УДК 614.8.084

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДНОЙ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

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

Аннотация

В статье рассмотрен инструментарий системного анализа для управления природной и техносферной безопасностью в интересах достижения устойчивого развития территорий. Представлен аналитический и синтетический подходы к управлению. Рассмотрены семь типов управления систем, описаны конкретные примеры управления природной и техносферной безопасностью в глобальном масштабе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: природная и техносферная безопасность, системный анализ, устойчивое развитие территорий, аналитический и синтетический подходы в управлении, система поддержки принятия решений.

SYSTEM ANALYSIS IN SOLVING THE ISSUES OF MANAGING NATURAL AND TECHNOSPHERIC SAFETY

Knaub Roman Viktorovich, a candidate of Geography, an associate professor at the nature management department at Tomsk State University, RANS corresponding member

Abstract

The article describes the system analysis tools for managing natural and technospheric safety in order to achieve sustainable development of territories. The analytical and synthetic approaches to management are presented. Seven types of control systems are considered, specific examples of the management of natural and technospheric safety on a global scale are described.

KEYWORDS: natural and technosphere safety, system analysis, sustainable development of territories, analytical and synthetic approaches to management, decision support system.

Введение

Как и большинство слов, термин «управление» является многозначным, употребляется в разных смыслах. Исходным является определение управления как *целенаправленного воздействия на систему* [12].

Аналитический подход в управлении содержит следующие компоненты управления:

— объект управления, управляемая система;

— цель управления;

— управляющее воздействие;

— модель системы;

— блок управления или система (подсистема) управления, управляющее устройство и т.п. [12]. Схематически это выглядит так (рисунок 1).

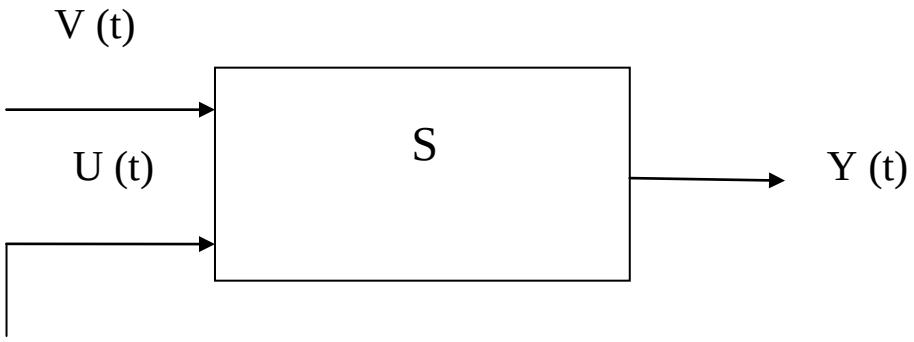

Рис. 1. Объект управления, управляемая система [12]

Обозначим выходы некоторой системы S символом Y(t), а входы ее разделим на управляемые извне U(t) и неуправляемые, но наблюдаемые V(t). Мы знаем, что есть входы и ненаблюдаемые, неизвестные нам, но неизвестное невозможно включить в модель иначе, как через понятие стохастичности: наблюдаемые величины оказываются случайными. И даже при этом остается то неизвестное, что не отображено случайностью известного.

Само выделение управляемых входов означает, что мы рассматриваем систему S как объект управления. Выходы Y(t) являются результатом преобразования системой 5 входов V(t)n U(t): Y(t) =S(V(t), U(t)), что позволяет воздействовать на Y(t) путем выбора различных управлений U(t) (заметим, что приведенная символика верна только для безынерционных систем, хотя в реальности выход системы зависит не только от входов в данный момент времени, но и от их предыстории. Однако для наших целей это пока несущественно).

В цель управления входит не только конечное желаемое состояние системы (T*,Y*), но и весь желаемый путь к ней Y*(t).

Управляющее воздействие U(t) есть третий компонент управления. Тот факт, что входы и выходы системы связаны между собой некоторым соотношением Y(t)=S[V(t), U(t)], позволяет надеяться на то, что существует такое управляющее воздействие, при котором на выходе реализуется цель V*(t).

Модель системы – это математический или физический аналог реальной системы, в котором характер протекания основных процессов подобен протеканию таких же процессов в реальной системе.

Все действия, необходимые для управления системой осуществляет блок управления или система (подсистема) управления.

Синтетический подход к управлению включает в себя 7 типов управления (таблица 1).

Таблица 1. Синтетический подход в управлении, составлено автором по [12]

№	Тип управления	Суть процесса
1	Управление простой системой, или программное управление	Модель называется **адекватной**, так как система S послушно отработала заданную цель. В этом случае систему S называют **простой**. Простота системы есть следствие адекватности модели. Управляющее воздействие U(t) в этом случае называется программой.
2	Управление сложной системой	Имеющаяся у нас модель не позволила достичь цели; наша модель **неадекватна**. Система S ведет себя неожиданным для нас образом, не подчиняется нашему управлению, это **сложные** системы. Алгоритм управления сложной системой: управляющее воздействие - подается на управляемый вход системы S - наблюдается и фиксируется выход системы Yj(t) - при расхождении Yj(t) и Y*(t) производится коррекция модели.
3	Управление по параметрам, или регулирование	Подав U*(t), мы можем наблюдать, что поначалу система идет по желаемой траектории Y*(t), но через некоторое время обнаруживается расхождение между Y(t) и Y*(t). Алгоритм действий: 1) держать в памяти опорную траекторию Y*(t). 2) следить за реальной траекторией Y(t); 3) обнаруживать текущее различие между Y(t) и Y*(t). 4) вырабатывать, определять, вычислять корректирующее, дополнительное к U(t), воздействие на параметр(ы) системы; 5) исполнять это воздействие на системе, возвращая ее на опорную траекторию.
4	Управление по структуре	Система так быстро и так далеко отклоняется от целевой траектории, что не может быть возвращена на нее изменением параметров. Изменяя в момент T структуру системы, создавая тем самым новую систему, с надеждой прибыть в точку (T*,Y*) хотя бы и по другой траектории Ys*(t). Такое управление и называется управлением по структуре.
5	Управление по целям	Сменить цель, понизив уровень притязаний, переориентироваться на достижимые сроки и (или) другие параметры конечного состояния. Это и есть пятый способ управления — управление по целям.
6	Управление большими системами	Самый эффективный способ управления большой системой — превратить ее в малую, ускорив процесс моделирования.
7	Управление при отсутствии информации о конечной цели	**Первый способ** состоит в том, чтобы дать субъективное, априорное определение конечной цели, а дальше действовать по предыдущим схемам. **Второй способ** наметить траекторию движения к цели (эволюция живых систем).

В русском языке слово «управление» имеет очень широкий смысл. Оно включает в себя такие понятия, как администрирование, командование, менеджмент, управление

техническим устройством (станком, автомобилем, оружием, ракетой и т.д.). Интересно узнать, что в английском языке есть слова для обозначения конкретных видов управления (government, management, control, administration, guidance, driving, etc.), но общий термин, эквивалентный русскому «управлением, отсутствует (ближайший — operation) [12].

Таким образом, используя базовые принципы, разработанные системным анализом, перейдём к рассмотрению влияния катастроф различного генезиса на природу, человека, общество с позиций системного анализа. Для этого автором был разработан специальный подход, получивший название «Энергоэкология катастроф различного генезиса» [5]. Фундаментальную основу исследования составили работы С.А. Подолинского, Э.С. Бауэра, Р.О. Бартини, Б.Е. Большакова, О.Л. Кузнецова, А.Е. Петрова, Г. Крона, Ф.П. Тарасенко, Майкл С. Джексона, С. Бира, Э. Голдратта и др. [1, 2, 3, 4, 6, 7, 11, 12, 13, 14].

В рамках энергоэкологии катастроф разработана структура информационно-аналитической системы анализа энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса [9], тем самым представлен *аналитический подход* в управлении природной и техносферной безопасностью.

Далее более подробно разберём синтетический подход в управлении природной и техносферной безопасностью, который включает в себя 7 типов управления.

1. Управление простой системой, или программное управление.

Модель называется адекватной, так как система природа—общество—человек достигла цели устойчивого развития. Но в данном случае систему нельзя назвать простой, так как система не достигла целей устойчивого развития. Она может это сделать, только подвергшись управлению со стороны человека и снизив или минимизировав влияния катастроф природного или техногенного характера.

2. Управление сложной системой.

Тип управления сложной системой можно рассмотреть на следующем примере.

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 [8].

Таблица 2. Мощность катастроф на глобальном уровне, 2011-2025 гг.

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Рчс, 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
Рчс, долл.	155	144	133	122	111	100	89	78	67	56	45	34	23	12	1

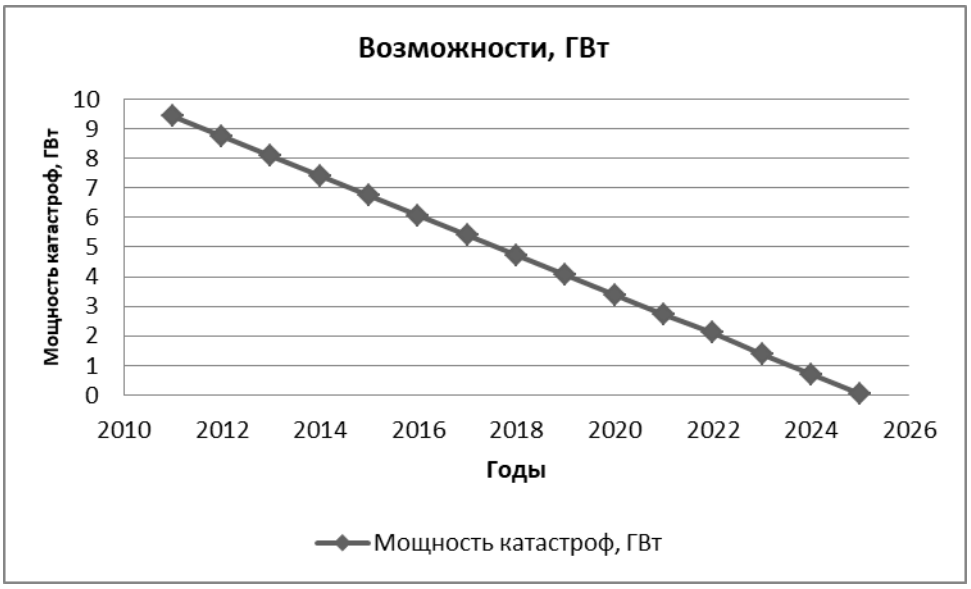

Рис. 2. Мощность катастроф на глобальном уровне, 2011-2025 гг.

Определение проблем

Для решения проблем, стоящих перед мировым сообществом, необходимо определение проблем между текущим состоянием дел и необходимым. В таблице 2 приведены величина проблемы для мирового сообщества по мощности катастроф до 2025 года.

Таблица 3. Величина проблемы по мощности катастроф для мирового сообщества до 2025 года

Год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Рчс, гВт	21,37	19,85	18,33	16,81	15,29	13,77	12,25	10,73	9,21	7,69	6,17	4,65	3,13	1,61	0,09
Рчс, долл.	367,1	341	314	287	260	233	206	179	152	125	98	71	44	17	0

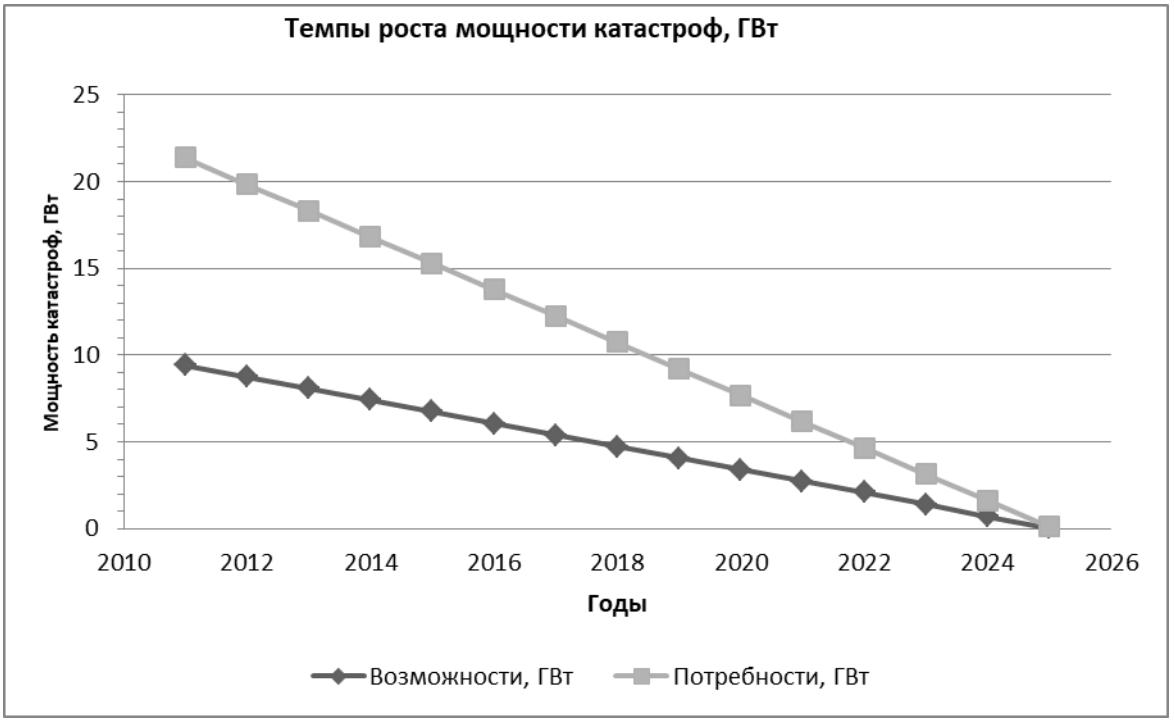

Рис. 3. Проблемы по мощности катастроф на глобальном уровне [8]

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 [8].

3. Управление по параметрам, или регулирование.

Рассматривая установочные параметры по переходу к устойчивому развитию нами было установлено, что для достижения целей устойчивого развития к 2025 году необходима деградация мощности катастроф на 0,67 ГВт или на 8 % в год. В случае, если параметры мощности катастроф увеличатся по сравнению с 2011 годом, в таком случае будет необходима большая деградация мощности катастроф. Соответственно, для достижения цели устойчивого развития будет необходимо на определённых этапах увеличивать деградацию мощности катастроф, например, на 1 ГВт в год. Следовательно, увеличение на 0,33 ГВт сокращения мощности будут иметь корректирующее действие, тем самым изменяя или регулируя один из показателей, мы сможем добиться поставленных целей – добиться возвращения системы на траекторию устойчивого развития к 2025 году.

Другим примером может служить использование метода системы поддержки принятия решений (СППР) при оценке природной и техносферной безопасности. Пример поддержки принятия решения при оценке последствий от наступления различных уровней риска катастроф различного генезиса представлена в таблице 3.

Таблица 4. Информационная поддержка принятия решения при оценке последствий катастроф различного уровня риска на примере стран мира [10]

№	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 таблицы 3 можно сделать следующие выводы:

1. Предложенный подход представляет систему поддержки принятия решения для лиц принимающих решения в случае наступления различных уровней риска катастроф в 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 на глобальном уровне 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 [10].

4. Управление по структуре.

Для данного типа управления характерно быстрое и далекое отклонение от целевой траектории достижения устойчивого развития, что изменением параметров не может быть возвращена на эту траекторию. Следовательно, только изменяя структуру мы можем достигнуть цели устойчивого развития.

Какие при этом возможны варианты изменений структуры? Логически возможны четыре варианта изменения мощности катастроф различного генезиса и полезной мощности стран мира:

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.

Таким образом, изменяя траекторию достижения устойчивого развития в зависимости от вариантов изменения структуры мощности катастроф (увеличение, то есть диссипация) или сокращение мощности катастроф мы сможем достичь целевой траектории устойчивого развития.

5. Управление по целям.

Данный тип управления предлагает смену цели, понизив уровень притязаний, переориентироваться на достижимые сроки и (или) другие параметры конечного состояния. В данном случае мы можем, например, перенести срок сокращения мощности потерь на 2035 год. Соответственно, для достижения целей устойчивого развития будет необходимо сокращение мощности катастроф не на 0,67 ГВт в год, а на гораздо меньшую величину.

6. Управление большими системами.

Самый эффективный способ управления большой системой — превратить ее в малую, ускорив процесс моделирования. Для достижения целей устойчивого развития можно изменить масштаб моделирования на более мелкий, например, в рамках отдельной страны или отдельно взятого региона, при этом будут получены более детальные данные для моделирования. При этом совокупность данных по отдельным регионам мира должна совпадать с суммарными данными для всего мирового сообщества.

7. Управление при отсутствии информации о конечной цели.

Данный тип управления в нашем случае не применим, так как цель для нас всегда очевидна – это достижение устойчивого развития природы и общества.

В результате проведённой работы были получены следующие результаты:

1. Рассмотрена суть аналитического и синтетического подхода в управлении.
2. Приведены примеры управления природной и техносферной безопасностью в зависимости от типа управления.
3. Что касается типов управления, то наиболее всего подходят типы управления *сложной системой и управление по параметрам или регулирование*.

Литература

1. Бартини Р.О., Кузнецов П.Г. Множественность геометрий и множественность физик // В сб.: Моделирование динамических систем. – Брянск, 1974.
2. Большаков Б.Е. Закон природы или как работает Пространство—Время. Российская академия естественных наук, Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 2002. — 265 с.

3. Большаков Б.Е. Наука устойчивого развития. – М: РАЕН, 2011. — 272 с.
4. Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф. Основы математической модели мониторинга новаций в проектировании устойчивого развития на основе естественнонаучных мер, показателей и критериев / Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление, том 9 № 4 (21), 2013, ст. 3. [Электронный ресурс], режим доступа: http://www.rypravlenie.ru/wp-content/uploads/2014/02/03-Bolshakov.pdf (дата обращения 1.06.2017).
5. 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.rypravlenie.ru/wp-content/uploads/2018/05/01-Bolshakov_et_al.pdf, свободный. С. 1-31.
6. Джексон, Майкл С. Системное мышление: Творческий холизм для менеджеров / науч. ред. и пер. с англ. Ф.П. Тарасенко. - Томск: Изд. Дом Том. гос. ун-та, 2016. — 404 с.
7. Кибернетика и менеджмент / Стаффорд Бир: пер. англ. В. Алтаев. – М.: КомКнига, 2011. — 280 с.
8. Кнауб Р.В. Экспериментальное моделирование системы анализа энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса / Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление, том 13 № 3 (36), 2017, ст. 3. [Электронный ресурс], режим доступа: http://www.rypravlenie.ru/wp-content/uploads/2017/10/03-Knaub.pdf (дата обращения 24.01.2018).
9. Кнауб Р.В. Структура информационно-аналитической системы анализа энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса // Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление», том 14 № 1 (38), 2018, ст. 4 [Электронный ресурс], режим доступа http://www.rypravlenie.ru/wp-content/uploads/2018/05/04-Knaub.pdf, свободный. С. 85-94.
10. Кнауб Р.В. Информационная поддержка принятия решений при оценке последствий катастроф различного генезиса на основе моделирования сценариев управления в интересах устойчивого развития территорий // Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление», том 14 № 2 (39), 2018, ст. 3 [Электронный ресурс], режим доступа http://www.rypravlenie.ru/wp-content/uploads/2018/06/03-Knaub.pdf, свободный. С. 39-52.

11. Кузнецов О.Л., Большаков Б.Е. Устойчивое развитие: Научные основы проектирования в системе природа—общество—человек: Учебник. Санкт-Петербург-Москва-Дубна, 2001. — 616 с.
12. Тарасенко Ф.П. Прикладной системный анализ: учебное пособие / Ф.П. Тарасенко. - М.: КНОРУС, 2010. — 224 с.
13. Goldratt E. M. Essays on the Theory of Constraints, North River Press, 1998. – p. 20-54.
14. Jackson M.C. Systems Thinking: Creative Holism for Managers. John Wiley & Sons Ltd.: University of Hull, UK, 2003.