

В. П. Романюк¹, В. М. Триснюк², Т. Л. Куртсеїтов¹

¹ Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ

² Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Анотація. Актуальність. Надзвичайна ситуація – це порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних втрат. Надзвичайна ситуація представляє собою обстановку, викликану випадковими причинами, таку, що приводить до шкідливих соціальних, економічних та екологічних наслідків. У кризовому періоді виконуються рятувальні заходи, що спрямовані на локалізацію наслідків прояву джерел загрози і збільшення живучості регіональних компонентів у зонах ураження. Територіальна розподіленість, різноманітність, багатозв'язність і динамічність уражаючих впливів і захисних заходів значно ускладнюють процеси управління природно-техногенною безпекою. **Метою статті** є формулювання постановки задачі ліквідації наслідків природних та техногенних катастроф на території України, користуючись принципами системного підходу. **Результати дослідження.** У статті сформульована постановка задачі ліквідації наслідків природних та техногенних катастроф на території України. Проведений аналіз проблем управління техногенною безпекою конкретного регіону, де зафіксована надзвичайна ситуація. Отриманий формальний опис досліджуваної системи і оточуючого її середовища, виходячи із принципів системного підходу. Наведена класифікація джерел надзвичайних ситуацій виходячи із причин виникнення, різних видів об'єктів ураження в залежності від характеру поведінки в екстремальних умовах, різні види ресурсів захисту, які реалізують необхідні захисні заходи. Для пошуку оптимального плану застосування сил і засобів системи техногенної безпеки на етапі ліквідації наслідків НС використаний програмно-цільовий підхід до планування з використанням Парето-функції системи. Розглянуті пряма та обернена задачі пошуку оптимального плану. Відбір об'єктів для прямої задачі проводиться в порядку у відповідності до їхньої пріоритетності. При вирішенні оберненої задачі відбір об'єктів проводиться до досягнення заданого рівня системного ефекту, що накопичується в процесі відбору.

Ключові слова: природні катастрофи; техногенні катастрофи, цільова ефективність, Парето-функція.

Вступ

Якщо розглянути в динаміці формування поняття надзвичайної ситуації, то в нормативно-правових джерелах знаходимо наступне визначення: надзвичайна ситуація (НС) – це порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних втрати [1]. В [2] уточнюється, що під НС мається на увазі обстановка на певній території, що склалася в результаті катастрофічної події і пов'язана з людськими жертвами, зі шкодою навколишньому природному середовищу та здоров'ю людей, із значними матеріальними втратами та порушенням умов життєдіяльності. В [3] підкреслюється, що це несподівана обстановка, яка виникає раптово і характеризується стрімким порушенням сталого процесу. Автори праці [4] надзвичайною ситуацією називають раптово виниклу ситуацію, яка характеризується значним соціально-екологічним і економічним збитком, необхідністю захисту населення від дії шкідливих для здоров'я факторів (хімічно агресивні і радіоактивні речовини, мікроби, віруси, риккетсії, переохолодження, перегрівання, травмуючі і психогенні фактори), проведення рятувальних, невідкладних медичних і евакуаційних заходів, а також ліквідації негативних наслідків, які склалися. На сьогоднішній день у Кодексі Цивільного захисту України дається таке визначення: «НС – обстановка

на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завданням значних матеріальних збитків, а також неможливістю проживання населення на такій території чи об'єкті, впровадженням на ній господарської діяльності» [5]. Загальним у всіх наведених визначеннях є те, що НС представляє собою обстановку, викликану випадковими причинами, таку, що призводить до шкідливих соціальних, економічних та екологічних наслідків. Звужуючи коло причин НС, будемо розглядати надзвичайні ситуації, які викликані руйнуванням потенційно небезпечних об'єктів або аваріями на даних об'єктах. У кризовому періоді виконуються рятувальні заходи, що спрямовані на локалізацію наслідків прояву джерел загрози і збільшення живучості регіональних компонентів у зонах ураження. Виконувани у післякризовий період відновлювальні заходи покликані ліквідувати наслідки прояву джерел небезпеки і збільшити реабілітованість регіональних компонентів у зонах післядії. У контексті введених понять будемо визначати природно-техногенну безпеку як такий стан компонентів даного регіону, що характеризується наявністю необхідних ресурсів захисту для можливих чи реальних об'єктів-реципієнтів ураження у кожному пері-

оді розвитку будь-яких НС техногенного походження. Територіальна розподіленість, різномірність, багатозв'язність і динамічність уражаючих впливів і захисних заходів значно ускладнюють процеси управління природно-техногенною безпекою.

Метою статті є формулювання постановки задачі ліквідації наслідків природних та техногенних катастроф на території України, користуючись принципами системного підходу.

Виклад основного матеріалу

Аналіз проблем управління техногенною безпекою конкретного регіону, де зафіксована НС, приводить до логічного висновку обрати об'єктом дослідження систему техногенної безпеки та цивільного захисту (органи управління та виконавчі органи з підпорядкованими їм ресурсами), об'єктами застосування якої є:

- об'єкти, що представляють собою джерело техногенних небезпек - потенційно небезпечні об'єкти (ПНО) й об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН);
- об'єкти, на які поширюється дія шкідливих факторів в разі реалізації небезпек (об'єкти-реципієнти або об'єкти захисту і відновлення).

Зовнішніми до організаційно-технічної системи, що розглядається, є соціально-економічна система регіону і навколишнє природне середовище.

Отримати опис досліджуваної системи і оточуючого її середовища можна, користуючись принципами системного підходу. Згідно з цими принципами [7] під системою маємо на увазі сукупність об'єктів (компонентів системи) з набором зв'язків між ними та між їхніми властивостями. Крім того, система як складний об'єкт повинна мати такі системні ознаки:

- наявність мети за призначенням;
- наявність системного ефекту, рівень якого пов'язують з досягненням мети;
- наявність ресурсного потенціалу (людські, матеріальні, інформаційні ресурси);
- наявність структури (керуючої і виконавчої частин, пристосованих до продукування системного ефекту);
- наявність процесу (перетворення ресурсного потенціалу в системний ефект);
- наявність цілеспрямованого управління (алгоритму);
- наявність емерджентності.

При описі компонентів системи, їхніх властивостей та зв'язків треба враховувати основну особливість системного підходу, яка полягає в тому, що всі складові системи функціонують як єдине ціле заради загальної мети. Функціонування системи техногенної безпеки здійснюється безперервно з метою запобігання надзвичайним ситуаціям або ліквідації їх наслідків. Це дозволяє при аналізі системи виділити тільки певні властивості об'єктів і зв'язки, які є суттєвими в даному контексті. Тому, насамперед, необхідно визначити поняття надзвичайної ситуації. Для зменшення цієї складності класифікуємо і структуруємо фактори ураження і захисту, які суттєво впливають на прийняття управлінських рішень

в НС. За причинами виникнення розрізняються НС техногенного, природного, соціально-політичного і військового походження [6, 8].

Техногенні джерела (V_1) проявляються у вигляді аварій на об'єктах, продукція або технологічні процеси яких пов'язані з використанням високого тиску, значних енергетичних потужностей, агресивних, вибухонебезпечних чи легкозаймистих речовин. Для України реальну загрозу становлять такі види аварій:

- на хімічно, радіаційно і біологічно небезпечних виробництвах при ушкодженні технологічного обладнання, несправній системі запуску, контролю і відключення, помилках обслуговуючого персоналу;
- на залізничному, автомобільному, повітряному і водному транспорті при розгерметизації ємностей для перевезення небезпечних речовин або при порушенні правил транспортування;
- на газо-, нафто-, електро-, тепло-, водо- і каналізаційних мережах при їхньому пошкодженні або руйнуванні;
- на гідротехнічних спорудах при прориві напірних гребель, захисних дамб або водопропускних шлюзів;
- на будівельних об'єктах при руйнуванні виробничих споруд або житлових будинків, залізничних та автодорожніх мостів.

Природні джерела (V_2) зумовлені руйнівними стихійними явищами, серед яких реальну загрозу для України становлять:

- геологічні, у вигляді землетрусів, зсувів, провалів і карсту;
- гідрологічні, у вигляді селів, підтоплень, паводків і повеней;
- метеорологічні, у вигляді циклонів, ураганів, смерчів, хуртовин, снігопадів, ожеледі, злив, градобою, заморозків й посух;
- геліофізичні, у вигляді природних пожеж, включаючи лісові, степові і торф'яні;
- астрофізичні, у вигляді гравітаційних, магнітних і електромагнітних збурень від космічних об'єктів і випромінювань.

Екологічні джерела (V_3) виникають внаслідок надмірного антропогенного навантаження на навколишнє середовище, в Україні спостерігаються такі:

- у літосфері — деградація ґрунтів, виснаження надр, зменшення захисних лісосмуг;
- у гідросфері — забруднення, заболочення, і пересихання водоймищ, рік і озер;
- в атмосфері — руйнування озонового шару, збільшення кислотних дощів, зростання концентрації токсичних і радіоактивних речовин;
- у біосфері — втрата генофонду, зменшення біопродуктивності, зростання отруєнь, епідемій, епізоотій та епіфітотій;
- в екосфері в цілому — руйнування самовідновлюючих (рекреаційних) природних механізмів.

Соціальні джерела (V_4) є результатом взаємовпливу економічних, політичних, психологічних, інформаційних та інших факторів і передумов. Серед крайніх проявів соціальних конфліктів, що ста-

новлять потенційну загрозу для України, вирізняються такі:

- страйки, акти саботажу і громадської непокори;
- погроми і прояви організованої злочинності;
- терористичні акти;
- диверсійні операції;
- масові психічні захворювання.

Військові джерела (V_3) пов'язані з використанням засобів збройного протиборства під час прикордонних конфліктів і в локальних війнах, а також у стратегічних планах глобальної конфронтації. Серед цих засобів розрізняються такі:

- звичайна і високоточна зброя;
- боєприпаси об'ємного вибуху, запальні, фугасні, осколкові, кулькові, кумулятивні і бетонобійні;
- ядерна зброя;
- хімічна зброя;
- бактеріологічна зброя.

У загальному випадку можливий взаємозумовлений комбінований прояв різних джерел небезпеки.

За несприятливими наслідками розрізняються НС, що призводять до людських жертв, збитків господарським об'єктам та ураження природного середовища. Залежно від характеру поведінки в екстремальних умовах спостерігаються різні види об'єктів ураження.

Серед населення (X_1) розрізняються:

- непрацездатні, включаючи дітей, старих і тяжко хворих;
- працівники виробничої сфери;
- працівники сфери послуг;
- невоєнізовані формування;
- воєнізовані формування (Збройні сили України, Національна гвардія України, Прикордонна служба України, Державна служба України з надзвичайних ситуацій).

Серед господарських об'єктів (X_2) можна виділити такі:

- об'єкти критичної інфраструктури;
- об'єкти виробничої сфери;
- об'єкти сфери послуг;
- історико-культурні цінності;
- науково-технічну документацію;
- коштовне технологічне обладнання.

У природному середовищі (X_3) вирізняються:

- представники тваринного світу (фауна);
- представники рослинного світу (флора);
- водні джерела;
- корисні копалини;
- заповідні зони.

За протидіючими чинниками розрізняються НС, що спричиняють використання різних видів ресурсів захисту, які реалізують необхідні захисні заходи.

Розвідувально-контролюючі ресурси (Z_1) призначені для ведення розвідки і контролю за станом і зміною обстановки в зонах можливого чи реального прояву уражаючих впливів за допомогою військових формувань:

- інженерної розвідки для виявлення меж і ступеня руйнування житлових будинків і виробни-

чих споруд, визначення вторинних наслідків уражаючих впливів, знаходження місць перебування потерпілих і підходів до них;

- хімічної розвідки для виявлення меж хімічного зараження, визначення концентрації отруйних речовин і напрямку поширення зараженого повітря, спостереження і лабораторного контролю за зміною хімічної обстановки;

– радіаційної розвідки для виявлення меж і рівнів радіоактивного забруднення, встановлення режимів радіаційного захисту, спостереження і дозиметричного контролю за зміною радіаційної обстановки;

- медичної розвідки для виявлення постраждалих людей, визначення їхнього стану й умов надання першої медичної і лікарської допомоги;

– ветеринарної та агротехнічної розвідки для виявлення постраждалих тварин і рослин, визначення їхнього стану й умов надання ветеринарної й агротехнічної допомоги.

Інженерно-технічні ресурси (Z_2) спрямовані на зменшення збитків господарським об'єктам (захист техносфери) за допомогою формувань:

- інженерного захисту для підвищення фізичної стійкості виробничих споруд і житлових будинків, будівництва й обслуговування захисних споруд, розчищення проходів і розбирання завалів, облаштування під'їзних шляхів і маршрутів евакуації;

– хімічного захисту для забезпечення населення індивідуальними засобами захисту, локалізації вогнищ викиду й обваловки місць розливу отруйних речовин, дегазації прилягаючої місцевості, приміщень, устаткування, одягу і продуктів харчування;

– радіаційного захисту для забезпечення населення протирадіаційними сховищами, організації йодної профілактики, збору і поховання небезпечних радіоактивних осколків, дезактивації прилягаючої місцевості;

– пожежного захисту для забезпечення господарських об'єктів засобами автоматичної сигналізації і пожежогасіння, локалізації і ліквідації пожеж у житлових будинках і виробничих спорудах, боротьби з лісовими, степовими, торф'яними і підземними пожежами;

– технічного захисту для підвищення безпеки технологічного обладнання за допомогою засобів автоматичного контролю і відключення, виконання профілактичних і ремонтно-відновлювальних робіт на комунально-енергетичних мережах, а також для ремонту транспортної, інженерної, протипожежної та іншої техніки.

Медико-біологічні ресурси (Z_3) спрямовані на зменшення негативних наслідків для населення, тварин і рослин (захист біосфери), за допомогою формувань:

- медичного захисту для надання першої медичної і лікарської допомоги постраждалим безпосередньо в зонах ураження, посадки їх на транспорт і супроводу під час евакуації;

– лікарського захисту для надання спеціалізованої медичної допомоги і стаціонарного лікування

потерпілих за межами зон ураження в клініках, лікарнях і шпиталях;

- епідеміологічного захисту для санітарного очищення зон ураження, профілактики і лікування інфекційних захворювань;

- ветеринарного захисту для санітарної обробки і лікування тварин, локалізації і ліквідації епізоотій;

- агротехнічного захисту для знезараження рослин і фуражу, локалізації і ліквідації епіфітотій.

Транспортно-комунікаційні ресурси (Z_4) забезпечують переміщення об'єктів біо- і техносфери усередині і поза зонами ураження за допомогою різних видів транспорту і засобів зв'язку. Для цього залучаються формування:

- забезпечення евакуації потерпілих;
- забезпечення передислокації формувань;
- забезпечення підвозу матеріально-технічних засобів;

- забезпечення підвозу води, продуктів харчування і предметів першої необхідності;
- забезпечення евакуації унікального обладнання і культурних цінностей.

Матеріально-продовольчі ресурси (Z_5) забезпечують процеси виконання захисних заходів необхідними матеріалами і засобами за допомогою формувань:

- матеріального забезпечення для зберігання і розподілення будівельних, дегазаційних, медичних та інших матеріалів і засобів;

- енергозабезпечення для заправлення транспорту горючо-мастильними матеріалами, підзарядки і заміни акумуляторних батарей, організації автономного електроживлення;

- речового забезпечення для зберігання і розподілення спецодягу серед особового складу формувань і предметів першої необхідності серед евакуйованого населення;

- комунального забезпечення для розселення і комунально-побутового обслуговування евакуйованого населення;

- продовольчого забезпечення для зберігання і розподілення продуктів харчування серед формувань і населення.

При пошуку оптимального плану застосування сил і засобів системи техногенної безпеки на етапі ліквідації наслідків НС доцільно використовувати програмно-цільовий підхід до планування. Початковим етапом циклу планування є розробка мети програми (цілеполягання). Головною системною метою програми робіт з ліквідації наслідків НС вважаємо підвищення їхньої цільової ефективності. Першим показником ефективності є F – значення очікуваного системного ефекту (зменшення збитку від наслідків НС) програми робіт з ліквідації наслідків НС. Другим показником ефективності програми треба вважати витрати бюджетних ресурсів B , якими досягнуто значення першого показника. Тоді ефективність цільової програми оцінюється як

$$e_{OI} = F/B . \quad (1)$$

Постановка задачі розробки оптимальної програми робіт з ліквідації наслідків НС: на множині планів використання бюджетних ресурсів $\mathfrak{R} = \{R_i\}$, кожний з елементів R_i задовольняє системі обмежень на застосування ресурсів (тобто належить області припустимих рішень):

$$G(R_i) < G_O, \quad (2)$$

знайти такий (оптимальний) план R_O , що максимізує ефективність програми

$$e_{OI}(R_O) = \frac{F(R_O)}{B(R_O)} = \max e_{OI} . \quad (3)$$

Побудуємо область припустимих рішень на Парето-функції системи (рис. 1).

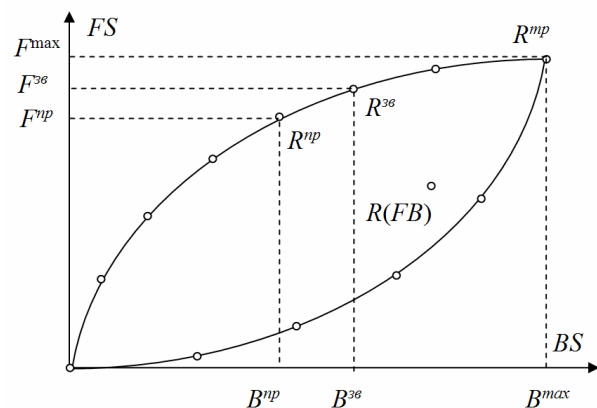


Рис. 1. Область припустимих рішень на Парето-функції системи

На рис. 1 позначено: BS – бюджетні витрати на програму, FS – цільовий ефект, що досягнуто витратами BS . Природно, що існує множина можливих планів \mathfrak{R} , кожний з елементів котрої представляється точкою з координатами $R(F, B)$.

Очевидно, що для кожної точки області припустимих рішень F планом R цілком визначається рівень використання ресурсів B . Множина "ефективних" планів, для котрих співвідношення (F/B) є найкращим, – ліва верхня межа області припустимих планів, бо кожний ефективний план переважає за F рівноцінні йому плани зв B або поступається за B рівноцінним планам за F .

Множина ефективних планів складає множину Парето, що утворює функцію Парето $F(B)$.

Оскільки прагнення підвищення ефективності системи обмежується точкою $R^{mp}(F^{max}, B^{max})$ як планом "абсолютної досконалості" системи, то потрібних для цього бюджетних коштів B^{max} може не вистачити, і треба трохи "поступитися" цільовим ефектом F .

Якщо можливі витрати B^{np} , то їм відповідає значення Парето-функції F^{np} , що є результатом вирішення "прямої" задачі оптимального планування використання обмежених ресурсів, що максимізує ефект.

Якщо значення F^{np} не задовольняє і його можна підвищити до F^{zg} , то новому F^{zg} відповідає нове зна-

чення витрат бюджету B^{36} , що є результатом вирішення "оберненої" задачі оптимального використання ресурсів, що мінімізує потрібний бюджет. Такий підхід визначає компромісний рівень цільового ефекту програми і бюджет для його досягнення.

Висновки

У статті сформульована постановка задачі ліквідації наслідків природних та техногенних катастроф на території України. Проведений аналіз проблем управління техногенною безпекою конкретного регіону, де зафіксована надзвичайна ситуація. Отриманий формальний опис досліджуваної системи і оточуючого її середовища, виходячи із принципів системного підходу.

Наведена класифікація джерел надзвичайних ситуацій виходячи із причин виникнення, різних видів об'єктів ураження в залежності від характеру

поведінки в екстремальних умовах, різні види ресурсів захисту, які реалізують необхідні захисні заходи. Для пошуку оптимального плану застосування сил і засобів системи техногенної безпеки на етапі ліквідації наслідків НС використаний програмно-цільовий підхід до планування з використанням Парето-функції системи.

Розглянуті пряма та обернена задачі пошуку оптимального плану. Відбір об'єктів для прямої задачі проводиться в порядку у відповідності до їхньої пріоритетності (рангу). При вирішенні оберненої задачі відбір об'єктів проводиться до досягнення заданого рівня системного ефекту, що накопичується в процесі відбору.

Напрямок подальших розвідок – розробка імітаційної макроекономічної моделі для пошуку оптимального плану застосування сил і засобів системи техногенної безпеки на етапі ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України "Про Цивільну оборону України" від 28.02.1991 р.
2. Гусев А.А., Козьменко С.Н., Козьменко О.В. Чрезвычайные ситуации: экономический ущерб и инвестиции в предупреждение // Экономика и математические методы, 2000. – Т.36, №1. – С.36-46.
3. Белов П.Г. Моделирование опасных процессов в техносфере: Методическое пособие. – К.: КМУГА, 1999. – 124 с.
4. Загальні вимоги до розвитку і розміщення потенційно небезпечних виробництв з урахуванням ризику надзвичайних ситуацій техногенного походження/ НАН України, Рада по вивченню продуктивних сил України. Наукові керівники: чл.-кор. НАН України С.І. Дорогунцов і генерал-лейтенант В.Ф. Гречанинов. – К., 1995. – 120 с.
5. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI (Редакція від 12.05.2017)
6. Биченок М.М. Основи інформатизації управління регіональною безпекою. /М.М. Биченок, С.О. Довгий – К.: Наук. думка, 2004. –287 с.
7. Системный анализ и структуры управления. (Книга восьмая). Под общей редакцией проф. В.Г. Шорина. – М.: Знание, 1975. – 304 с.
8. Михайлова А.В., Чумаченко С.М. Особливості класифікації джерел небезпеки, що призводять до надзвичайних ситуацій воєнного характеру // Зб. тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика», 21-22 листопада 2019, Харків, НУЦЗУ. – С. 51-53.

Received (Надійшла) 12.05.2020

Accepted for publication (Прийнята до друку) 26.08.2020

Statement of the consequences liquidation problem of natural and technogenic disasters on the Ukraine territory

V. Romanyuk, V. Trisnyuk, TL Kurtseitov

Abstract. Topicality. An emergency is a violation of normal living conditions and activities of people on the site or territory, caused by an accident, catastrophe, natural disaster, epidemic, epizootic, epiphytosis, large fire, the use of means of destruction that have caused or may lead to human and material losses. An emergency is a situation caused by accidental causes, such that it leads to harmful social, economic and environmental consequences. In the crisis period, rescue measures are carried out aimed at localizing the consequences of the threat and increasing the survivability of regional components in the affected areas. Territorial distribution, heterogeneity, multi-connectedness and dynamism of impact and protection measures significantly complicate the processes of natural and man-made safety management. **The purpose of the article** is to formulate the problem of eliminating the consequences of natural and man-made disasters in Ukraine, using the principles of a systematic approach. **Results of the research.** The article formulates the problem of liquidation of the consequences of natural and man-made disasters on the territory of Ukraine. The analysis of problems of management of technogenic safety of concrete region where the emergency situation is fixed is carried out. A formal description of the studied system and its environment is obtained, based on the principles of the system approach. The classification of sources of emergencies based on the causes, different types of objects of damage depending on the nature of behavior in extreme conditions, different types of protection resources that implement the necessary protective measures. To find the optimal plan for the use of forces and means of the technogenic safety system at the stage of emergency response, a program-targeted approach to planning using the Pareto function of the system was used. The direct and inverse problems of finding the optimal plan are considered. The selection of objects for a direct task is carried out in order according to their priority. When solving the inverse problem, the selection of objects is carried out to achieve a given level of system effect, which accumulates in the selection process.

Keywords: natural disasters; man-made disasters, target efficiency, Pareto function.