

УДК 614.8

Г.В. Іванець

Національний університет цивільного захисту України, Харків

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРУ В ЦІЛОМУ, ЗА ВИДАМИ ТА РІВНЯМИ, МОЖЛИВИХ ЗАВДАНИХ ЗБИТКІВ ВНАСЛІДОК НИХ

У статті запропоновано алгоритм прогнозування надзвичайних ситуацій природного характеру в цілому, за видами та рівнями на основі статистичних даних, а також можливих завданих збитків внаслідок них. Вхідну емпіричну основу складають дані моніторингу надзвичайних ситуацій, які щорічно наводяться у Національних доповідях «Про стан техногенної та природної безпеки в Україні».

Ключові слова: надзвичайна ситуація, види надзвичайних ситуацій природного характеру, рівні надзвичайних ситуацій природного характеру, імовірності надзвичайних ситуацій природного характеру, алгоритм.

Вступ

Загальна постановка проблеми. Надзвичайна ситуація (НС) – це обставина, за якої виникають небезпечні і шкідливі фактори, які здійснюють значну дію на життєдіяльність людей, економіку, соціальну сферу [1, 2].

Захист населення і територій від НС природного характеру є одним з основних завдань системи цивільного захисту України. Забезпечення безпеки у НС потребує надійного функціонування системи реагування на НС природного характеру, адекватної рівням і характеру загроз [1, 8, 9]. НС, підпорядковуючись об'єктивним і людським факторам виникнення, безупинно змінюється і насамперед це стосується форм і засобів подолання їх. Пошук найбільш ефективних із них є постійною задачею підвищення ефективності застосування сил та засобів, які є в розпорядженні Державної служби з надзвичайних ситуацій України (ДСНС України) [1, 2, 10].

Запобігання виникненню НС природного характеру – це комплекс правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних та інших заходів, спрямованих на регулювання природної безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення НС природного характеру на основі даних моніторингу, експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у НС або пом'якшення їх можливих наслідків [1, 9, 10].

Важливим аспектом цієї діяльності є завчасне прогнозування можливості виникнення і економічних наслідків НС природного характеру. Тому розробка алгоритму та нових підходів й методик щодо прогнозування НС природного характеру в цілому, за видами та рівнями, а також передбачення можливих збитків внаслідок цих НС є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел з означеної проблема-

тики довів, що в більшості з них для вирішення цієї задачі застосовуються методи регресійного аналізу, в меншій мірі досліджено статистично-імовірнісні методи, які використовують дані за деякий період спостереження [1, 8, 11].

Прогнозування, оцінка і попередження НС природного характеру можливі лише на основі моніторингу [3 – 6].

Методи прогнозування НС природного характеру можна розділити на дві групи [7 – 10]: методи прогнозування виникнення НС природного характеру; методи прогнозування наслідків НС природного характеру.

Прогноз можливої загальної кількості НС природного характеру і їх розподілу за видами та рівнями у відповідності з основною гіпотезою про природу передбачення майбутнього має здійснюватися на основі вивчення, аналізу і узагальнення попереднього досвіду – історії передбачуваного явища.

В сфері природних ризиків найбільш повно досліджені методи оцінки збитків від лісних пожег і паводків.

Методи оцінки збитків від НС природного характеру значно відрізняються від методів оцінки збитків від НС техногенного характеру. Перш за все це пов'язано із значними відмінностями видів та масштабів наслідків. Екстремальні природні явища і процеси визивають наслідки, які в залежності від масштабу можуть проявлятися в різних сферах діяльності людини, суспільства і держави в цілому. Наслідки можуть виникати як безпосередньо після події, так і на протязі досить тривалого часу після неї. В загальному випадку прояв природних ризиків може привести до наступного ланцюга: наслідки – втрати – збитки – відшкодування [1, 7 – 10].

Втрати – це частина наслідків, які пов'язані з негативними змінами в основних сферах діяльності людини і держави. Результатами негативних змін можуть бути: хвороби або навіть смерть людей, по-

рушення процесу нормальної господарської діяльності, втрата того чи іншого виду власності, інших матеріальних, культурних, історичних або природних цінностей, погіршення якості природного навколишнього середовища. Поняття «наслідки стихійного явища» носить узагальнений економічний характер. В той же час збитки – це економічна характеристика, яка представляє наслідки у вартісному вираженні, тобто збитки – це оцінені в грошовому вираженні наслідки.

Методи вирішення задачі всебічного прогнозування не тільки можливості виникнення НС природного характеру в цілому, прогнозування кількості НС природного характеру за видами та рівнями на основі даних моніторингу, але й можливих завданих збитків внаслідок них, досліджені недостатньо.

Мета статті. Розроблення алгоритму прогнозування можливості виникнення НС природного характеру в цілому, за видами та рівнями на основі статистичних даних, а також можливих завданих збитків внаслідок них.

Викладення матеріалів досліджень

НС природного характеру виникають при звичайних природних явищах, які виникають в навколишньому середовищі і створюють загрозу людині і умовам її проживання. За видами НС природного характеру розділяються на [2, 16]: геологічні (на поверхні Землі): селі, оповзні, обвали, лавини, змиви схилів, просадка порід, ерозія (розруха водою, вітром, людиною), абразія (розруха берегів хвилями), пильні бурі; метеорологічні (процеси, які проходять в атмосфері – зміна температури, вологості, тиску, швидкості руху повітря): бурі, урагани, смерчі, шквали, сильні опади (ливні, град, снігові заноси, ожеледиця), сильні морози, спека, засуха; гідрологічні морські: циклони, тайфуни, хвилювання моря більше 5 балів; сильні приливи і відливи, лід на судах і спорудах і т.д.; гідрологічні річні: високий рівень води – повінь, затори льоду, сплави дерев, ранній льодохід; гідрологічні: зниження чи підвищення рівня ґрунтових вод; природні пожежі: лісові, степові, польові; торф'яні, палаючих корисних копалин (вугілля, нафта, сланець); медико-біологічні: захворювання людей на особливо небезпечні та небезпечні інфекційні хвороби, отруєння людей токсичними та іншими речовинами, захворювання сільськогосподарських тварин на особливо небезпечні та небезпечні інфекційні хвороби, масові токсичні отруєння свиней; напруження фіто санітарної ситуації сільськогосподарських посівів за рахунок патогенних організмів і шкідників та високої забур'яненості полів.

За рівнями, залежно від обсягів заподіяних наслідків, технічних і матеріальних ресурсів, необхідних для їх ліквідації, НС природного характеру класифікується як [16]: НС державного рівня, НС регі-

онального рівня, НС місцевого рівня і НС об'єктового рівня.

Причини природних НС: звичайні природні процеси; зміна русла річки, берегів моря; нерівномірне нагрівання поверхні землі (вдень, вночі, зимою, літом); кругообіг води в природі; всесвітнє тяжіння (вплив місяця, сонця, інших планет); зношення землі (ГЕС, водосховища, корисні копалини, вирубка лісів, зміна складу повітря, падіння метеоритів, наявність великої кількості супутників, парниковий ефект) тощо [8, 10].

Алгоритм прогнозування НС природного характеру і завданих збитків внаслідок них призначений для обчислення (або уточнення) прогнозної кількості НС природного характеру в цілому, за видами і рівнями, а також можливих завданих збитків внаслідок них на основі статистичних даних, які поступають від системи моніторингу НС.

Він включає наступні блоки:

– блок 1 – блок прогнозування кількості НС природного характеру в цілому на основі статистичних даних;

– блок 2 – блок прогнозування НС за видами на основі статистичних даних;

– блок 3 – блок прогнозування НС за рівнями на основі статистичних даних;

– блок 4 – блок прогнозування завданих збитків внаслідок НС природного характеру;

– блок 5 – блок вихідних даних.

Структура алгоритму представлена на рис. 1.

Вихідними даними (блок 5) є ймовірність НС геологічного характеру; ймовірність НС метеорологічного характеру; ймовірність НС гідрологічного характеру; ймовірність НС, пов'язаних з пожежами в природних екологічних системах; ймовірність НС медико - біологічного характеру; ймовірність НС державного рівня в разі виникнення НС природного характеру; ймовірність НС регіонального рівня в разі виникнення НС природного характеру; ймовірність НС місцевого рівня в разі виникнення НС природного характеру; ймовірність НС об'єктового рівня в разі виникнення НС природного характеру; прогнозна кількість НС природного характеру в цілому на період прогнозу; прогнозна кількість НС геологічного характеру; прогнозна кількість НС метеорологічного характеру; прогнозна кількість НС гідрологічного характеру; прогнозна кількість НС, пов'язаних з пожежами в природних екологічних системах; прогнозна кількість НС медико-біологічного характеру; прогнозна кількість НС природного характеру державного рівня; прогнозна кількість НС природного характеру регіонального рівня; прогнозна кількість НС природного характеру місцевого рівня; прогнозна кількість НС природного характеру об'єктового рівня; прогнозна кількість завданих збитків внаслідок НС природного характеру.

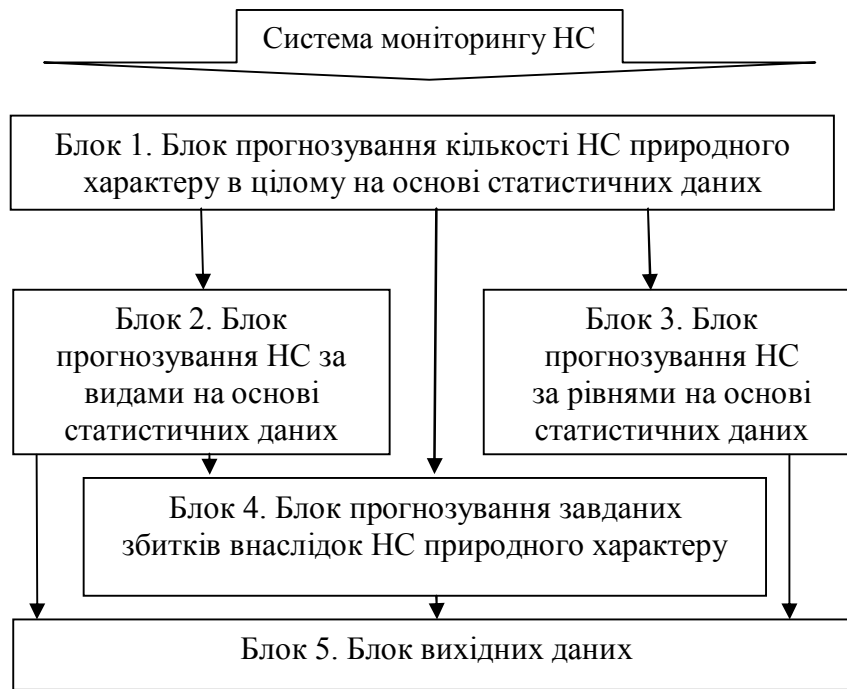


Рис. 1. Структура алгоритму

Прогнозування загальної кількості НС природного характеру (блок 1) здійснюється на основі прогнозованої кількості НС в цілому. Для оцінки прогнозованої кількості НС в цілому за статистичними даними моніторингу застосовують методи регресійного аналізу. Регресійну модель представляють у вигляді степеневого поліному:

$$n_{НС} = r_0 + r_1 t + r_2 t^2 + r_3 t^3 + \dots + r_k t^k. \quad (1)$$

Ступінь поліному k вибирається таким чином, щоб кількість заданих точок була приблизно в п'ять разів вище ступеня полінома [12, 13].

Коефіцієнти полінома можна знайти методом найменших квадратів (МНК) [14, 15]:

$$\bar{R} = (T^T \cdot T)^{-1} \cdot T^T \cdot \bar{Y}, \quad (2)$$

де $\bar{R} = (r_0, r_1, r_2, \dots, r_k)^T$ – вектор коефіцієнтів поліному розмірністю $(k \times 1)$;

$\bar{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)^T$ – вектор виміряних значень кількості НС розмірністю $(n \times 1)$;

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & \dots & 2^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & n & \dots & n^k \end{bmatrix} \quad \text{– матриця розмірності}$$

$(n \times k)$.

Тоді регресійну модель можна записати у вигляді:

$$\overline{n_{НС}} = T \cdot \bar{R} \pm \sigma_{НС}, \quad (3)$$

де $\sigma_{НС}$ – середнє квадратичне відхилення прогнозу НС.

Для прогнозування загальної кількості НС природного характеру скористаємося імовірнісно-статистичним методом прогнозування.

Введемо наступні позначення:

$P_{ПХ}$ – ймовірність НС природного характеру при виникненні НС; n – загальна кількість НС за період моніторингу; m – загальна кількість НС природного характеру за період моніторингу; $n_{прПХ}$ – прогнозна кількість НС природного характеру на період прогнозу.

Тоді на підставі статистичних даних моніторингу НС маємо:

$$P_{ПХ} = \frac{m}{n}; \quad n_{прПХ} = n_{НС} \cdot P_{ПХ}. \quad (4)$$

Нехай серед НС природного характеру за деякий період моніторингу маємо:

v_1 – кількість НС геологічного характеру;

v_2 – кількість НС метеорологічного характеру;

v_3 – кількість НС гідрологічного характеру;

v_4 – кількість НС, пов'язаних з пожежами в природних екологічних системах;

v_5 – кількість НС медико-біологічного характеру.

Введемо наступні позначення:

$P_{П1}$ – ймовірність НС геологічного характеру при виникненні НС природного характеру;

$P_{П2}$ – ймовірність НС метеорологічного характеру при виникненні НС природного характеру;

$P_{П3}$ – ймовірність НС гідрологічного характеру при виникненні НС природного характеру;

$P_{П4}$ – ймовірність НС, пов'язаних з пожежами в природних екологічних системах, при виникненні НС природного характеру;

$P_{П5}$ – ймовірність НС медико-біологічного характеру при виникненні НС природного характеру;

$v_{пр1}$ – прогнозна кількість НС геологічного характеру на період прогнозу;

$v_{пр2}$ – прогнозна кількість НС метеорологічного характеру на період прогнозу;

$v_{пр3}$ – прогнозна кількість НС гідрологічного характеру на період прогнозу;

$v_{пр4}$ – прогнозна кількість НС, пов'язаних з пожежами в природних екологічних системах на період прогнозу;

$v_{пр5}$ – прогнозна кількість НС медико-біологічного характеру на період прогнозу;

k_1 – кількість НС природного характеру державного рівня за деякий період спостереження;

k_2 – кількість НС природного характеру регіонального рівня за деякий період спостереження;

k_3 – кількість НС природного характеру місцевого рівня за деякий період спостереження;

k_4 – кількість НС природного характеру об'єктового рівня за деякий період спостереження;

P_{DP} – ймовірність НС державного рівня при виникненні НС природного характеру;

P_{PP} – ймовірність НС регіонального рівня при виникненні НС природного характеру;

P_{MP} – ймовірність НС місцевого рівня при виникненні НС природного характеру;

P_{OP} – ймовірність НС об'єктового рівня при виникненні НС природного характеру;

$n_{прDP}$ – прогнозна кількість НС природного характеру державного рівня на період прогнозу;

$n_{прPP}$ – прогнозна кількість НС природного характеру регіонального рівня на період прогнозу;

$n_{прMP}$ – прогнозна кількість НС природного характеру місцевого рівня на період прогнозу;

$n_{прOP}$ – прогнозна кількість НС природного характеру об'єктового рівня на період прогнозу.

Тоді ймовірність події $P_{Пi}$ при виникненні НС природного характеру дорівнює:

$$P_{Пi} = \frac{v_i}{m}, \quad i = \overline{1,5}. \quad (5)$$

Якщо оцінена прогнозна кількість $n_{прПХ}$ НС природного характеру, тоді прогнозна кількість НС i -го $v_{прi}$ виду (блок 2) обчислюється за формулою:

$$v_{прi} = n_{прПХ} \cdot P_{Пi}. \quad (6)$$

Ймовірності НС за рівнями та їх прогнозна кількість (блок 3) обчислюється за формулами:

$$P_{DP} = \frac{k_1}{m}; \quad n_{прDP} = n_{прПХ} \cdot P_{DP}. \quad (7)$$

$$P_{PP} = \frac{k_2}{m}; \quad n_{прPP} = n_{прПХ} \cdot P_{PP}. \quad (8)$$

$$P_{MP} = \frac{k_3}{m}; \quad n_{прMP} = n_{прПХ} \cdot P_{MP}. \quad (9)$$

$$P_{OP} = \frac{k_4}{m}; \quad n_{прOP} = n_{прПХ} \cdot P_{OP}. \quad (10)$$

Розглянемо два способи можливого підходу щодо прогнозування завданих збитків внаслідок НС природного характеру. Перший підхід ґрунтується на статистично - ймовірнісному методі. Загальний обсяг збитків від наслідків НС природного характеру розраховується як сума збитків внаслідок НС геологічного характеру, гідрометеорологічного характеру, внаслідок пожеж в природних екосистемах і медико біологічного характеру:

$$ЗБ = ЗБ_{Г} + ЗБ_{ГМ} + ЗБ_{П} + ЗБ_{МБ}, \quad (11)$$

де $ЗБ$ – загальний обсяг збитків внаслідок НС природного характеру;

$ЗБ_{Г}$ – збитки внаслідок НС геологічного характеру;

$ЗБ_{ГМ}$ – збитки внаслідок НС гідрометеорологічного характеру;

$ЗБ_{П}$ – збитки внаслідок пожеж в природних екосистемах;

$ЗБ_{МБ}$ – збитки внаслідок НС медико-біологічного характеру.

Другий підхід ґрунтується на використанні теорії часових рядів. Числовий ряд – це набір числових даних, отриманих протягом послідовних періодів часу. Методи аналізу числових рядів дозволяють прогнозувати значення числової змінної на основі її минулих і теперішніх значень [13, 14, 15].

Регресійна модель, що включає періодичний компонент, заснована на комбінаційному підході. Для обчислення тренда застосовується МНК, а для обліку періодичних компонент – категорійна (фіктивна) змінна.

Тоді експоненціальна модель буде мати вигляд [13]:

$$Y_t = \beta_0 \beta_1^{X_{1t}} \beta_2^{X_{2t}} \beta_3^{X_{3t}} \beta_4^{Q_1} \beta_5^{Q_2} \beta_6^{Q_3} \beta_7^{Q_4} \beta_8^{Q_5} \epsilon_t, \quad (12)$$

де X_{1t} – відхилення матеріальних збитків внаслідок НС природного характеру від середнього значення за роками;

X_{2t} – кількість НС природного характеру за роками;

X_{3t} – відхилення кількості НС природного характеру від середнього значення за роками;

Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 – категорійні (фіктивні) змінні, які можуть набувати значення 0 або 1;

β_0 – зсув змінної Y ;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8$ – множники;

ϵ_t – величина випадкового компонента в інтервалі часу t .

Після логарифмування моделі (12), одержуємо перетворену експоненціальну модель для апроксимації річних даних:

$$\ln Y_t = \ln \beta_0 + X_{1t} \ln \beta_1 + X_{2t} \ln \beta_2 + X_{3t} \ln \beta_3 + \\ + Q_1 \ln \beta_4 + Q_2 \ln \beta_5 + Q_3 \ln \beta_6 + Q_4 \ln \beta_7 + \\ + Q_5 \ln \beta_8 + \ln \epsilon_t. \quad (13)$$

Позначимо параметри моделі:

$$b_0 = \ln \beta_0, b_1 = \ln \beta_1, b_2 = \ln \beta_2,$$

$$b_3 = \ln \beta_3, b_4 = \ln \beta_4, b_5 = \ln \beta_5,$$

$$b_6 = \ln \beta_6, b_7 = \ln \beta_7, b_8 = \ln \beta_8.$$

Тоді одержуємо типову лінійну регресійну модель. Оцінки параметрів лінійної моделі (13) знаходяться по методу МНК [13].

Таким чином, на підставі даних моніторингу НС за деякий період спостереження можна одержати розрахункові значення ймовірностей НС природного характеру та прогноз можливої їх кількості за видами та рівнями на деякий період упередження, а також оцінити можливі збитки внаслідок НС природного характеру.

Висновки

Запропоновано алгоритм прогнозування НС природного характеру в цілому, за видами та рівнями на основі статистичних даних їх моніторингу за деякий період спостереження, а також оцінки можливих завдань збитків внаслідок НС природного характеру.

Список літератури

1. Емельянов В.М. *Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях* / В.М. Емельянов. – М., 2002. – 389 с.
2. Шоботов В.М. *Цивільна оборона: навчальний посібник; вид. 2-е перероб.* / В.М. Шоботов. – Київ: «Центр навчальної літератури», 2006. – 438 с.

3. Абрамов Ю.О. *Моніторинг надзвичайних ситуацій* / Ю.О. Абрамов, Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін, П.А. Коротинський, С.М. Миронець, В.О. Росоха, В.В. Тютюнник, В.М. Чушковський, Р.І. Шевченко – Х.: Вид-во АЦЗУ, 2005. – 530 с.

4. Бакланов А.И. *Системы наблюдения и мониторинга* / А.И. Бакланов. – М: Бином, 2009. – 240 с.

5. Лопанов А.Н. *Мониторинг и экспертиза безопасности жизнедеятельности* / А.Н. Тимофеев, Е.В. Климова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 201 с.

6. *Мониторинг, прогнозирование и моделирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Материалы научно-практического семинара. г. Железногорск, 15 июня 2001 года* / Составители: А.А. Мельник, Ж.С. Калюжина. – Железногорск, 2011. – 168 с.

7. Шантала В.Г. *Основы моделирования чрезвычайных ситуаций. Учебное пособие* / В.Г. Шантала, В.Ю. Радоуцкий, В.В. Шантала. – Белгород, 2010. – 166 с.

8. Михайлов Л.А. *Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них* / Л.А. Михайлов, В.П. Соломин. – СПб.: Питер, 2008. – 235 с.

9. *Защит населения і територій від надзвичайних ситуацій. Т.1. Техногенна та природна небезпека / За загальною редакцією В.В. Могильниченка.* – К.: КІМ, 2007. – 636 с.

10. Акимов В.А. *Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски* / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Рагдаев. – М.: «Деловой экспресс», 2001. – 304 с.

11. Белов П.Г. *Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере* / П.Г. Белов. – М.: Академия, 2003. – 506 с.

12. Ivakhnenko A.G. *Polynomial theory of complex systems* / A.G. Ivakhnenko // IEEE Trans Syst., Man and Cybern. – 1971. – I, №4. – P. 364-368.

13. Ивахненко А.Г. *Предсказание случайных процессов* / А.Г. Ивахненко, В.Г. Лапа. – Киев: Наукова думка, 1977. – 450 с.

14. Кремер Н.Ш. *Теория вероятностей и математическая статистика: учебник для вузов* / Н.Ш. Кремер. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 543 с.

15. Джонсон Дж. *Эконометрические методы* / Дж. Джонсон. – М.: Статистика, 1980. – 444 с.

16. ДК 019:2010. *Класифікатор надзвичайних ситуацій.* – Київ: Держспоживстандарт України, 2010. – 19 с.

Надійшла до редколегії 16.05.2016

Рецензент: д-р техн. наук, старший науковий співробітник О.М. Соболев, Національний університет цивільного захисту України, Харків.

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА В ЦЕЛОМ, ПО ВИДАМ И УРОВНЯМ, ВОЗМОЖНОГО НАНЕСЕННОГО УЩЕРБА ВСЛЕДСТВИЕ НИХ

Г.В. Иванец

В статье предложен алгоритм прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного характера в целом, по видам и уровням на основе статистических данных, а также возможного нанесенного ущерба вследствие них. Входную эмпирическую основу составляют данные мониторинга ЧС, которые ежегодно приводятся в Национальных докладах «О состоянии техногенной и природной безопасности в Украине».

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, виды чрезвычайных ситуаций природного характера, уровни чрезвычайных ситуаций природного характера, вероятности чрезвычайных ситуаций природного характера, алгоритм.

EMERGENCY PREDICTION ALGORITHM OF NATURAL CHARACTER AS A WHOLE, ON THE TYPES AND LEVELS OF POSSIBLE DAMAGE DUE TO THEM

G.V. Ivanets

An algorithm of forecasting emergency situations of natural character as a whole, according to types and levels on the basis of statistical data, as well as possible damage as a result of them. The input data is the empirical basis is made disaster monitoring, which are annually given in the national report "On the state of man-made and natural security Ukraine."

Keywords: an emergency, the types of natural emergencies, levels of natural emergencies, the probability of natural emergencies, algorithm.