлені в [2]. Приймаючи їх за основу, пропонуємо наступну схему процесу синтезу підсистеми управління екологічною безпекою щодо елементів сеймотехносередовища в умовах конкретного регіону (рис. 1). Наведена схема складається з трьох блоків. Теоретичний базис досліджень є основою для виконання практичних задач і детально описаний в [2]. Етапи виконання досліджень та впровадження розробок є предметом розгляду даної роботи.

Методологія дослідження базується на застосуванні системного аналізу процесу формування екологічної небезпеки регіону в умовах інтенсивного

техногенного сейсмічного навантаження, в рамках якого загальне завдання дослідження структурується на ряд задач по дослідженню окремих елементів сейсотехносередовища: джерел техногенної сейс-

мічності, об'єктів, що зазнають сейсотехновпливу, механізму впливу джерел техногенних землетрусів на об'єкти, методів і способів зниження впливу на людину та довкілля.

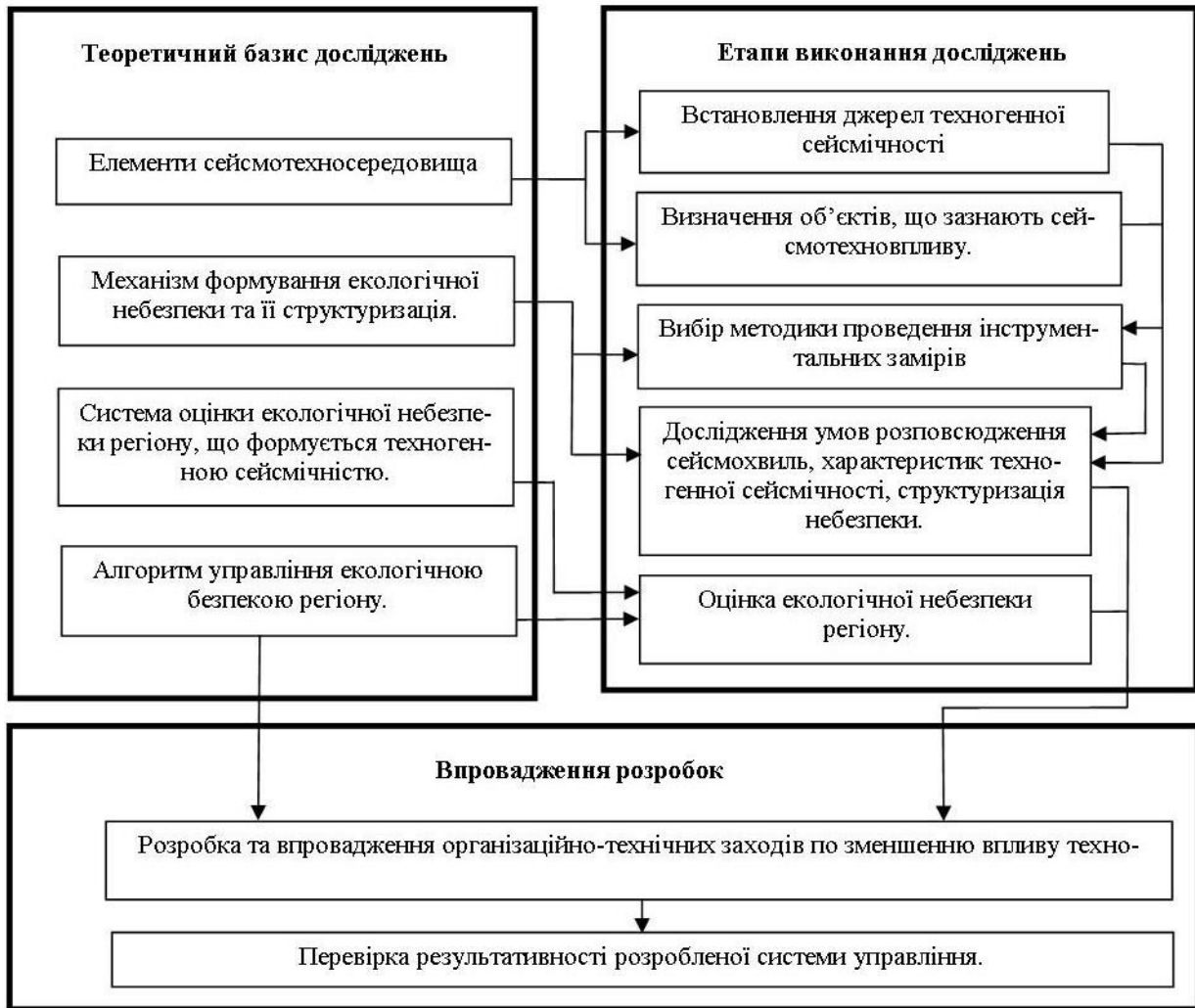


Рисунок 1 – Структурно-логічна схема процесу синтезу підсистеми управління екологічною безпекою щодо елементів сейсотехносередовища.

Першим етапом є ідентифікація елементів сейсотехносередовища. В ході його виконання проводиться класифікація та детальний аналіз характеристик джерел техногенної сейсмічності та об'єктів, що зазнають сейсотехновпливу, визначається рівень їх реальної та потенційної небезпеки.

Наступним етапом є модифікація механізму формування екологічної безпеки відповідно до умов конкретного регіону досліджень. На даному етапі визначається методика, місця, обладнання, порядок та необхідний обсяг проведення інструментальних замірів. Потім реалізується стадія проведення натурних експериментів. В ході експерименту досліджуються умови розповсюдження сейсмохвиль, визначаються параметри техногенної сейсмічності, будується структура породжуваної небезпеки. Для цього застосовуються статистичний та факторний аналіз, інструментальні вимірювання по апробованим методикам.

Експериментальним спостереженням підляга-

ють гідрогеологічні умови регіону досліджень, стан будівель і споруд, санітарні умови в житлових будівлях, механічні коливання ґрунту (сейсотехновилі), будівель, споруд.

Гідрогеологічні умови регіону досліджень визначаються шляхом аналізу відповідних картографічних та статистичних матеріалів, натурних спостережень рівнів водойм, улаштуванням спеціальних свердловин та іншими апробованими методами. Стан будівель і споруд визначався за матеріалами звітів управлінь житлово-комунального господарства, шляхом візуального обстеження об'єктів, описом і заміром лінійних розмірів пошкодження за допомогою будівельних рулеток та гідрорівнів. Стан санітарних умов в житлових будівлях визначалися шляхом виміру рівнів коливань конструктивних елементів будівель та їх порівняння з [4], а також методом соціологічних опитувань та експертних оцінок.

Методами статистичного та факторного аналізу

досліджується сейсмічний вплив джерел техногенних землетрусів на об'єкти середовища. В якості досліджуваних факторів виступають характеристики джерел техногенної сейсмічності, умови розповсюдження та інтенсивність сейсотехнохвиль, характеристики об'єктів сейсотехновпливу та їх розташування відносно джерел техногенних землетрусів. Для встановлення інтенсивності сейсмічного впливу на елементи середовища здійснюються інструментальні вимірювання швидкості зміщення ґрунту та конструктивних елементів споруд, що ґрунтовані на прямому перетворенні механічних коливань в електричний сигнал будь-яким з нижче зазначених методів.

Експериментальні дослідження параметрів сейсотехнохвиль та рівнів коливань конструктивних елементів будівель та споруд є найбільш важливим етапом натурних спостережень.

Способи реєстрації, що використовуються в сейсмометрії, можна розділити на два класи - пряма і дистанційна реєстрація [5]. Пряма реєстрація здійснюється механічним і оптичним способами. До дистанційної реєстрації відносяться гальванометричний і магнітний способи. Запис на магнітній плівці може здійснюватися як в аналоговому, так і в цифровому варіантах. При аналогових методах реєстрації сейсмограф безперервно відстежує сигнал і фіксує реєстрований процес у функції часу на тому або іншому носії запису. Цифрова реєстрація дозволяє дискретувати реєстрований процес у часі (частота опитування) і по вимірюваному параметру (дискретний набір цифр). Найважливішою перевагою цифрової реєстрації є можливість підвищення точності запису, збільшення її динамічного діапазону і введення записаних даних в ПЕОМ.

Вибір технічного обладнання для здійснення експериментів проводиться за умови відповідності технічних характеристик приладів передбачуваним параметрам досліджуваних сейсмохвиль та необхідної точності вимірів: максимальна та мінімальна величина вимірюваного сигналу, частота сигналу, кількість реєстраційних входів приладу, амплітудно-частотна характеристика вимірювального каналу, клас точності приладу, рівень власних шумів приладу, частота дискретизації для цифрових приладів.

Аналізуючи матеріали [5] приходимо до висновку, що для коректного проведення експериментів сейсмометрична апаратура, повинна задовольняти наступним загальним вимогам:

- забезпечити запис сейсмічних коливань (наприклад, швидкість зміщення) в діапазоні 0,0005-0,01 м/с при частоті 0,5-300 Гц;

- мати можливість реєструвати коливання тривалістю не менше 50с по двом каналам;

- смуга пропускання кожного каналу, його чутливість і швидкість розгортки повинні бути узгоджені так, щоб одержати максимально достовірну інформацію про реєстрований процес.

Технічна підготовка натурних випробувань включає в себе ряд заходів:

- перевірка стану вимірювальної апаратури, її

метрологічна повірка, калібрування;

- підготовка полігону досліджень (вибір контрольних точок, встановлення реперів, встановлення вимірювальної апаратури).

Підготовка експерименту на місцях проведення досліджень проводиться таким чином. Від міста виникнення сейсотехнохвиль (епіцентру вибуху, міста знаходження потужного промислового обладнання, вздовж транспортних магістралей) намічаються профілі вимірювання сейсмопроявів. За кожним профілем визначаються декілька точок реєстрації коливань (як правило на типових об'єктах сейсмічного впливу та напрямках їх розташування). Установка сейсмоприймачів в ґрунт здійснюється в спеціально пробурені вертикальні свердловини. З вибуреного в цих свердловинах ґрунту створюються циліндрові зразки, в яких розміщуються сейсмоприймачі. Вони орієнтуються в просторі за допомогою кутоміра. Установка сейсмоприймачів на елементах будівель і споруд здійснюється за допомогою спеціальних закріплюючих скоб, які під'єднуються до споруд дюбельними або хомутно-гвинтовими закріплювачами. Це забезпечує повну нерухливість датчика відносно контрольного елемента споруди. Сейсмоприймачі встановлюються так, що кожний з них міг реєструвати коливання тільки в одній з трьох взаємно перпендикулярних площин. При цьому окреме виділення різних типів хвиль не проводяться внаслідок того, що сейсмічний ефект в основному залежить від повного вектора швидкості зміщення, величина якого може бути одержана як геометрична сума складових по координатах  $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$ .

Після установки датчиків і монтажу сейсмовимірювального комплексу проводиться перевірка вимірювального каналу. Перед проведенням експерименту вимірювальна схема включається в режим запису процесу.

Для проведення натурних вимірювань доцільно застосовувати метод безпосередньої багатоканальної реєстрації короточасних процесів [5], що протікають в геологічному середовищі з подальшим аналізом амплітудно-частотних параметрів технохвиль. При імпульсній дії на сейсмоприймач механічні коливання перетворюються в електричний потенціал, який реєструється за допомогою вимірювального магнітографа або вібрографа, а у разі застосування електронних осцилографів, що запам'ятовують, електричний сигнал записується на екрані з подальшим введенням в ПЕОМ.

Обробку результатів сейсмометричних вимірів здійснюють за методикою [1] та методів математичної статистики з використанням математичного програмування та графоаналітичних методів.

Наступним етапом є оцінка екологічної небезпеки регіону. За допомогою елементно-теоретичного синтезу встановлюються зв'язки детермінації між базовими елементами системи оцінювання, якими є системи оцінки екологічної небезпеки техногенних об'єктів в надзвичайних ситуаціях та можливості реалізації сейсмічної загрози. Заключною стадією процесу оцінювання є визна-

чення показників екологічної небезпеки техногенних утворень та регіону в цілому.

Для розробки підсистеми управління екологічною безпекою регіону та її впровадження застосовується елементно-теоретичний та структурно-генетичний синтез, метод аналогій, імітаційне моделювання. На даному етапі згідно алгоритму управління [2] визначаються необхідні організаційно-технічні заходи зменшення негативного екологічного впливу техногенної сейсмічності на регіон та за допомогою експериментальних досліджень та методу імітаційного моделювання по встановленню емпіричним залежностям перевіряється ефективність впровадження розроблених рішень.

Наведені методи синтезу можуть бути використані, також, для визначення місця підсистеми управління через елементи сейсотехносередовища в загальній системі управління екологічною безпекою регіону.

**ВИСНОВКИ.** Описана в даній роботі методологія висвітлює процес практичної реалізації алгоритму синтезу системи управління екологічною безпекою сейсотехнонавантаженого регіону, який включає детальний якісно-кількісний аналіз стану екологічної небезпеки на об'єктовому та регіональному рівнях, процесу її формування та визначення системи організаційно-технічних заходів щодо зменшення негативного впливу техногенної сейсмічності на стан екологічної безпеки регіону. За-

значена методика дозволяє проводити адекватну оцінку стану безпеки територій та розробляти ефективні комплекси організаційно-технічних управлінських заходів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шмандій В.М. Управління екологічною безпекою на регіональному рівні (теоретичні та практичні аспекти): дис... доктора техн. наук.: 21.06.01 / Володимир Михайлович Шмандій. — Харків, 2003. — 356 с.
2. Бредун В.І. Управління екологічною безпекою сейсотехнонавантаженого регіону: автореф. дис... кандидата техн. наук.: 21.06.01 [Електронний ресурс] / В.І. Бредун; Крем. Нац. ун-т. ім. Михайла Остроградського — Кременчук, 2011. — 20 с. — укр.
3. Борисов Е.К. Безопасность зданий, расположенных в зоне сейсмического действия промышленных взрывов: дис... доктора техн. наук. — Владивосток, 2002. — 201с.
4. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів: ДСП 173-96. — К.: МОЗ України: Вид. офіц, 1996. — 72 с. (Державний стандарт України).
5. Методы оценки сейсмических воздействий / [Штейнберг В.В., Сакс М.В., Аптикаев Ф.Ф. и др.] // Вопросы инженерной сейсмологии,. — М.: Наука, 1993. — Вып. 34. — С.5-94.

#### METHODOLOGY OF SYNTHESIS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SUBSYSTEM SECURITY BASED ON CELL OF SEISMIC TECHNOGENIC ENVIRONMENT

##### V. Bredun

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuka  
prosp. Pershotravneviy, 24, 36011, Poltava, Ukraine. E-mail: bvi37h@gmail.com

On the basis of modern theoretical basis for research questions of technological seismoeology in the regional aspect and the practical experience of a comprehensive study of the factors of technogenic seismicity in the technogenic seismic loading region of the development on the basis of submissions received, the control system of ecological safety of these regions concretized methodology of practical implementation of the algorithm synthesis management of environmental safety of technogenic seismic loading region. The basis of this methodology is detailed qualitative and quantitative analysis of the risk to the object and regional levels, the process of its formation and the definition of organizational and technical measures to reduce the negative effects of man-made seismic activity on the status of ecological security of the region.

**Keywords:** Technogenic seismicity, region, forming of danger, managements by ecological safety. methodology synthesis, a management system, a control algorithm.

#### REFERENCES

1. Shmandiy, V.M., (2003), "Management of environmental safety at the regional level (theoretical and practical aspects)", D. Sc. (Engineering.), 21.06.01, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkov, Ukraine, 356p.
2. Bredun, V.I., (2011), "Management of ecological safety of technogenic seismic loading region", Thesis abstract of Cand. Sc. (Engineering.), 21.06.01, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine, 20p.
3. Borisov, E.K., (2002), "Safety of building located in the industrial zone of seismic activity

explosions", D. Sc. (Engineering.), 05.26.02, V.V. Kuibyshev Far Eastern State Technical University Vladivostok, Russia, 201p.

4. State Standard of Ukraine, (1996), *Public Health Regulations planning and building of settlements*, DSP 173-96, Ministry of Health of Ukraine, Kyiv, Ukraine, 72p.

5. Steinberg, V.V., Sachs, M.V., Aptikaev, F.F. and others, (1993), "Methods for assessing seismic effects", *Voprosy inzhenernoy seysmologii, Nauka*, Moscow, Russia, Iss.34, pp.5-94.