

УДК 303.3

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОСЛЕДСТВИЙ КАТАСТРОФ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Кнауб Роман Викторович, кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования Томского государственного университета, член-корреспондент РАЕН

Аннотация

В статье рассматривается подход к разработке системы поддержки принятия решений, обеспечивающей оценку последствий катастроф различного генезиса в терминах измеримых величин. Рассмотрены уровни риска катастроф для социально-экономических систем, разработаны сценарии развития энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса, представлена формализация показателей энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса в интересах устойчивого развития территорий. Предложена структура системы поддержки принятия решения при оценке последствий катастроф. Приведён пример поддержки принятия решения при формировании сценария роста катастроф (диссипативный) на примере Томской области и стран мира.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: катастрофы, система поддержки принятия решений, моделирование сценариев управления, устойчивое развитие территорий.

INFORMATION SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN THE EVALUATION OF CONSEQUENCES OF THE DISASTER OF THE DIFFERENT GENESIS BASED ON MODELING OF SCENARIOS OF MANAGEMENT FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Knaub Roman Viktorovich, Candidate of Geography, an associate professor at the Nature Management Department at Tomsk State University, RANS corresponding member

Abstract

In article approach to development of the system of the support of decision-making providing assessment of consequences of accidents of various genesis in terms of measurable quantities is considered. Risk levels of accidents for social and economic systems are considered, scenarios of development of power ecological consequences of accidents of various genesis are developed, formalization of indicators of power ecological consequences of accidents of various genesis for the benefit of sustainable development of territories is presented. The structure of system of support of decision-making for assessment of consequences of accidents is offered. The example of support of decision-making when forming the scenario of growth of accidents (dissipative) on the example of the Tomsk region and the countries of the world is given.

KEYWORDS: disasters, decision support system, modeling of management scenarios, sustainable development of territories.

Введение

В первые десятилетия 20 века в мире наблюдается устойчивая тенденция существенного роста материальных потерь в результате природных и техногенных катастроф, размер которых только в 2011 году достиг рекордного значения в истории, превысив 370 миллиардов долларов США [7]. В общем случае катастрофы представляют собой неблагоприятное сочетание факторов и событий, создающих угрозу жизни,

нарушающих условия нормальной жизнедеятельности, препятствующих производственной, бытовой и другим видам деятельности человека [12].

На практике предприятия, регионы, страны особенно чувствительны к влиянию параметров внешней и внутренней сред. К влияющим внешним факторам в нашем случае мы отнесём катастрофы природного и техногенного характера, влияние которых за последние несколько десятилетий только усиливается. При этом возникает необходимость управления последствиями катастроф различного генезиса. По этой и ряду других причин все страны мира на протяжении последних 40 лет взяли курс на устойчивое развитие, которое нивелируется воздействием природных и техногенных катастроф.

В настоящей работе основное внимание уделено информационной поддержке принятия решений при оценке последствий катастроф различного генезиса на основе моделирования сценариев управления в интересах устойчивого развития территорий.

Вопросам информационной поддержки принятия решений при оценке последствий катастроф различного генезиса, управления посвящён ряд работ [4, 6, 7, 8, 9, 12]. При этом важным вопросом является определение уровня риска катастроф для социально-экономических систем.

Уровни риска для комплексной техногенно-природно-социальной системы

Н.А. Махутов с коллегами [1, 10, 11] выделяют следующие уровни опасности риска для техногенно-природно-социальной системы (рисунок 1).

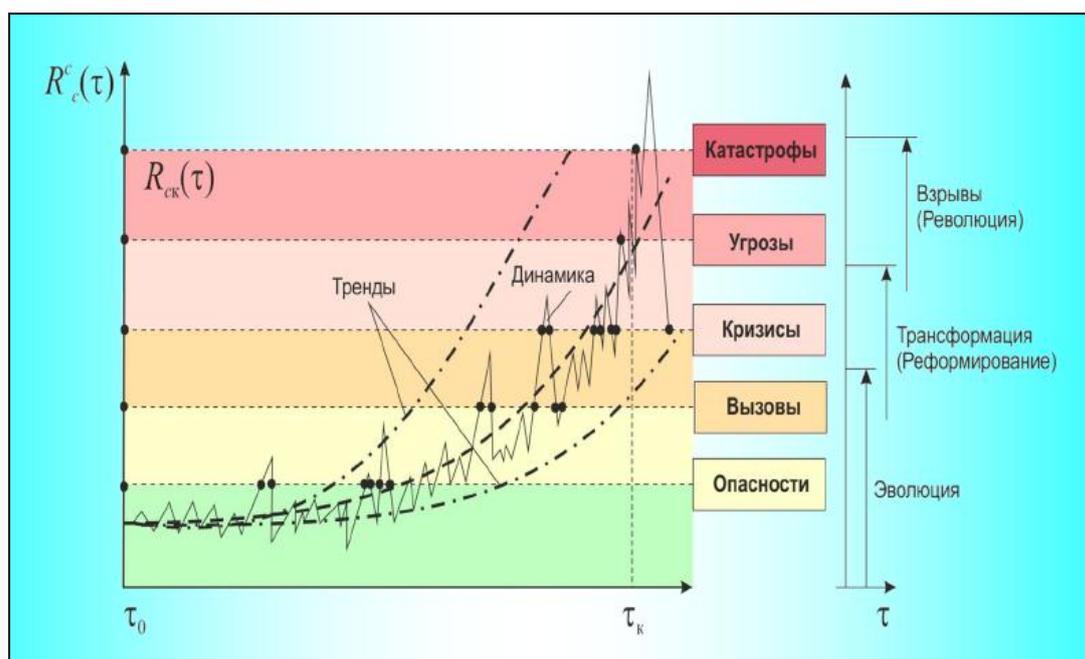


Рис. 1. Уровни риска для комплексной техногенно-природно-социальной системы [11]

Уровни опасности риска для комплексной техногенно-природно-социальной системы представлены опасностями, вызовами, кризисами, угрозами и катастрофами. Опасности и вызовы приводят к эволюции техногенно-природно-социальной системы, кризисы способствуют трансформации (реформированию) системы, а угрозы и катастрофы могут привести к взрывам или революциям.

Для каждого уровня опасности риска характерны свои количественные значения индивидуального риска и ущерба (таблица 1).

Таблица 1. Количественные значения уровней опасности риска техногенно-природно-социальной системы [11]

Уровень риска	Индивидуальный риск	Ущерб, рублей
Опасность	10^{-6}	10^8
Вызов	10^{-5}	10^9
Кризис	10^{-3}	10^{10}
Угроза	10^{-4}	10^{11}
Катастрофа	10^{-2}	10^{12}

Таким образом, проявляющиеся природно-техногенные и социальные катастрофы могут соответствовать разным уровням опасности риска техногенно-природно-социальной системы. В зависимости от величины индивидуального риска и ущерба они могут трансформироваться от опасности до уровня катастрофы.

Сценарии развития энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса

Существуют следующие типы изменений катастроф различного генезиса. В качестве основы для выявления типов изменения катастроф различного генезиса послужил классификатор возможных тенденций технологического развития стран мира, разработанный Б.Е. Большаковым [2].

Существуют следующие типы изменений катастроф различного генезиса.

- **Сценарий роста катастроф (диссипативный);**
- **Сценарий сокращения мощности катастроф (антидиссипативный);**
- **Отсутствие последствий мощности катастроф (стагнация или переходный сценарий).**

Экстенсивный рост мощности катастроф

Этот тип проявляется в росте мощности катастроф, и, соответственно, снижении полезной мощности региона. Граничные условия экстенсивного роста:

1. Число катастроф ≥ 0 ;
2. Экономический ущерб от катастроф ≥ 0 ;

3. Число погибших от катастроф=0;
4. Число пострадавших от катастроф=0;
5. Полезная мощность региона ≤ 0 ;

Интенсивный рост мощности катастроф

Проявляется в росте мощности катастроф, и, соответственно, снижении полезной мощности региона. Граничные условия интенсивного роста или развития:

1. Число катастроф=0;
2. Экономический ущерб от катастроф ≥ 0 ;
3. Число погибших от катастроф=0;
4. Число пострадавших от катастроф=0;
5. Полезная мощность региона ≤ 0 ;

Ускоренный рост мощности катастроф

Проявляется в росте мощности катастроф различного генезиса (удвоение раз в три года). Граничные условия развития:

1. Число катастроф ≥ 0 ;
2. Экономический ущерб от катастроф ≥ 0 ;
3. Число погибших от катастроф ≥ 0 ;
4. Число пострадавших от катастроф ≥ 0 ;
5. Полезная мощность региона ≤ 0 ;

Сокращение мощности катастроф

Проявляется в росте мощности катастроф различного генезиса (удвоение раз в три года) в долгосрочной перспективе. Граничные условия развития:

1. Число катастроф ≤ 0 ;
2. Экономический ущерб от катастроф ≤ 0 ;
3. Число погибших от катастроф ≤ 0 ;
4. Число пострадавших от катастроф ≤ 0 ;
5. Полезная мощность региона ≥ 0 ;

Переход от развития к деградации мощности катастроф (стагнация)

Граничные условия перехода от развития к деградации:

1. Число катастроф=0;
2. Экономический ущерб от катастроф=0;
3. Число погибших от катастроф=0;
4. Число пострадавших от катастроф=0;
5. Полезная мощность региона=0;

Переход от деградации к развитию с риском возврата к деградации

Граничные условия перехода от деградации к развитию с риском возврата к деградации:

1. Число катастроф=0;
2. Экономический ущерб от катастроф ≥ 0 ;
3. Число погибших от катастроф ≥ 0 ;
4. Число пострадавших от катастроф ≥ 0 ;
5. Полезная мощность региона ≤ 0 ;

Деградации мощности катастроф (спад)

Граничные условия спада:

1. Число катастроф=0;
2. Экономический ущерб от катастроф ≤ 0 ;
3. Число погибших от катастроф=0;
4. Число пострадавших от катастроф=0;
5. Полезная мощность региона ≥ 0 ;

Формализация показателей энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса в интересах устойчивого развития территорий

Система базовых параметров энергоэкологии катастроф различного генезиса представлена в таблице 2.

Таблица 2. Система базовых параметров науки устойчивого развития и энергоэкологии катастроф различного генезиса [3]

№	Название	Условное обозначение	Единица измерения	Формула
1	Полная мощность региона	$N(t)$	гВт	$N(t) = \sum \sum N_{ij}(t)$, суммарное потребление j-го объекта i-го ресурса
2	Полезная мощность региона	$P(t)$	гВт	$P(t) = \sum N_i(t) * \mu_i(t)$
3	Мощность потерь региона	$G(t)$	гВт	$G(t) = N(t) - P(t)$
4	Эффективность использования потребляемых природных ресурсов	$\mu(t)$	безразмерные единицы	$\mu(t) = N(t) / P(t)$
5	Мощность валюты региона	$P(p)$	Вт/рубль	$P(p) = P(\text{ватт}) / P(\text{деньги})$
6	Экономическое могущество региона	$P(\varepsilon)$	гВт	$P_\varepsilon = N(t) * \eta(t) * \varepsilon(t)$
7	Совокупный уровень жизни населения региона	$U(t)$	Вт/человека	$U(t) = \frac{P_s(t)}{M(t)}$
8	Качество жизни населения	$K_{ж}(t)$	Вт/человека	$K_{ж}(t) = T_M(t) * U(t) * q(t)$

№	Название	Условное обозначение	Единица измерения	Формула
9	Качество окружающей природной среды	$g(t)$	безразмерные единицы	$g(t) = \frac{G(t)}{G(t-1)}$
10	Количество ЧС за год на определённой территории	$K_{\text{ол.чс}}$	единиц	$\sum K_{\text{ол.чс}}$ -суммарное количество катастроф
11	Количество погибших людей от катастроф	$K_{\text{ол.пог.}}$	человек	$\sum K_{\text{ол.пог.}}$ -суммарное количество погибших
12	Количество пострадавших от катастроф	$K_{\text{ол.постр.}}$	человек	$\sum K_{\text{ол.постр.}}$ -суммарное количество пострадавших
13	Материальный ущерб от катастроф	$S_{\text{мат.ущ.кат.}}$	денежные единицы, не обеспеченные полезной мощностью	$\sum S_{\text{мат.ущ.кат.}}$ -суммарный ущерб от катастроф
14	Мощность катастроф	$P_{\text{чс}}$	гВт	$P_{\text{чс}} = \frac{Y_{\text{чс}}}{P_p}$
15	Плотность мощности катастроф (коэффициент мощностной нагрузки катастроф)	$K_{\text{чс}}$	безразмерные единицы	$K_{\text{чс}} = N_{\text{чс}}/S$,
16	Плотность полной мощности или антропогенная нагрузка	$N_{\text{антр.наг.}}$	кВт/км ²	$N_{\text{антр.наг.}} = N/S_{\text{тер.}}$
17	Неустойчивость биосферы	$N_{\text{биос.}}$	кВт/км ²	$N_{\text{биос.}} = P / K_{\phi}$
18	Изменение полной мощности региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔN	гВт	$\Delta N = N - P_{\text{чс}}$
19	Изменение полезной мощности региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔP	гВт	$\Delta P = P - P_{\text{чс}}$
20	Увеличение мощности потерь региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔG	гВт	$\Delta G = G + P_{\text{чс}}$
21	Изменение КПД технологий региона в результате проявления катастроф различного генезиса	$\Delta \text{КПД}$	безразмерные единицы	$\Delta \text{КПД} = \Delta P / \Delta N$
22	Изменение мощности валюты региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔP_p	Вт/рубль	$\Delta P_p = \frac{P_p}{P_{p1} - P_{\text{чс}}}$

№	Название	Условное обозначение	Единица измерения	Формула
23	Изменение экономического могущества региона в результате проявления катастроф различного генезиса	$\Delta P_э$	гВт	$\Delta P_э = \Delta N \times \Delta КПД \times E_t$
24	Изменение совокупного уровня жизни региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔU	кВт/человек а	$\Delta U = \frac{\Delta P}{\Delta M}$
25	Изменение качества жизни человека в регионе в результате проявления катастроф различного генезиса	$\Delta K_ж$	Вт/человека	$\Delta K_ж = T_m \times \Delta U \times \Delta g$
26	Изменение качества окружающей среды региона в результате проявления катастроф различного генезиса	Δg	безразмерные единицы	$\Delta g = \frac{\Delta G}{\Delta G1}$
27	Коэффициент неустойчивости биосферы с учётом плотности катастроф	$N_{биос.}$	кВт/км ²	$N_{биос.} = P + K_{чс} / K_{ф.}$
28	Полная мощность страхового рынка (страховые премии (взносы))	$N_{стр.рынка}$	гВт	$\sum N_{стр.рынка}$ – сумма страховых премий региона
29	Мощность потерь страхового рынка (выплаты по договорам страхования)	$G_{стр.рынка}$	гВт	$\sum G_{стр.рынка}$ – суммарные потери страхового рынка региона
30	Полезная мощность страхового рынка (прибыль)	$P_{стр.рынка}$	гВт	$\sum P_{стр.рынка}$ – сумма прибылей страхового рынка региона
31	Коэффициент страховой защищённости населения от катастроф различного генезиса	$K_{стр.защ.нас.}$	безразмерные единицы	$K_{стр.защ.нас.} = \frac{N_{стр.рынка}}{P_{чс}}$
32	Индекс уровня безопасности катастроф	DSLI	безразмерные единицы	$DSLI = 1 - (N_{биос.125} + K_{об.чс.125})$

Структура системы поддержки принятия решения при оценке последствий катастроф различного генезиса

На рисунке 2 представлена система поддержки принятия решений при оценке последствий катастроф различного генезиса.

Для обеспечения процесса поддержки принятия решений при оценке последствий катастроф различного генезиса используются источники природных и техногенных катастроф, а также источники показателей устойчивого развития территорий. Далее

полученные данные преобразовываются, то есть приводятся в физически измеримые величины, выраженные в единицах мощности.

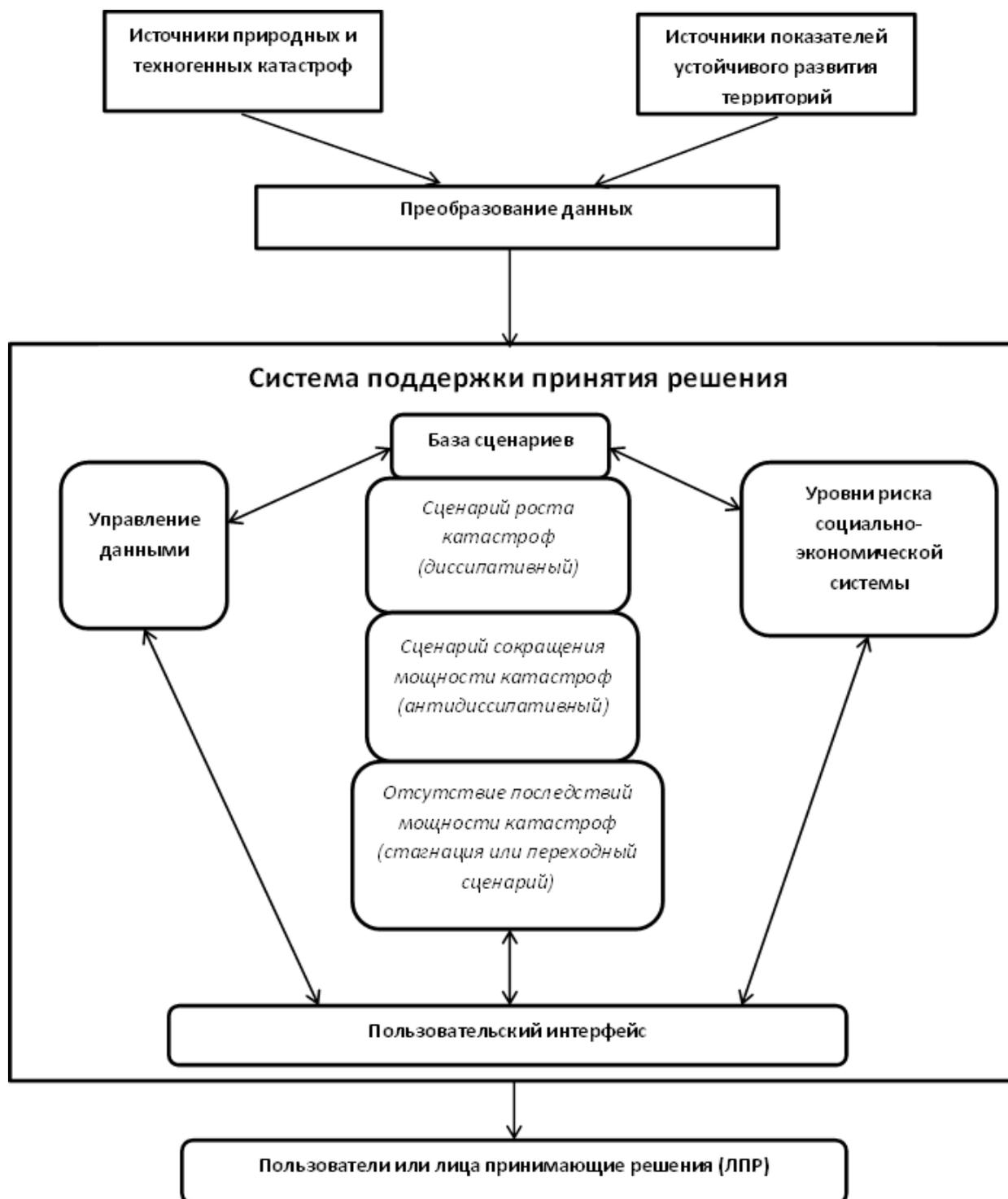


Рис. 2. Структура системы поддержки принятия решений при оценке энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса

Далее в зависимости от сценария развития катастроф проводится моделирование развития последних. При этом каждый сценарий обязательно проходит сопоставление с

уровнями риска для социально-экономической системы. Уровни риска для социально-экономической системы представлены на рисунке 1.

Затем проводится сравнение фактических показателей катастроф с установленными нормативными уровнями. Всего уровней 5 и для каждого из них установлены свои критические значения риска катастроф. Сравнение производится по следующей формуле:

$$\Delta P = P - P_{чс} - P_{ур.кат.} \quad (1)$$

где ΔP – изменение полезной мощности территории под действием катастроф различного генезиса, ГВт;

P – полезная мощность территории, ГВт;

$P_{чс}$ – мощность катастроф территории, ГВт;

$P_{ур.кат.}$ – мощность катастроф нормированного уровня риска (5 уровней риска).

Смысл представленной формулы заключается в том, что для каждого региона характерно изменение полезной мощности под действием катастроф различного генезиса. При этом мощность катастроф может достигать некоторых пороговых уровней, в нашем случае таких уровней 5 (рисунок 1). Для того чтобы обоснованно принимать решение для внесения изменений в развитие региона на примере изменений количественных показателей индикаторов устойчивого развития необходимо иметь информационную поддержку для принятия таких решений. Получив информацию, заинтересованные лица могут принимать решение в зависимости от уровня риска (уровни риска: *опасность, вызов, кризис, угроза, катастрофа*). При этом мы также осознаём, что первые два уровня риска приводят к эволюции социально-экономической системы, третий и четвёртый приводят к трансформации или реформированию системы, а пятый уровень риска приводит к революциям или взрывам в социально-экономических системах. Для предотвращения названных рисков нами предложена система поддержки принятия решения в случае наступления таких уровней.

Такие расчёты производятся для всех формализованных показателей энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса, сравнивая фактические значения конкретной территории с установленными нормативными уровнями.

Далее в зависимости от полученного результата принимается решение на то или иное действие. Конечный результат выводится на пользовательский интерфейс для работы пользователя или лица принимающего решение (ЛПР).

Пример поддержки принятия решения при формировании сценария роста катастроф (диссипативный) на примере Томской области и стран мира

Часть работы по формализации энергоэкологических последствий катастроф для территории Томской области была проведена автором ранее [5].

Пример поддержки принятия решения при оценке последствий от наступления различных уровней риска катастроф различного генезиса представлена в таблице 3 и 4.

Таблица 3. Информационная поддержка принятия решения при оценке последствий катастроф различного уровня риска на примере Томской области

№	Энергоэкологические показатели катастроф	Полезная мощность территории, ГВт	Мощность катастроф нормированного уровня риска, ГВт	Томская область		Поддержка принятия решения
				Значения показателей до катастрофы	Значения показателей после катастрофы	
Уровень риска «опасность», ущерб 10^8						
1	Полезная мощность, ГВт	3,34	0,007	3,34	3,3	+0,04
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	3097	3060	+37
3	Мощность валюты, КВт/рубль	-	-	6,8	6,7	+0,1
Уровень риска «вызов», ущерб 10^9						
1	Полезная мощность, ГВт	3,34	0,07	3,34	3,27	+0,07
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	3097	3032	+65
3	Мощность валюты, КВт/рубль	-	-	6,8	6,7	+0,1
Уровень риска «кризис», ущерб 10^{10}						
1	Полезная мощность, ГВт	3,34	0,7	3,34	2,64	+0,7
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	3097	2448	+649
3	Мощность валюты, КВт/рубль	-	-	6,8	5,4	+1,4
Уровень риска «угроза», ущерб 10^{11}						
1	Полезная мощность, ГВт	3,34	7,0	3,34	-3,66	+7
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	3097	-3399	+6496
3	Мощность валюты, КВт/рубль	-	-	6,8	-7,5	14,3
Уровень риска «катастрофа», ущерб 10^{12}						
1	Полезная мощность, ГВт	3,34	70	3,34	-66,66	+70
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	3097	-61819	+64916
3	Мощность валюты, КВт/рубль	-	-	6,8	-136,8	+143,6

Таблица 4. Информационная поддержка принятия решения при оценке последствий катастроф различного уровня риска на примере стран мира

№	Энергоэкологические показатели катастроф	Полезная мощность территории, ГВт	Мощность катастроф нормированного уровня риска, ГВт	Страны мира		Поддержка принятия решения
				Значения показателей до катастрофы	Значения показателей после катастрофы	
Уровень риска «опасность», ущерб 10^8						
1	Полезная мощность, ГВт	6033,2	0,084	6033,2	6033,1	+0,084
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	795,6	795,6	>0
3	Мощность валюты, КВт/доллар	-	-	80,3	80,3	>0
Уровень риска «вызов», ущерб 10^9						
1	Полезная мощность, ГВт	6033,2	0,84	6033,2	6032,3	+0,84
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	795,6	795,4	+0,2
3	Мощность валюты, КВт/доллар	-	-	80,3	80,3	>0
Уровень риска «кризис», ущерб 10^{10}						
1	Полезная мощность, ГВт	6033,2	8,4	6033,2	6024,8	+8,4
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	795,6	794,4	+1,2
3	Мощность валюты, КВт/доллар	-	-	80,3	80,1	+0,2
Уровень риска «угроза», ущерб 10^{11}						
1	Полезная мощность, ГВт	6033,2	84	6033,2	5949,2	+84
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	795,6	784,5	+11,1
3	Мощность валюты, КВт/доллар	-	-	80,3	79,1	+1,2
Уровень риска «катастрофа», ущерб 10^{12}						
1	Полезная мощность, ГВт	6033,2	840	6033,2	5193,2	+840
2	Уровень жизни, Вт/человека	-	-	795,6	684,8	+110,8
3	Мощность валюты, КВт/доллар	-	-	80,3	69,1	+11,2

По представленной информации из таблиц 3 и 4 можно сделать следующие выводы:

1. Предложенный подход представляет систему поддержки принятия решения для лиц принимающих решения в случае наступления различных уровней риска катастроф в региональном и глобальном масштабе.

2. Если для всего мирового сообщества в целом уровни риска вплоть до «катастроф» оказывают, конечно, негативное влияние, но при этом, не приводя к революционным, а к эволюционным изменениям, то в масштабах региона уровни риска вплоть до «катастрофа» приводят к революционным изменениям, приводящим к уничтожению социально-экономических систем.

3. В случае наступления первых двух рисков катастроф как в региональном, так на глобальном уровнях последствия в целом не столь существенны, при наступлении третьего уровня катастроф «кризис» последствия носят трансформационный характер.

4. Предложенная система поддержки принятия решения носит информационный характер для лиц принимающих решения по вопросам управления последствиями катастроф различного генезиса.

5. В представленной системе поддержки принятия решения выведены только нормативные уровни риска катастроф, аналогично можно определять последствия катастроф с различной мощностью природных и техногенных бедствий.

6. В таблицах 3 и 4 представлена только часть показателей, относящихся к энергоэкологии катастроф различного генезиса; в дальнейшем предполагается увеличить спектр показателей для оценки последствий катастроф различного генезиса.

Заключение

В заключение изложим основные выводы, вытекающие из приведённого материала:

1. Результатами работы системы поддержки принятия решения является предоставление информации для лиц, принимающих решение, прогноз последствий катастроф и изменений в социально-экономических системах под действием природно-техногенных опасностей, рекомендации для лиц принимающих решения по управлению устойчивым развитием территорий.

2. В статье рассмотрены уровни риска катастроф для социально-экономических систем, разработаны сценарии развития энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса, представлена формализация показателей энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса в интересах устойчивого развития территорий.

3. Предложена структура системы поддержки принятия решения при оценке последствий катастроф.

4. Приведённый пример поддержки принятия решения при формировании сценария роста катастроф (диссипативный) на примере стран мира показал, что в целом уровни риска вплоть до «катастроф» оказывают негативное влияние, но при этом, не приводят к революционным, а к эволюционным изменениям, а в масштабах Томской области уровни

риска вплоть до «катастрофа» приводят к революционным изменениям, стремящимся к уничтожению всей социально-экономических системы.

5. В представленной системе поддержки принятия решения выведены только нормативные уровни риска катастроф, аналогично можно определять последствия катастроф с различной мощностью (уровнем риска) природных и техногенных бедствий.

6. В работе представлен только *диссипативный сценарий* (роста катастроф), так как оставшиеся два сценарий (*антидиссипативный (сокращение катастроф)* и *сценарий стагнации или переходный сценарий*) не приводят к росту мощности катастроф, а также не отражают уровни риска для комплексной техногенно-природно-социальной системы.

7. **Диссипативный сценарий не соответствует условиям устойчивого развития социально-экономических систем, антидиссипативный и сценарий стагнации соответствуют условия устойчивого развития социально-экономических систем**, так как не уменьшают полезную мощность территории.

Литература

1. Безопасность России: Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. — Т. 1-52 / Под науч. рук. Н.А. Махутова. — М.: МГОФ «Знание», 1998-2017.
2. Большаков Б.Е. Наука устойчивого развития. — М.: РАЕН, 2011. — 270 с.
3. Большаков Б.Е., Кнауб Р.В., Шамаева Е.Ф., Игнатьева А.В. Энергоэкология катастроф как новое направление в науке устойчивого развития // Сетевое научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление»: том 14 №1 (38), 2018, ст. 1 [Электронный ресурс], режим доступа http://www.ruypravlenie.ru/wp-content/uploads/2018/05/01-Bolshakov_et_al.pdf, свободный.
4. Информационная поддержка принятия решений по предупреждению чрезвычайных ситуаций: монография / С.Н. Колесенков. — М.: РУСАЙНС, 2017. — 110 с.
5. Кнауб Р.В. Об оценке энергоэкологических последствий от чрезвычайных ситуаций различного генезиса // Научный интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности»: вып. 3 (55), 2014 [Электронный ресурс], режим доступа <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-3/19-03-14.ttb.pdf>, свободный.
6. Кононов Д.А. Модели и методы анализа и синтеза сценариев развития социально-экономических систем. Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. — М., 2010. — 438 с.
7. Косяченко С.А. и др. Модели, методы и автоматизация управления в условиях чрезвычайных ситуаций / Автоматика и телемеханика: вып. 6, 1998. — С. 3-66.

8. Куликов О.М. Информационная поддержка принятия решений при ликвидации техногенных чрезвычайных ситуаций на основе моделирования сценариев управления. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Уфа, 2002. — 150 с.
9. Ларичев О.П. Наука и искусство принятия решений. — М.: Наука, 1979. — 200 с.
10. Махутов Н.А., Кузык Б.Н., Абросимов Н.В. и др. Научные основы прогнозирования и прогнозные показатели социально-экономического и научно-технического развития России до 2030 года с использованием критериев стратегических рисков. Координационный совет РАН по прогнозированию. — М.: ИНЭС, 2011. — 136 с.
11. Махутов Н.А. Снижение риска чрезвычайных ситуаций и обеспечение безопасности населения: новые подходы и пути реализации: доклад на научно-практической конференции по проблемам безопасности жизнедеятельности «Устойчивость муниципальных образований к чрезвычайным ситуациям» (Москва, 20 октября 2017 г.).
12. Шульц В.Л и др. Методы планирования и управления техногенной безопасностью на основе сценарного подхода / Национальная безопасность: № 2 (25), 2013. — С. 198-216.