

УДК 001. 8

Р. В. Кнауб¹

А. В. Игнатьева²

Развитие сложных региональных систем под действием катастроф различного генезиса

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет», г. Томск,
Российская Федерация
e-mail: knaubrv@mail.ru¹, anna_tomsktsu@mail.ru²

Аннотация. В статье представлена схема жизнедеятельности Общества во взаимодействии с Природой и учётом воздействия ЧС различного генезиса. Представлены типы изменения катастроф, влияющих на экогеодинамику регионов. В качестве примера приведены результаты сценарного моделирования и прогнозы развития на примере всех стран мира и примере Сибирского федерального округа России. Полученные результаты представляют собой научно-методическое обеспечение информационно-аналитической системы проектирования и управления сложных региональных систем под действием катастроф различного генезиса.

Ключевые слова: катастрофы различного генезиса, устойчивое развитие регионов, типы изменений катастроф, сравнительный анализ развития систем на примерах.

Катастрофами называются скачкообразные изменения, возникшие в виде спонтанного ответа системы на плавные изменения внешних условий [1].

Баланс катастроф в лице чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного генезиса представлен на рисунке 1.

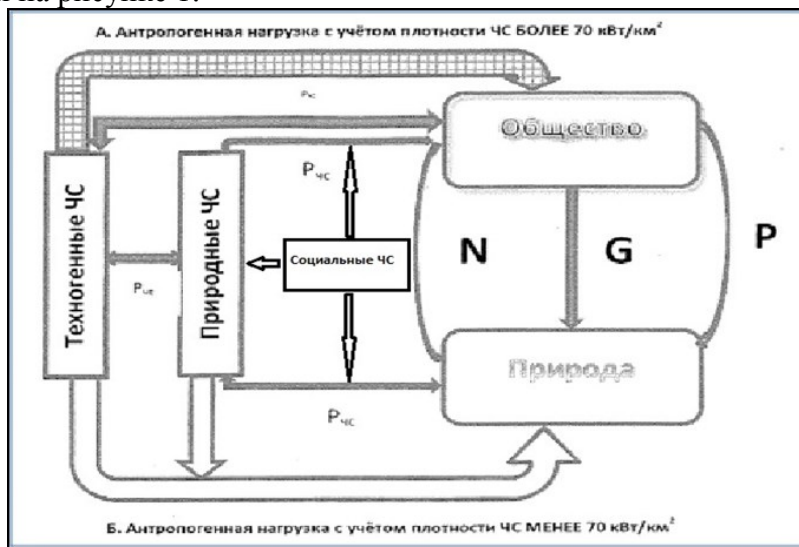


Рис. 1. Схема жизнедеятельности Общества во взаимодействии с Природой и учётом воздействия ЧС различного генезиса (А. путь деградации или биосферной неустойчивости; Б. путь устойчивого развития)

Примечание: N – полная мощность; P – полезная мощность; G – мощность потерь; $P_{чс}$ – мощность ЧС природного или техногенного происхождения.

Составлено авторами

Суть, отображённая на схеме жизнедеятельности Общества во взаимодействии с Природой и учётом воздействия ЧС различного генезиса А. путь деградации или биосферной неустойчивости (рис. 1), заключается в следующем:

1) Источником техногенных ЧС является общество, человек, в свою очередь возникшие ЧС техногенного характера оказывают влияние на Общество и Природу;

2) Источником природных ЧС является Природа, в свою очередь возникшие ЧС природного характера оказывают влияние на Общество и Техносферу;

3) Техногенные и природные ЧС оказывают влияние друг на друга — природные могут явиться причиной возникновения техногенных ЧС, и, наоборот, техногенные вызвать природные ЧС;

4) Антропогенная нагрузка, оказывающая воздействие на Природу и общество, с учётом мощностной нагрузкой ЧС, не должна превышать 70 кВт/км^2 [2]. В случае, отображённом на рисунке 1, антропогенная нагрузка с учётом мощности ЧС различного генезиса превышает значения 70 кВт/км^2 , соответственно, энергоэкологический баланс ЧС нарушается и сохраняется путь деградации и биосферной неустойчивости Природы и Общества.

В случае воздействия ЧС различного генезиса (Б. путь устойчивого развития) (рис. 1), антропогенная нагрузка, оказывающая воздействие на Природу и общество, с учётом мощностной нагрузкой ЧС, не превышает 70 кВт/км^2 , соответственно, энергоэкологический баланс ЧС не нарушается и сохраняется путь устойчивого развития Природы и Общества.

Энергоэкологический баланс катастроф различного генезиса важен для понимания и определения устойчивости социально-экономических систем. Устойчивость — способность системы сохранять текущее состояние при влиянии внешних воздействий. Если текущее состояние при этом не сохраняется, то такое состояние называется неустойчивым. В качестве внешних воздействующих факторов выступают катастрофы различного происхождения, вызывающие неустойчивость социально-экономических систем. При этом целый ряд катастроф, такие, например, как разрушительные землетрясения национального масштаба, ураганы, цунами, войны, аварии на атомных станциях могут привести к полному уничтожению социально-экономической системы государства, приводя к абсолютной неустойчивости. Менее значительные по своим масштабам и последствиям катастрофы различного генезиса нарушают устойчивость социально-экономических систем, не приводя их к полному уничтожению, своего рода конвективная неустойчивость. Соответственно в контексте сказанного в отношении влияния катастроф на социально-экономические системы выстраивается следующая закономерность: 1) катастрофы влияют на устойчивость социально-экономических систем, при этом устойчивость снижается либо до низких значений, приводя к уничтожению системы, либо понижая устойчивость до некоторых пределов; 2) устойчивое развитие социально-экономических систем связано с изменением мощности катастроф, соответственно устойчивое развитие социально-экономических систем будет наблюдаться в тех случаях, когда непрерывно по времени будет снижаться мощность катастроф. Непрерывное снижение мощности катастроф является требованием устойчивого развития социально-экономических систем.

Решить эту проблему можно с помощью специальной методики [3]. Прежде чем перейти к рассмотрению этой методики, рассмотрим требования к параметрам оценки устойчивого развития и параметрам катастроф различного

генезиса. Проведенный анализ измерителей, индикаторов, индексов, параметров и рейтингов устойчивого развития позволил все измерители разделить на несколько классов [4, 5, 6]:

– безразмерные оценки (проценты, доли, баллы). Безразмерность этих оценок является условной, в них используются либо разнородные величины, либо искусственно введенные шкалы, не дающие возможность измерять реальные процессы, протекающие в природе и обществе.

– стоимостные (денежные) оценки, неустойчивые измерители, тесно связанные с экономическим принципом монетарного учета изменений в окружающей среде.

– оценки в натуральных единицах (гектары, тонны). Не обеспечивает возможность использования множества разнородных натуральных единиц измерения для интегральной оценки состояния системы в целом. Может существовать столько измерителей, сколько существует наименований товаров.

– универсальные устойчивые измерители. Измеритель является универсальным, если выражен в терминах пространственно-временных величин. Измеритель является устойчивым, если он является инвариантом в выделенном классе систем.

Таким образом, оценка устойчивого развития территорий может включать от нескольких до десятков показателей, при этом в большинстве работ и методик нет гарантии необходимости и достаточности выбранных параметров, что увеличивает риски и снижает обоснованность принимаемых решений.

Для устранения выявленных недостатков Научной школой устойчивого развития сформулированы требования к социально-экономическим показателям, необходимых для эффективного проектирования и управления устойчивым инновационным развитием:

- Требование 1: в проектировании устойчивого развития должны использоваться измеримые величины, приведенные к единой мере (единице измерения) для систем, открытых на входе и выходе по потокам энергии (мощности).

- Требование 2: проектирование устойчивого развития должно осуществляться в соответствии с законом сохранения мощности и принципом (критерием) устойчивого развития, выраженным в терминах измеримых величин [5, 6].

При оценке последствий катастроф различного генезиса установлено, что если отсутствует единый законный фундамент, то ни количество учитываемых параметров, ни тщательный отбор экспертов, ни сложность математических формул не могут обеспечить объективную оценку последствий катастроф различного генезиса в интересах устойчивого развития в терминах измеримых величин.

Для устранения выявленных недостатков нами сформулированы требования к оценке и прогнозу последствий катастроф различного генезиса и их влияние на устойчивое развитие социально-экономических систем (мир, страна, регион):

- Требование 1: при оценке последствий катастроф различного генезиса должны использоваться измеримые величины, приведенные к единой мере (единице измерения) для систем, открытых на входе и выходе по потокам энергии (мощности).

- Требование 2: прогнозирование последствий катастроф различного генезиса должно осуществляться в соответствии с законом сохранения мощности

и принципом (критерием) устойчивого развития, выраженным в терминах измеримых величин.

А это означает, что постоянное сокращение роста мощности катастроф является необходимым условием устойчивого развития социально-экономических систем. Ведь рост мощности катастроф сокращает рост полезной мощности социально-экономических систем.

Типы изменений катастроф

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 [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Суть состоит в том, что все типы изменений катастроф различного генезиса делятся на три связанных между собой зоны:

А — Зона развития катастроф различного генезиса;

Б — Зона стагнации катастроф различного генезиса;

В — Зона деградации катастроф различного генезиса.

А — Зона развития включает в себя следующие типы тенденций развития катастроф:

Территория А 1. 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 ; Экономический ущерб от катастроф ≥ 0 ; Число погибших от катастроф $= 0$; Число пострадавших от катастроф $= 0$; Полезная мощность региона ≤ 0 ;

Территория А 2. Интенсивный рост или развитие.

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 ;

Территория А 3. Инновационное развитие 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 $= 0$;

Территория А 4. Устойчивое инновационное развитие 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 ;

Б — Зона стагнации или переходная зона.

Территория Б 1. Переход от развития к деградации.

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;

Территория Б 2. 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 ;

В — Зона деградации мощности катастроф.

Территория В 1. 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 ;

Территория В 2. Деградация.

Граничные условия 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 ;

Полученные результаты

Проектирование развития сложных региональных систем под действием катастроф различного генезиса на примерах

В качестве примера рассмотрим результаты расчета параметров, отражающих экогеодинамику разноуровневых региональных систем.

Определение установочных параметров по переходу к устойчивому развитию на глобальном уровне

Все страны мира должны перейти к устойчивому развитию от деградации потерь полезной мощности от катастроф различного генезиса за счёт следующих мероприятий, включая: 1. Сохранение мощности катастроф на уровне 2011 года; 2. Сокращение мощности катастроф к 2025 году.

Анализ показал, что для достижения устойчивого развития на глобальном уровне необходима деградации мощности катастроф на 0,67 гВт. Для достижения поставленной цели необходимо сокращение мощности катастроф на 8 % в год.

Таблица 1

Мощность катастроф на глобальном уровне, 2011—2025 гг.

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Р _{чс} , гВт	9,42	8,75	8,08	7,41	6,74	6,07	5,4	4,73	4,06	3,39	2,72	2,1	1,38	0,71	0,04
Р _{чс} , долл.	155	144	133	122	111	100	89	78	67	56	45	34	23	12	1

Составлено авторами

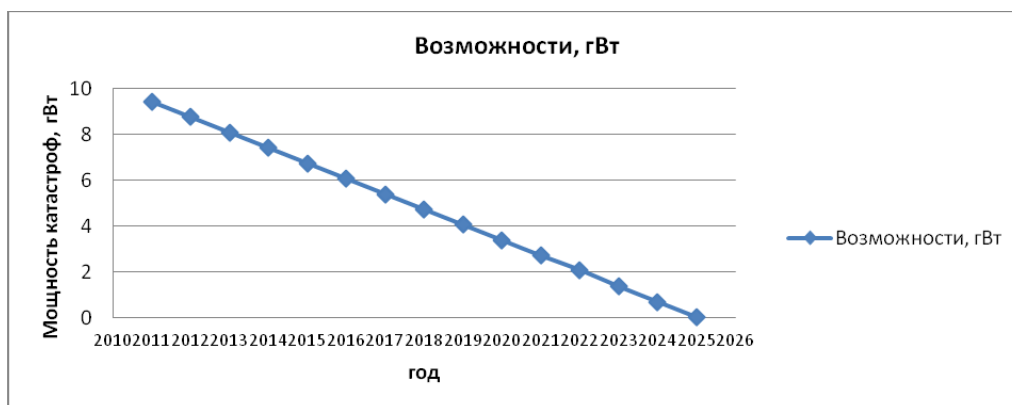


Рис. 2. Мощность катастроф на глобальном уровне, 2011–2025 гг.
Составлено авторами

Определение проблем

Для решения проблем, стоящих перед мировым сообществом, необходимо определение проблем между текущим состоянием дел и необходимым. На рисунке 3 приведены величина проблемы для мирового сообщества по мощности катастроф до 2025 года.

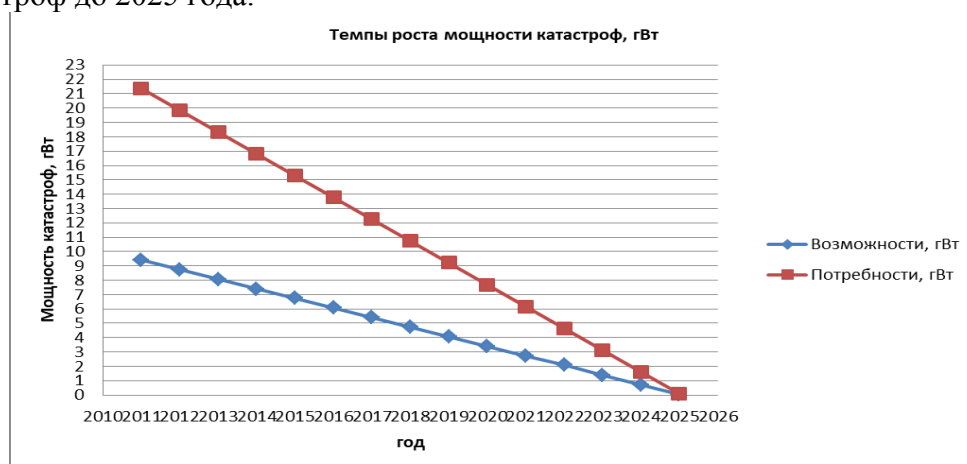


Рис. 3. Проблемы по мощности катастроф на глобальном уровне
Составлено авторами

Для сокращения роста мощности катастроф необходимо более тщательное прогнозирование возникновения последних. Это приведёт к сокращению количества пострадавших и погибших, а также экономического ущерба. При этом должно неукоснительно сокращаться количество катастроф.

Результаты моделирования

Период развития катастроф в глобальном масштабе за 1998–2011 гг. соответствует экстенсивному росту катастроф.

Логически возможны четыре варианта развития динамики мощности катастроф различного генезиса:

Вариант 1. Мощность катастроф возрастает, полезная мощность региона уменьшается.

Вариант 2. Мощность катастроф уменьшается, полезная мощность региона возрастает.

Вариант 3. Мощность катастроф и полезная мощность региона уменьшается.

Вариант 4. Мощность катастроф увеличивается, полезная мощность региона возрастает.

Первый вариант означает рост ущерба общества от катастроф, а соответственно и замедление роста полезной мощности, то есть ограничительный рост. Второй вариант означает уменьшение ущерба природе и обществу от катастроф и рост мощности общества, то есть полезной мощности. Третий вариант предполагает уменьшение полезной мощности и мощности катастроф, этот вариант приемлем, он означает сокращение потерь от катастроф, а деградация полезной мощности обусловлена не воздействием потерь от катастроф. Четвёртый вариант означает потери общества от катастроф, при этом эти потери компенсируются ростом полезной мощности за счёт технологий.

Прогноз изменения мощностей субъектов СФО в результате проявления ЧС (региональный уровень)

Используя коэффициенты для перевода величины ущерба от ЧС природного и техногенного характера (табл. 2) нами был рассчитан материальный ущерб для субъектов Сибирского федерального округа (СФО) за 1960, 1970, 1980 и 1990 годы, приведённый к уровню населения и ценам 2000 г (табл. 3).

Таблица 2

Коэффициенты для приведения числа пострадавших и убытков при природных и техногенных катастрофах к уровню населения и ценам 2000 года (составлено авторами на основе [7])

Субъект СФО	1960 год	1970 год	1980 год	1990 год	2000 год
Республика Алтай	0,77	0,82	0,84	0,94	1,0
Республика Бурятия	0,68	0,82	0,91	1,05	1,0
Республика Тыва	0,56	0,75	0,87	1,01	1,0
Республика Хакасия	0,75	0,81	0,91	1,03	1,0
Алтайский край	1,02	1,02	1,03	1,01	1,0
Забайкальский край	0,88	0,98	1,05	1,18	1,0
Красноярский край	0,88	0,99	1,07	1,02	1,0
Иркутская область	0,76	0,89	0,99	1,09	1,0
Кемеровская область	0,96	1,01	1,02	1,09	1,0
Новосибирская область	0,85	0,93	0,97	1,03	1,0
Омская область	0,79	0,87	0,94	1,03	1,0
Томская область	0,71	0,75	0,82	0,95	1,0
Всего	0,85	0,93	0,99	1,05	1,0

Таблица 3
Общий материальный ущерб от природных и техногенных катастроф в СФО, приведённый к уровню населения и ценам 2000 года, млн рублей

Субъект СФО	1960 год	1970 год	1980 год	1990 год
Республика Алтай	3,49	3,69	3,78	4,53
Республика Бурятия	52,22	62,97	69,88	73,36
Республика Тыва	16,12	21,59	25,04	29,03
Республика Хакасия	29,92	32,31	36,29	40,99
Алтайский край	103,42	103,42	104,39	100,75
Забайкальский край	652,25	726,37	778,26	861,29
Красноярский край	23,4	26,33	28,45	26,14
Иркутская область	247,07	289,33	321,77	352,15
Кемеровская область	6,52	6,86	6,93	7,12
Новосибирская область	16,4	17,94	18,72	18,92
Омская область	3,39	3,73	4,03	4,31
Томская область	5,25	5,55	6,06	7,48
Всего	1 159,45	1 300,11	1 403,64	1 526,13

Составлено авторами

Также нами был проведён расчёт материального ущерба от ЧС природного и техногенного характера на период до 2030, 2040 и 2050 года, при этом основой для расчётов послужила величина ущерба за период до 2020 года. При проведении расчётов мы исходили из того, что величина ущерба за период до 2020 года увеличивалась в зависимости от роста или падения населения на расчётный период времени. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4
Средние значения материального ущерба от природных и техногенных катастроф в СФО с 2020 по 2050 год, приведённый к уровню населения и ценам 2000 года, млн рублей

Субъект СФО	2020 год		2030 год		2040 год		2050 год	
	П	Т	П	Т	П	Т	П	Т
Республика Алтай	1,54	1,95	1,64	2,05	1,68	2,1	1,88	2,65
Республика Бурятия	1,56	50,66	1,88	61,09	2,09	67,79	2,41	70,95
Республика Тыва	14,61	1,51	19,57	2,02	22,7	2,34	26,36	2,67
Республика Хакасия	29,85	0,07	32,23	0,08	36,2	0,09	40,9	0,09
Алтайский край	18,56	84,86	18,56	84,86	18,7	85,69	18,38	82,37
Забайкальский край	617,05	35,2	687,17	39,2	736,26	42	827,4	33,89
Красноярский край	1,49	21,91	1,68	24,65	1,81	26,64	1,73	24,41
Иркутская область	237,5	9,57	278,12	11,21	309,3	12,47	340,6	11,55

Продолжение таблицы 4

Кемеровская область	4,99	1,53	5,25	1,61	5,3	1,63	5,66	1,46
Новосибирская область	2,8	13,6	3,06	14,88	3,2	15,52	3,39	15,53
Омская область	1,89	1,5	2,08	1,65	2,25	1,78	2,47	1,84
Томская область	2,13	3,12	2,25	3,3	2,46	3,6	2,85	4,63
Всего	933,97	225,48	1053,49	246,62	1141,95	261,69	1274,03	252,10

Примечание: П – природные ЧС; Т – техногенные ЧС.

Составлено авторами

Полученные результаты представляют собой научно-методическое обеспечение информационно-аналитической системы проектирования и управления, включая подсистему проектирования регионального устойчивого развития, увязывающей между собой цели устойчивого развития разноуровневых региональных систем, включая глобальный уровень.

Выводы

Определены изменения параметров целевого состояния стран мира, 1998–2011. Установлено, что период развития катастроф в глобальном масштабе за 1998–2011 гг. соответствует экстенсивному росту катастроф. Анализ показал, что для достижения устойчивого развития на глобальном уровне необходима деградации мощности катастроф на 19 гВт. Для достижения поставленной цели необходимо сокращение мощности катастроф на 8% в год.

Расчёт возможного ущерба от катастроф различного генезиса для территории СФО показал, что он будет расти пропорционально росту численности населения округа.

Для сокращения роста мощности катастроф необходимо более тщательное прогнозирование возникновения последних. Это приведёт к сокращению количества пострадавших и погибших, а также экономического ущерба. При этом должно неукоснительно сокращаться количество катастроф.

Литература

1. Арнольд В. И. Теория катастроф. М. : Наука, 1990. 128 с.
2. Федотов А. П. Развитие глобальной модели планеты Земля. Концентрированный доклад Римскому Клубу. М. : Аспект Пресс, 2008. 64 с.
3. Большаков Б. Е., Кнауб Р. В., Шамаева Е. Ф., Игнатьева А. В. Энергоэкология катастроф как новое направление в науке устойчивого развития // Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление», том 14 № 1 (38), 2018, ст. 1 [Электронный ресурс], Режим доступа http://www.gupravlenie.ru/wp-content/uploads/2018/05/01-Bolshakov_et_al.pdf, свободный. С. 1–31.
4. Bolshakov B. E. The law of nature or how Space Time works. Moscow-Dubna, 2002. 265 p.
5. Большаков Б. Е. Наука устойчивого развития. М. : РАН, 2011. 270 с.

6. Большаков Б. Е., Кузнецов О. Л. Инженерия устойчивого развития. М. : РАЕН, 2012. 507 с.
7. Кукал З. Природные катастрофы. М. : Знание, 1985. 240 с.

R. V. Knaub,
A. V. Ignatieva

***The development of complex regional systems
under the influence of disasters of various
genesis***

Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation
e-mail: knaybrv@mail.ru¹, anna_tomsktsu@mail.ru²

Abstract. *The article presents the scheme of the Society's life in cooperation with Nature and taking into account the impact of emergencies of various genesis. The types of changes in catastrophes affecting the ecogeodynamics of regions are presented. As an example, the results of scenario modeling and development forecasts are given on the example of all countries of the world and the example of the Siberian Federal District of Russia. The results obtained represent the scientific and methodological support of the information-analytical system for the design and management of complex regional systems under the influence of disasters of various genesis.*

Keywords: *catastrophes of various genesis, sustainable development of regions, types of catastrophe changes, comparative analysis of the development of systems using examples.*

References

1. Arnol'd V. I. Teoriya katastrof. M.: Nauka, 1990. 128 s.
2. Fedotov A. P. Razvitie global'noj modeli planety Zemlya. Koncentrirovannyj doklad Rimskomu Klubu. M.: Aspekt Press, 2008. 64 s.
3. Bol'shakov B. E., Knaub R. V., SHamaeva E. F., Ignat'eva A. V. Energoekologiya katastrof kak novoe napravlenie v nauke ustojchivogo razvitiya // Elektronnoe nauchnoe izdanie «Ustojchivoe innovacionnoe razvitie: proektirovanie i upravlenie», tom 14 № 1 (38), 2018, st. 1 URL: http://www.rypravlenie.ru/wp-content/uploads/2018/05/01-Bolshakov_et_al.pdf, svobodnyj. S. 1-31.
4. Bolshakov B. E. The law of nature or how Space Time works. Moscow-Dubna, 2002. 265 p.
5. Bol'shakov B. E. Nauka ustojchivogo razvitiya. M. : RAEN, 2011. 270 s.
6. Bol'shakov B. E., Kuznecov O. L. Inzheneriya ustojchivogo razvitiya. M. : RAEN, 2012. 507 s.
7. Kukal Z. Prirodnye katastrofy. M. : Znanie, 1985. 240 s.

Поступила в редакцию 29. 02. 2020 г.