

АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ СОБЫТИЙ И СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ В КРЫМУ В 2006-2012 гг.

Представлены результаты анализа опасных техногенных событий и стихийных бедствий в Крыму в 2006-2012 гг. Материал может быть полезен при проведении работ по совершенствованию системы безопасности Крыма от ЧС природного и техногенного характера.

Ключевые слова: вероятность возникновения и ликвидации, случайный процесс, чрезвычайная ситуация.

A.S. Rogozin, R.T. Levchenko

ANALYSIS OF DANGEROUS TECHNOGENIC EVENTS AND NATURAL DISASTERS IN THE CRIMEA IN 2006-2012

The results of the analysis of dangerous technogenic events and natural disasters in the Crimea in 2006-2012. The material may be useful in carrying out works to improve the safety system of the Crimea from emergency situations of natural and technogenic character.

Key words: probability of occurrence and elimination, random process, emergency situation.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 25 июня 2015 г.

Одним из основных критериев эффективности использования ресурсов, выделенных для достижения надлежащего уровня безопасности населения любого региона от **чрезвычайных ситуаций (ЧС)**, является адекватность ресурсного обеспечения систем безопасности соответствующим угрозам природного и техногенного характера на территории региона. Соответственно, одним из необходимых условий обеспечения безопасности населения является адекватная оценка опасных событий и явлений.

По результатам проведённых в 2006-2012 гг. исследований, Крым следует отнести к регионам с высокой интенсивностью возникновения опасных событий и явлений, порождающих чрезвычайные ситуации.

В 2006-2012 гг. в Крыму произошло более 100 опасных событий и явлений различного характера, из них техногенного характера – 54, природного – 45, другого характера – 5 (табл. 1).

Возникновение опасных событий и явлений на интервале времени можно рассматривать как случайную величину [1].

Результаты расчётов характеристик случайной величины "Количество опасных событий и явлений на интервале времени 30 суток" представлены в табл. 2.

Таблица 1

Временной ряд возникновения опасных событий и явлений в Крыму в 2006-2012 гг.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Январь	2	4	4	3	0	0	0
Февраль	1	0	3	0	2	0	4
Март	1	1	1	3	1	0	1
Апрель	1	3	4	1	0	0	2
Май	2	0	2	1	0	0	2
Июнь	1	1	1	2	2	0	1
Июль	5	4	2	1	2	1	1
Август	1	2	4	0	0	0	3
Сентябрь	2	0	0	3	1	0	1
Октябрь	1	1	0	0	1	2	1
Ноябрь	1	0	0	2	0	1	0
Декабрь	0	1	1	0	1	0	1

Таблица 2

Характеристики случайной величины

Среднее арифметическое	Дисперсия	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка среднего
1,24	1,581	1,257	0,137

В [2] обоснована гипотеза о распределении случайной величины "Количество опасных событий и явлений на интервале времени 30 суток" в соответствии с законом Пуассона.

Результаты анализа распределения представлены на рис. 2.

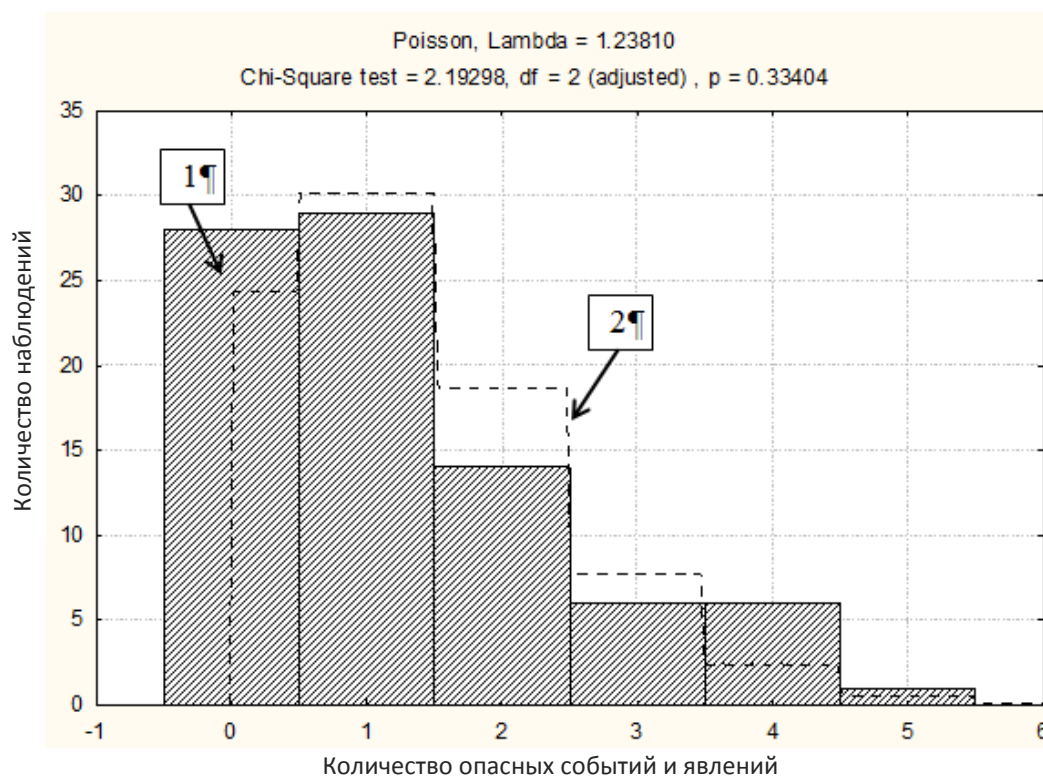


Рис. 1. Эмпирическое (1) и теоретическое (2) распределения возникновения опасных событий и явлений в Крыму

Для определения вероятностей нахождения *аварийно-спасательных служб (АСС)* в процессе ликвидации последствий опасных событий и явлений был проведён анализ распределения времени ликвидации (табл. 3).

Таблица 3

Результаты анализа распределения времени ликвидации

Количество суток	Количество опасных событий и явлений	Распределение по показательному закону
0-5	65	28,362
5-10	17	20,627
10-15	11	15,002
15-20	6	10,911
20-25	1	7,935
25-30	1	5,771
30-35	2	4,197
35-40	0	3,053
40-45	0	2,220
45-50	0	1,615
50-55	1	1,174
μ	0,15361890	
χ^2	4,69093	
P – уровень значимости критерия	0,09580	

В результате проведенного анализа установлено, что возникновение опасного события (явления) на интервале времени достаточно хорошо согласуется с законом Пуассона, а время ликвидации с показательным законом распределения.

Принимая допущения о законах распределения, процесс возникновения и ликвидации опасных событий и явлений может быть представлен Марковской цепью, схема которой представлена на рис. 2.

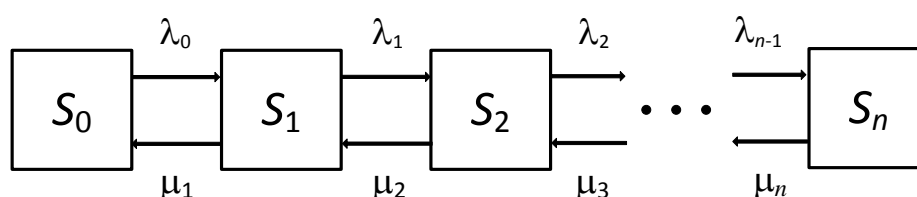


Рис. 2. Схема состояний процесса возникновения и ликвидации опасных событий и явлений:

- S_i – состояние одновременной ликвидации i -го количества опасных событий и явлений;
- λ_i – интенсивность перехода из состояния i в состояние $i + 1$;
- μ_i – интенсивность перехода из состояния $i + 1$ в состояние i

Процесс, представленный на рис. 2, описывается уравнениями Колмогорова:

$$\begin{cases} \frac{dp_0(t)}{dt} = \mu_1 p_1(t) - \lambda_0 p_0(t); \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = 2\mu_2 p_2(t) - \lambda_1 p_1(t); \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dp_{n-1}(t)}{dt} = n\mu_n \left(1 - \sum_{i=1}^{n-1} p_i(t)\right) - \lambda_{n-1} p_{n-1}(t). \end{cases} \quad (1)$$

При $t \rightarrow \infty$ система (1) представляется системой алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} 0 = \mu_1 p_1 - \lambda_0 p_0; \\ 0 = 2\mu_2 p_2 - \lambda_1 p_1; \\ \dots\dots\dots \\ 0 = n\mu_n \left(1 - \sum_{i=1}^{n-1} p_i\right) - \lambda_{n-1} p_{n-1}. \end{cases} \quad (2)$$

Решение системы (2) имеет следующий вид:

$$p_n = \frac{\lambda^n}{\mu^n n!} p_0, \quad (3)$$

где $p_0 = \left[1 + \sum_{k=1}^n \frac{\lambda^k}{\mu^k k!}\right]^{-1}$.

В табл. 4 представлены результаты расчёта вероятностей нахождения аварийно-спасательных служб в процессе одновременной ликвидации нескольких ЧС.

Таблица 4

Результаты расчёта вероятностей

Интенсивность возникновения ЧС	Интенсивность ликвидации ЧС	Математическое ожидание участия АСС в ликвидации ЧС	Вероятности нахождения АСС в процессе одновременной ликвидации нескольких ЧС				
			0	1	2	3	4
λ	μ	M[CHS]	0	1	2	3	4
0,04127	0,153619	0,26865	0,76441	0,20536	0,027585	0,0024703	0,0001659

Оценка вероятностей по (3) позволяет определить количество состояний, которым без существенной погрешности можно ограничиться, в нашем случае, вероятность одновременной ликвидации четырёх ЧС имеет порядок 10^{-4} и для анализа можно ограничиться тремя ЧС.

Приведём решение системы (1) для четырёх состояний:

$$p_0(t) = -3,8946 \cdot 10^{-21} (-3,79 \cdot 10^{-19} + 6,0132 \cdot 10^{18} + 3,7309 \cdot 10^{19} \cdot C + 2,6729 \cdot 10^{19}) \cdot e^{-0,1491t} \cdot \sin(0,2776 \cdot t) + 2,6966 \cdot 10^{-21} (-1,0218 \cdot 10^{20} \cdot A - 1,0741 \cdot 10^{20} \cdot B - 5,4365 \cdot 10^{19} \cdot C + 1,0168 \cdot 10^{20}) e^{-0,1491t} \cdot \cos(0,2776 \cdot t) - 6,9429 \cdot 10^{-21} (-1,0218 \cdot 10^{20} \cdot A - 1,0741 \cdot 10^{20} \cdot B - 5,4365 \cdot 10^{19} \cdot C + 1,0168 \cdot 10^{20}) \cdot e^{-0,1491t} \cdot \sin(0,2776 \cdot t) - 9,2549 \cdot 10^{-21} (-3,7924 \cdot 10^{19} \cdot A + 6,0133 \cdot 10^{18} \cdot B + 3,7309 \cdot 10^{19} \cdot C + 2,673 \cdot 10^{19}) \cdot e^{-0,1491t} \cdot \cos(0,2776 \cdot t) - 4,524 \cdot 10^{-21} \cdot e^{-0,2865t} (-2,0437 \cdot 10^{20} \cdot A - 7,6325 \cdot 10^{19} \cdot B - 1,0873 \cdot 10^{20} \cdot C + 1,7493 \cdot 10^{20}) + 0,7645;$$

$$p_1(t) = 0,2054 - 1,4441 \cdot 10^{-20} (-1,0218 \cdot 10^{20} \cdot A - 1,0741 \cdot 10^{20} \cdot B - 5,4365 \cdot 10^{19} \cdot C + 1,0169 \cdot 10^{20}) \cdot e^{-0,1491t} \cdot \cos(0,2776 \cdot t) + 1,925 \cdot 10^{-20} (-3,4924 \cdot 10^{19} \cdot A + 6,0133 \cdot 10^{18} \cdot B + 3,7309 \cdot 10^{19} \cdot C + 2,6729 \cdot 10^{19}) \cdot e^{-0,1491t} \cdot \sin(0,2776 \cdot t) + 7,2206 \cdot 10^{-21} \cdot e^{-0,2865t} \cdot (-2,0437 \cdot 10^{20} \cdot A - 7,6325 \cdot 10^{19} \cdot B - 1,0873 \cdot 10^{20} \cdot C + 1,7493 \cdot 10^{20});$$

$$p_2(t) = 0,0275 - 5,7623 \cdot 10^{-21} \cdot e^{-0,2865t} (-2,0437 \cdot 10^{20} \cdot A - 7,6325 \cdot 10^{19} \cdot B - 1,0873 \cdot 10^{20} \cdot C + 1,7493 \cdot 10^{20}) + 5,0686 \cdot 10^{-21} (-1,0218 \cdot 10^{20} \cdot A - 1,074 \cdot 10^{20} \cdot B - 5,4365 \cdot 10^{19} \cdot C + 1,0169 \cdot 10^{20}) \cdot e^{-0,1491t} \cdot \cos(0,2776 \cdot t) - 6,7564 \cdot 10^{-21} (-3,7924 \cdot 10^{19} \cdot A + 6,0133 \cdot 10^{18} \cdot B + 3,7309 \cdot 10^{19} \cdot C + 2,6729 \cdot 10^{19}) \cdot e^{-0,1491t} \cdot \sin(0,2776 \cdot t) + 1,305 \cdot 10^{-20} (-1,0218 \cdot 10^{20} \cdot A - 1,0741 \cdot 10^{20} \cdot B - 5,4365 \cdot 10^{19} \cdot C + 1,0168 \cdot 10^{20}) \cdot e^{-0,1491t} \cdot \sin(0,2776 \cdot t) + 1,7395 \cdot 10^{-20} (-3,7924 \cdot 10^{19} \cdot A + 6,0133 \cdot 10^{18} \cdot B + 7,7309 \cdot 10^{19} \cdot C + 2,6729 \cdot 10^{19}) \cdot e^{-0,1491t} \cdot \cos(0,2776 \cdot t);$$

$$p_3(t) = 1 - p_0(t) - p_1(t) - p_2(t),$$

где A, B, C – начальные условия $p_0(0), p_1(0), p_2(0)$ соответственно.

На рис. 3-5 представлены результаты расчёта переходного процесса установления вероятностей нахождения АСС в состоянии ликвидации определённого количества ЧС в Крыму с параметрами $\lambda = 0,04127$, $\mu = 0,153619$, при начальных условиях $p_0(0) = 1$, $p_1(0) = 0$, $p_2(0) = 0$.

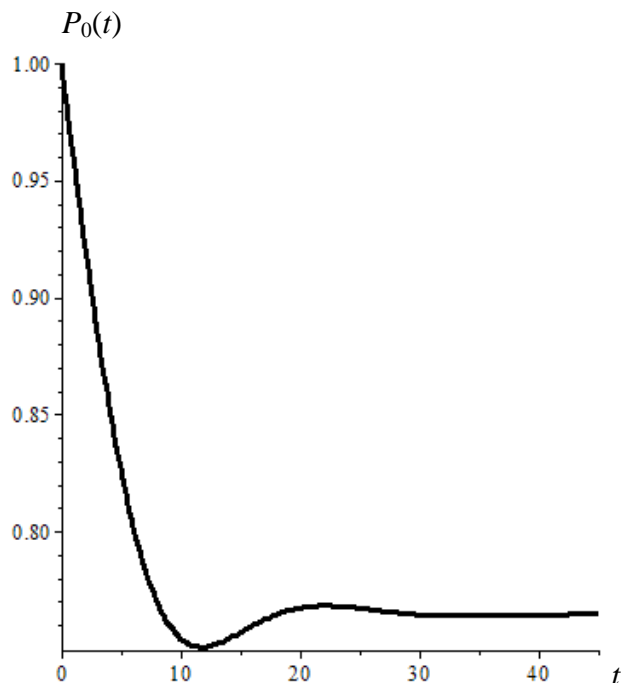


Рис. 3. Изменение вероятности состояния системы, при котором отсутствует ЧС

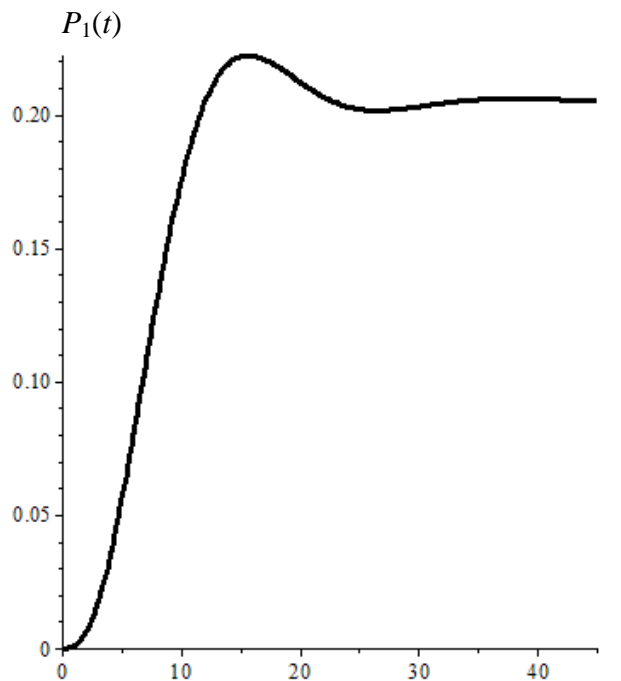


Рис. 4. Изменение вероятности состояния системы, когда АСС участвуют в ликвидации одной ЧС

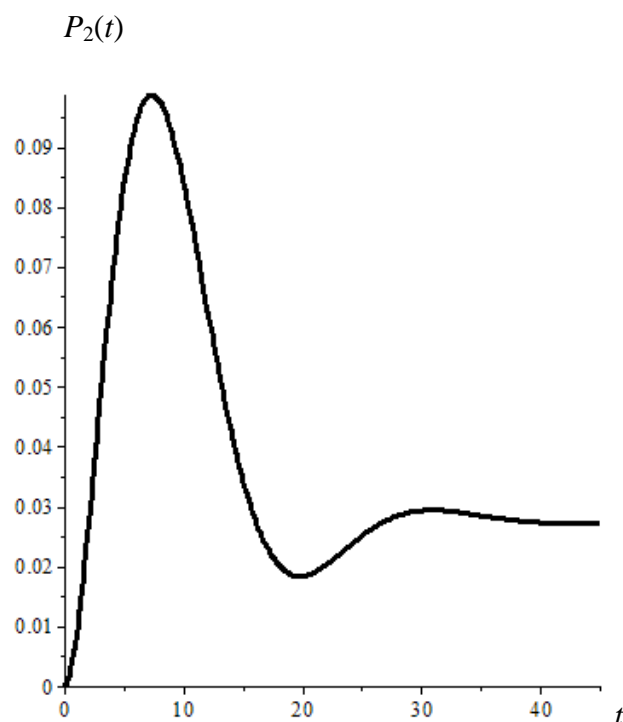


Рис. 5. Изменение вероятности состояния системы, когда АСС участвуют в ликвидации двух ЧС

Одним из важных показателей, влияющих на качественный и количественный состав АСС, является распределение опасных событий и явлений по видам (рис. 6).

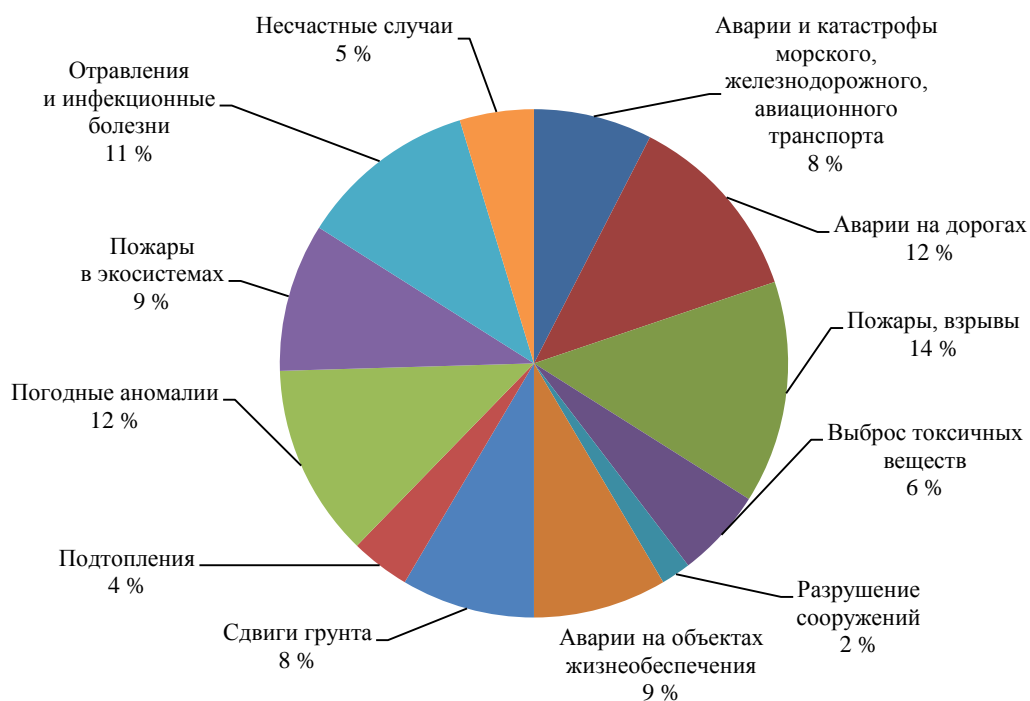


Рис. 6. Распределение опасных событий и явлений в Крыму

В ходе анализа была выявлена определённая сезонность возникновения опасных событий и явлений природного и техногенного характера (рис. 7, 8).



Рис. 7. Сезонное распределение опасных событий техногенного характера



Рис. 8. Сезонное распределение опасных явлений природного характера

Проведённый анализ опасных событий и явлений позволяет повысить адекватность принимаемых решений в сфере обеспечения безопасности населения от ЧС природного и техногенного характера.

Литература

1. *Рогозин А.С., Хоменко В.С., Райз Ю.М.* Формализация реализации угроз природного и техногенного характера в регионах с высоким уровнем техногенной // Проблемы чрезвычайных ситуаций. Вып. 17. Харьков: НУГЗУ, 2013. С. 138-145.
2. *Рогозин А.С.* Анализ реализации угроз природного и техногенного характера на территории Донецкой области // Сборник научных трудов ХУВС. Вып. 2 (35). 2013. С. 206-208.