

УДК 504.4(571.1/5)

ЭНЕРГОЭКОЛОГИЯ КАТАСТРОФ КАК НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В НАУКЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Большаков Борис Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, академик РАЕН, заведующий кафедрой устойчивого инновационного развития ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна», со-руководитель Международной научной школы устойчивого развития им. П.Г. Кузнецова

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

Шамаева Екатерина Фёдоровна, кандидат технических наук, доцент кафедры устойчивого инновационного развития ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна», член Международной научной школы устойчивого развития им. П.Г. Кузнецова

Игнатьева Анна Владимировна, магистрант Национального исследовательского Томского государственного университета

Аннотация

В статье представлено новое направление в науке устойчивого развития — энергоэкология катастроф различного генезиса. Дано определение, цель, задачи, объект исследования, представлены базовые термины формализованного принципа энергоэкологии катастроф и науки устойчивого развития. Установлена связь (или соотношение) между наукой устойчивого развития и энергоэкологией катастроф. Определены устойчивость и устойчивое развитие социально-экономических систем в условиях внешних воздействий катастроф. Формализация последствий катастроф даёт возможность повысить эффективность управления устойчивым развитием территорий в условиях возрастающего воздействия катастроф различного генезиса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: устойчивое развитие, наука устойчивого развития, энергоэкология катастроф различного генезиса.

ENERGY ECOLOGY OF CATASTROPHES AS A NEW DIRECTION IN THE SCIENCE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Bolshakov Boris Evgenievich, Doctor of Technical Sciences, professor, full member of RANS, head of Sustainable Innovative Development Department of “Dubna” University, co-head of International Scientific School of Sustainable Development n.a. P.G. Kuznetsov

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

Shamaeva Ekaterina Fiodorovna, Candidate of Technical Sciences, docent of Sustainable Innovative Development Department of “Dubna” University, member of International scientific school of sustainable development n.a. P.G. Kuznetsov

Ignateva Anna Vladimirovna, master student of the National Research Tomsk State University

Abstract

The article presents a new direction in the science of sustainable development — energy ecology of catastrophes of various genesis. The definition, purpose, tasks, object of research is given, basic terms of the formalized principle of energy ecology of catastrophes and science of sustainable development are presented. The relationship (or correlation) between the science of sustainable development and the energy ecology of catastrophes is established. Stability and sustainable development of socio-economic systems in conditions of external impacts of disasters are determined. The formalization of the consequences of catastrophes makes it possible to improve the management efficiency of sustainable development of territories in conditions of increasing impacts of disasters of various genesis.

KEYWORDS: sustainable development, science of sustainable development, energy ecology of catastrophes of various genesis.

Введение

Неизбежность появления новых научных теорий заключается в осознании недостаточности имеющихся. Попытки объяснения непонятого в природе с позиций старых, хотя и верных, но не всё объясняющих теорий не увенчаются успехами даже в том случае, если будут добыты новые данные. Вместе с тем прежние, известные, «фактические материалы, рассмотренные через призму новых научных представлений, могут разрешить пирамиду нерешённых противоречий, накопившихся в процессе добывания и осмысления знаний» [19].

Возможность эффективной борьбы с опасными процессами различного происхождения заключается в знании не только их генезиса, но и причин роста потерь общества в процессе его развития.

Осознание учёными реалий негативного взаимодействия природы и общества позволило сформулировать иные задачи на XXI в. Во главу угла ставится **устойчивое развитие общества**. Ведущей тенденцией становится междисциплинарный синтез и поиск эффективных методов управления экономической и экологической безопасностью [24].

При этом возникают две главные проблемы. Первая — отсутствие обоснованной единицы измерения, и вторая — отсутствие эталона, в отношении которого должно осуществляться сравнение измеряемой величины с эталоном измерения.

Решить эту проблему возможно только с помощью специальной научно-методической системы, лежащей в основе информационно-аналитического обеспечения анализа риска катастроф различного генезиса.

Далее перейдём к рассмотрению основных понятий.

Основные понятия

Для анализа риска катастроф различного генезиса предлагается методический аппарат энергоэкологии катастроф различного генезиса. По нашему мнению энергоэкология катастроф является составной частью и новым направлением в науке устойчивого развития.

Развитие - процесс закономерного изменения, перехода из одного состояния в другое, более совершенное; переход от старого качественного состояния к новому, от простого к сложному, от низшего к высшему [16].

20 октября 1987 г. на Пленарном заседании 42 сессии Генеральной Ассамблеи ООН было дано первое определение устойчивого развития.

Устойчивое развитие подразумевает удовлетворение потребностей современного поколения, не угрожая возможности будущих поколений удовлетворять собственные потребности.

Удовлетворение потребностей современного поколения основывается, в том числе, на разработке стратегии устойчивого развития всего мирового сообщества, в общем, и человека в частности.

Основная трудность в разработке стратегии устойчивого развития заключается в том, что законы права, цели и решения несогласованны с законами реального мира, что является причиной глобального системного кризиса.

Все законы можно разделить на [3, 4, 11, 12]:

1. Законы, которые можно отменить при определённых обстоятельствах.
2. Законы, которые нельзя отменить ни при каких обстоятельствах.

Законы первого типа называются законами Права, а законы второго типа – законами Природы (Реального мира).

Закон Природы — это правило, которое подтверждено практикой и на протяжении тысяч лет просеяно через сито времени. В нём остаётся неисчезающая сущность, самое глубокое и нужное каждому Человеку — устойчивое правило сохранения жизни.

Наука устойчивого развития объясняет, что существует возможность не только адекватно объяснить окружающий нас Реальный мир, но и целенаправленно его изменить, проектировать и управлять его развитием, активно используя фундаментальные законы.

Естественно, что наука устойчивого развития строится не на пустом месте. Научное наследие науки устойчивого развития основывается на работах таких учёных как Н. Кузанского, И. Кеплера, Г. Лейбница, М.В. Ломоносова, И. Канта, Д. Максвелла, С.А. Подолинского, К.Э. Циолковского, В.И. Вернадского, П.Г. Кузнецова.

Ключевая задача науки устойчивого развития — выделить проблемы и вопросы, показать их взаимные связи и возможности решения как творческий процесс синтеза разнообразных естественнонаучных, технических и социальных знаний.

Этот процесс становится возможным только в том случае, если ясно, что измерять и как измерять при проектировании развития систем различного назначения.

Способность соизмерять разнокачественные потоки в устойчивых и универсальных мерах должна стать одним из главных требований к науке устойчивого развития. Надёжная мера позволит проводить корректное сравнение различных оценок, адекватно и объективно оценивать ситуацию, правильно определять цели, ценности и идеалы и увязывать их с ресурсами, потребностями и возможностями, осуществлять научно обоснованное

прогнозирование, эффективный контроль. Только через соизмерение можно связать наблюдаемый нами и описываемый словами естественного языка окружающий Человека мир с миром точных наук.

Отсутствие этих понятий в общих дисциплинах является причиной разрыва связей в понимании целостности социальных и природных процессов, решает возможности согласовывать практическую деятельность в различных предметных областях с законами природы и общественного развития, а, следовательно, не позволяет осуществить обоснованное проектирование устойчивого развития предприятий, отраслей, регионов, стран и мира.

Отличительные признаки науки устойчивого развития

Все принципиальные особенности методологии Международной научной школы имени П.Г. Кузнецова ориентированы на сохранение развития в системе природа—общество—человек. В чём заключается суть этой методологии?

1. В основе лежит положение, введённое ещё в XV веке Николаем Кузанским, который для выхода из схоластических разговоров связал понятие «ум» (mens) с понятием «измерение» (mensurare). Только через измерение и удаётся связать наблюдаемый нами и описываемый словами естественного языка окружающий мир с миром естественных наук, закрепляющих результаты постижения этого мира языком математики [12]. По этой причине **в работу по проектированию устойчивого развития социально-природных систем допускаются только те понятия, которые можно в терминах устойчивых измеримых величин.** Это положение известно в науке как **принцип наблюдаемости.** Все понятия выражаются не просто в терминах устойчивых измеримых величин, а в терминах универсальных, пространственно-временных величин. Наиболее общей из них является понятие мощность – работоспособность в единицу времени.

2. Использована методология тензорного анализа Г. Крона [11], базовым постулатом которого является: «Какой бы сложной, суперсложной система не была, её сущность может быть представлена скалярным уравнением. Нахождение такого уравнения является самым сложным, неформальным, творческим делом. Но если такое уравнение составлено, дальше работает мощный аппарат тензорного анализа с инвариантом мощности». Это положение известно в науке как принцип инвариантности А. Эйнштейна.

3. Система природа—общество—человек рассматривается как космопланетарная, открытая, динамическая, волновая, неравновесная система, с выделением не только внутренних связей, но и внешних – с космической средой. В качестве инварианта проектирования устойчивого развития использован закон сохранения мощности.

В работах Международной научной школы имени П.Г. Кузнецова показано, что он является наиболее общим инвариантом в системе природа—общество—человек, дающим возможность работать с любым другим инвариантом. Это закон «пронизывает насквозь» всю систему и обладает свойством изоморфизма на всех её микро-, макро-, суперуровнях.

4. Все базовые понятия в системе природа—общество—человек являются группой преобразования с инвариантом мощность. Названия этого инварианта, выраженные в понятиях той или иной предметной области, являются ее проекцией в той или иной частной координатной системе. Он проявляется:

- в философии – категории время-пространство, покой-движение и другие;
- в математике – понятия координатная система, инвариант и другие;
- в физике – величина, законы сохранения и другие;
- в химии – фотохимические, эндотермические и экзотермические преобразования и другие;
- в биологии – обмен веществ, размножение и другие;
- в экологии – понятия: продуктивность или производительность ресурсов, их запасы и потери и другие;
- в экономике – понятия: производительность труда, прибыль и многие другие;
- в финансах – понятие активы и их обеспечение;
- в праве – понятия законы права и законы природы;
- в политике – понятие власть, управление и многие другие.

5. Авторы рассматривают развития общества как творческий процесс, направленный на изменение направления и скорости потоков свободной энергии (полезной мощности) в Пространстве и Времени. Это изменение достигается за счёт реализации идей, возникающих в головах людей.

Общеизвестно, что международное экспертное сообщество для оценок разнообразных социальных, экономических и экологических ресурсов и процессов использует три вида разнородных мер:

1. Денежные меры;
2. Натуральные единицы;
3. Безразмерные единицы.

Используя эти меры в качестве измерителей разнородных процессов, мы неизбежно получаем искаженную картину мира и, в частности, иллюзию его роста и развития.

Естественно возникает вопрос: «Существует ли такая универсальная система мер, использование и развитие которой дает возможность измерять, соразмерять и соизмерять

разнородные процессы и понятия, определяющие содержание общепринятого глобального принципа «устойчивое развитие»?

Методический аппарат науки устойчивого развития позволяет соразмерить и соизмерить, то есть «сшить» в единую картину разнородные принципы, показатели, индикаторы, критерии, методы, технологии, которые используются в проектировании перспективного развития различных объектов управления.

В работах [3, 4, 11, 12] Пространство-время определяется как система $[L^R T^S]$ -величин Бартини-Кузнецова.

Законов Реального мира (Природы) может существовать столько, сколько существует $[L^R T^S]$ -величин, где R и S-целые (положительные и отрицательные) числа от минус до плюс бесконечности.

Закон сохранения – это утверждение о том, что $[L^R T^S]$ -величина является **инвариантом** в определенном классе систем реального мира, определяемом размерностью $[L^R T^S]$ -величин. Стандартная запись: $[L^R T^S]=const$, или «Все изменяется количественно, но остается неизменным качественно» в границах определенного класса систем, определяемого размерностью $[L^R T^S]$ -величины:

$$[L^R T^S] = [L^R T^S]_0 + [L^R T^{S-1}] * t_1 + [L^R T^{S-2}] * t_2 + \dots$$

В вершине известных на сегодня законов сохранения лежит закон сохранения мощности, как первый закон открытых для потока энергии систем (Лагранж, Д. Максвелл, П. Г. Кузнецов):

$$[L^5 T^{-5}] = const$$

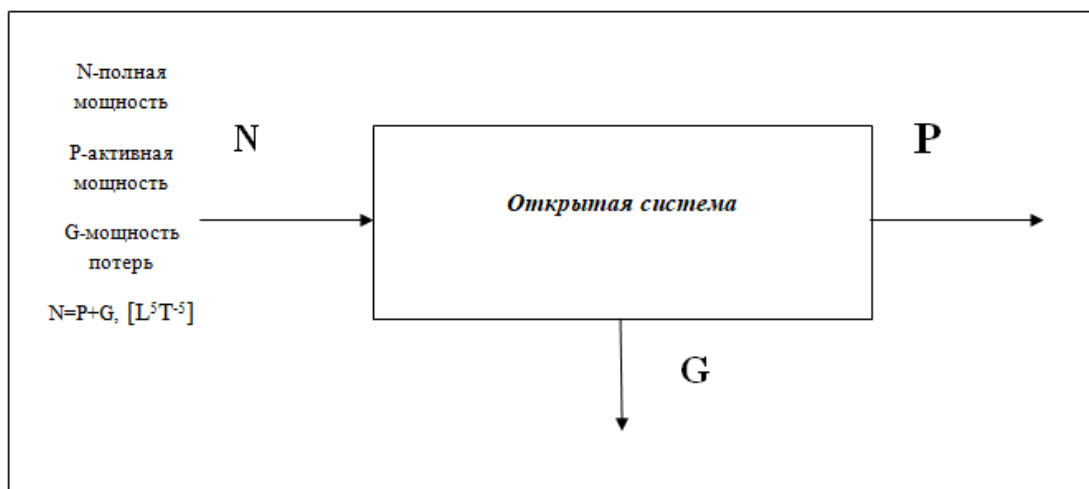


Рис. 1. Закон сохранения мощности в количественном выражении [11]

Из закона сохранения мощности следует:

1. Закон сохранения Жизни (В. И. Вернадский) является следствием – проекцией закона сохранения мощности в частную систему координат:

$$P^*t \geq 0, [L^5T^{-5}]$$

2. Закон сохранения развития Жизни является развертыванием во времени закона сохранения Жизни (П. Г. Кузнецов).

$$P^*t_1 + P^*t_2 + P^*t_3 \geq 0, [L^5T^{-5}]$$

Таким образом, закон сохранения развития Жизни не постулируется, а является одним из следствий закона сохранения мощности, который в свою очередь является одной из проекций системы LT-величин, впервые опубликованной Р. Бартини в Докладах академии наук СССР в 1965 году при поддержке выдающихся ученых с мировым именем, таких как академики М. В. Келдыш, Н. Н. Боголюбов, Б. М. Понтекорво.

Аксиомой науки устойчивого развития является существование Реального мира, который находится в непрерывном движении, то есть сохраняется и изменяется одновременно. С сохранением роста эффективности использования полной мощности связывается закон сохранения развития Жизни. В свою очередь согласованность практической деятельности с этим законом связывается с устойчивым развитием.

При этом мы обращаем внимание, что рассматривать устойчивое развитие общества в отрыве от фундаментальных законов Реального мира принципиально недопустимо и порочит саму идею устойчивого развития.

Предмет науки устойчивого развития состоит в соизмерении связей между естественными и социальными (в том числе и духовными) процессами.

Каждая наука, так же как и любая научная теория, имеет определенные границы. Эти границы определяются языком и базовыми принципами данной науки.

Границей применимости закона является система координат – класс систем как качество с соразмерностью $[L^5T^{-5}]$. И как количественная определенность закон сохранения мощности записывается как сохранение равенства:

$$N = P + G, [L^5T^{-5}]$$

Не сразу бросается в глаза, что из данного определения следуют все основные законы существования открытых для потоков энергии систем и, в том числе, живых систем.

Вместе с тем известно, как хорошо известно, закон сохранения энергии $[L^5T^{-4}] = E = \text{const}$ справедлив для замкнутых по потокам энергии систем $[L^5T^{-5}] = E = 0$, т.е. систем, которые не потребляют и не производят потоков энергии. Живые системы не относятся к данному классу систем.

Все живые системы – от элементарных простейших и до Человечества в целом – являются открытыми для потоков энергии системами, и в силу этого их фундаментальным законом сохранения является закон сохранения мощности, как первый закон для открытых по потокам энергии систем.

В контексте сказанного специалистом Международной научной школы устойчивого развития **устойчивое развитие** определяется так – это хроноцелостный процесс сохранения неубывающих темпов роста производимой полезной мощности при неувеличении темпов потребляемой мощности, сокращении потерь мощности за счёт воспроизводимых прорывных технологий и повышении качества управления [12].

С какими угрозами сталкивается современное человечество? Все угрозы Человечеству можно разделить на две большие группы: внутренние и внешние. Особое место занимают катастрофы природно-техногенного и социального характера. Как было показано выше, к внутренним угрозам относится все, что создает ложное представление о мире, иллюзию его роста и развития. К внешним угрозам относятся космические факторы.

Безусловно, все это имеет место, но в какой мере? Как измерить масштаб бедствия? В каком соотношении находятся внутренние и внешние факторы? Можно ли дать их количественное сравнение?

Все эти вопросы требуют адекватной и универсальной системы мер, дающих возможность сравнивать антропогенные и космические факторы, оценить масштаб бедствия и выработать научно-обоснованную стратегию действий.

В качестве научно-обоснованной системы оценки последствий катастроф выступает новое направление науки устойчивого развития — **энергоэкология катастроф различного генезиса**.

Экология — (от др.-греч. οἶκος — обиталище, жилище, дом, имущество и λόγος — понятие, учение, наука) — наука о взаимодействиях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой. Термин впервые предложил немецкий биолог Эрнст Геккель в 1866 году [18].

Энергоэкология — наука совсем молодая, в ее основе лежит изучение энергоэкологического способа производства и потребления, введенного в научный оборот лишь в начале XXI века. Ее особенность в том, что она носит междисциплинарный характер. Во-первых, она объединяет два взаимозависимых, но не совпадающих процесса: способ удовлетворения потребностей общества в энергии, характерный для того или иного технологического уклада, уровень и последствия характерного для той же эпохи взаимодействия общества и природы (вовлечение в производство и уровень использования

природных ресурсов, воздействие производства, войн, жизни людей на окружающую среду). Во-вторых, эта категория связывает воедино все фазы воспроизводства - процессы добычи, обращения и потребления природных ресурсов, пронизывает все звенья общества, ибо все они являются потребителями энергии и других природных ресурсов и в большей или меньшей степени влияют на окружающую среду. В-третьих, эта категория не случайно родилась именно в начале нового века, в период нарастающей глобализации, одним из наиболее глубоких измерений, которой является энергосектор [5].

Вопросам энергоэкологии посвящён целый ряд работ отечественных и зарубежных учёных [5, 13, 15, 20, 26], В большинстве из них это направление понимается как оценка взаимопереплетения технологического и экологического способов производства, способы обеспечения общества (производства и населения) энергией и экологические последствия применения этих способов. То есть сокращение энергетических потерь, и увеличение КПД системы с одновременным сокращением экологических вещественных отходов решает энергоэкологическую задачу развития системы.

Катастрофами — называются скачкообразные изменения, возникшие в виде спонтанного ответа системы на плавные изменения внешних условий [2].

Энергоэкология катастроф различного генезиса — оценка последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) различного генезиса, позволяющая оценивать прошлые и настоящие, а также предвидеть будущие риски от воздействия ЧС на население, природу, экономику, экологию региона, выраженные в единицах мощности – Вт, кВт и т.д. [6, 7, 8, 9].

При такой оценке появляется возможность приведения к единице мощности разнородные ЧС, суммированные и выраженные одним числом, что очень важно в ситуации сравнения несопоставимых (разнородных) показателей, численные значения которых не подлежат операции суммирования.

Чрезвычайная ситуация (ЧС) — это обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [1].

Целью энергоэкологии катастроф различного генезиса является разработка комплекса методов, позволяющих дать оценку влияния катастроф на население, природу, экономику, экологию региона, выраженные в единицах мощности — Вт. Оценка энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса направлена на изучение тех показателей (индикаторов), которые отражают устойчивое развитие системы «природа—общество—

человек». Для решения этих задач методы изучения энергоэкологических последствий ЧС применяются в комплексе с методами других наук – физики, математики, экологии и т.д.

Чтобы реализовать поставленную цель, необходимо последовательно решить следующие задачи:

Задачи энергоэкологии катастроф различного генезиса:

1. Исследование последствий катастроф различного генезиса с точки зрения их влияния на систему «природа—общество—человек», выраженную в системах индикаторов устойчивого развития.

2. Расчёт и оценка базовых индикаторов энергетической оценки влияния катастроф различного генезиса.

3. Расчёт и оценка дополнительных индикаторов энергетической оценки влияния катастроф различного генезиса.

4. Оценка и прогноз энергоэкологической безопасности от катастроф различного генезиса.

5. Разработка страховых рейтингов территорий с позиций энергоэкологической безопасности от катастроф.

6. Разработка критериев создания безопасных условий жизни от воздействия катастроф – прогноз и ликвидация последствий катастроф (компенсация ущерба на основе измеримых величин, выраженных одной единицей измерения).

Объект изучения энергоэкологии катастроф – состояние, динамика и прогноз изменений в системе «природа—общество—человек» под действием ЧС различного генезиса.

Основные определения энергоэкологии катастроф различного генезиса

Энергоэкологическая безопасность от катастроф – это такое состояние населения, природы, экономики, экологии региона, при котором риск последствий катастроф не превышает некоторого приемлемого уровня и обеспечивает возможность устойчивого развития. Единым критерием энергоэкологической безопасности от катастроф является нерушимость природных, экономических, социальных условий для жизни и деятельности населения региона. При этом под приемлемым уровнем понимается величина антропогенной нагрузки с учётом плотности катастроф не более 70 кВт на км².

Индикаторы устойчивого развития – показатели (выводимые из первичных данных, которые обычно нельзя использовать для интерпретации изменений), позволяющие судить о состоянии или изменении экономической, социальной или экологической переменной [21].

Потенциал устойчивого развития региона – совокупная способность региона обеспечивать хроноцелостный процесс сохранения неубывающих темпов роста производимой регионом полезной мощности при неувеличении темпов потребляемой регионом мощности, сокращении потерь мощности за счёт производимых прорывных технологий и повышении качества управления на всех уровнях региона, отрасли, муниципалитета, предприятия, человека.

Система базовых индикаторов оценки энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса – это система индикаторов, отражающих изменения в значениях базовых показателей устойчивого развития под действием ЧС различного генезиса.

Система дополнительных индикаторов оценки энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса - это система индикаторов, отражающих изменения в значениях дополнительных показателей устойчивого развития под действием катастроф различного генезиса.

Энергоэкологический баланс катастроф различного генезиса – это показатели, которые характеризуют равновесие (баланс) в системе «Природа—Общество—Человек» под действием катастроф различного генезиса.

Коэффициент устойчивости экономики региона к воздействию катастроф – отражает устойчивость экономики региона к воздействию катастроф. Определяется как частное от полной мощности катастроф к ВРП (полной мощности) региона.

Полная мощность катастроф – последствия катастроф различного генезиса, приведённые к одной единице измерения и выраженные в единицах мощности – Вт.

Плотность мощности катастроф (коэффициент мощностной нагрузки катастроф) – определяется отношением полной мощности катастроф к площади региона в км².

Плотность полной мощности или антропогенной нагрузки - определяется отношением годового суммарного энергопотребления к площади страны с единицей измерения - киловатт на квадратный километр.

Неустойчивость биосферы - это отношение плотности полной мощности (антропогенной нагрузки) к константе Федотова, равной 70 кВт/км².

Коэффициент неустойчивости биосферы с учётом плотности катастроф – определяется как отношение суммы плотности полной мощности (антропогенной нагрузки) и плотности катастроф, к константе Федотова.

Полная мощность страхового рынка (страховые премии (взносы)) – определяется суммой страховых премий (взносов), вносимых за страхование, который страхователь вносит страховщику.

Мощность потерь страхового рынка (выплаты по договорам страхования) – выплаты, которые осуществляет страховщик страхователю в результате наступления страхового случая.

Полезная мощность страхового рынка (прибыль) – разница между полной мощностью страхового рынка региона и его мощностью потерь.

Коэффициент страховой защищённости населения от катастроф различного генезиса – показатель, отражающий страховую защищённость населения конкретной территории от катастроф различного характера. Определяется как частное от полной мощности страхового рынка и мощности катастроф. В случае если коэффициент страховой защищённости окажется ниже 1, то это означает, что мощность ЧС превышает мощности страхового рынка региона и население не обеспечено страховой защитой от катастроф. При значении коэффициента страховой защищённости более 1 население обеспечено страховой защитой в случае проявления ЧС различного генезиса.

Страховые рейтинги территорий с позиций энергоэкологической безопасности от катастроф различного генезиса – присвоение рейтингов регионам, основанных на анализе энергоэкологических показателей страховых рынков этих территорий.

Система базовых параметров энергоэкологии катастроф различного генезиса представлена в таблице 1.

Таблица 1. Система базовых параметров науки устойчивого развития и энергоэкологии катастроф различного генезиса

№	Название	Условное обозначение	Единица измерения	Формула	Размерность в LT-системе
Базовые термины формализованного принципа устойчивого развития					
1	Полная мощность региона	$N(t)$	ГВт	$N(t) = \sum \sum N_{ij}(t)$, суммарное потребление j-го объекта i-го ресурса	$[L^5T^{-5}]$
2	Полезная мощность региона	$P(t)$	ГВт	$P(t) = \sum N_i(t) * \mu_i(t)$	$[L^5T^{-5}]$
3	Мощность потерь региона	$G(t)$	ГВт	$G(t) = N(t) - P(t)$	$[L^5T^{-5}]$
4	Эффективность использования потребляемых природных ресурсов	$\mu(t)$	безразмерные единицы	$\mu(t) = N(t) / P(t)$	$[L^5T^{-5}]$
5	Мощность валюты региона	$P(p)$	Вт/рубль	$P(p) = P(\text{ватт}) / P(\text{деньги})$	$[L^5T^{-5}]$
6	Экономическое могущество региона	$P(\varepsilon)$	ГВт	$P_\varepsilon = N(t) * \eta(t) * \varepsilon(t)$	$[L^5T^{-5}]$

7	Совокупный уровень жизни населения региона	$U(t)$	Вт/человека	$U(t) = \frac{P_s(t)}{M(t)}$	$[L^5T^{-5}]$
8	Качество жизни населения	$K_{ж}(t)$	Вт/человека	$K_{ж}(t) = T_M(t) * U(t) * q(t)$	$[L^5T^{-5}]$
9	Качество окружающей природной среды	$g(t)$	безразмерные единицы	$g(t) = \frac{G(t)}{G(t-1)}$	$[L^5T^{-5}]$
Базовые термины формализованного принципа энергоэкологии катастроф					
10	Количество ЧС за год на определённой территории	$K_{ол.чс}$	единиц	$\sum K_{ол.чс}$ -суммарное количество катастроф	не имеет LT -размерности
11	Количество погибших людей от катастроф	$K_{ол.пог.}$	человек	$\sum K_{ол.пог.}$ -суммарное количество погибших	не имеет LT -размерности
12	Количество пострадавших от катастроф	$K_{ол.постр.}$	человек	$\sum K_{ол.постр.}$ -суммарное количество пострадавших	не имеет LT -размерности
13	Материальный ущерб от катастроф	$S_{мат.ущ.кат.}$	денежные единицы, не обеспеченные полезной мощностью	$\sum S_{мат.ущ.кат.}$ -суммарный ущерб от катастроф	не имеет LT -размерности
14	Мощность катастроф	$P_{чс}$	ГВт	$P_{чс} = \frac{Y_{чс}}{P_p}$	$[L^5T^{-5}]$
15	Плотность мощности катастроф (коэффициент мощностной нагрузки катастроф)	$K_{чс}$	безразмерные единицы	$K_{чс} = N_{чс}/S$	$[L^5T^{-5}]$
16	Плотность полной мощности или антропогенная нагрузка	$N_{антр.наг.}$	кВт/км ²	$N_{антр.наг.} = N/S_{мер.}$	$[L^5T^{-5}]$
17	Неустойчивость биосферы	$N_{биос.}$	кВт/км ²	$N_{биос.} = P/K_{\phi}$	$[L^5T^{-5}]$
18	Изменение полной мощности региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔN	ГВт	$\Delta N = N - P_{чс}$	$[L^5T^{-5}]$
19	Изменение полезной мощности региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔP	ГВт	$\Delta P = P - P_{чс}$	$[L^5T^{-5}]$
20	Увеличение мощности потерь региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔG	ГВт	$\Delta G = G + P_{чс}$	$[L^5T^{-5}]$
21	Изменение КПД технологий региона в результате проявления катастроф различного генезиса	$\Delta КПД$	безразмерные единицы	$\Delta КПД = \frac{\Delta P}{\Delta N}$	$[L^5T^{-5}]$

22	Изменение мощности валюты региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔP_p	Вт/рубль	$\Delta P_p = \frac{P_p}{P_{p1} - P_{pc}}$	$[L^5T^{-5}]$
23	Изменение экономического могущества региона в результате проявления катастроф различного генезиса	$\Delta P_э$	ГВт	$\Delta P_э = \Delta N \times \Delta КПД \times E_t$	$[L^5T^{-5}]$
24	Изменение совокупного уровня жизни региона в результате проявления катастроф различного генезиса	ΔU	кВт/человека	$\Delta U = \frac{\Delta P}{\Delta M}$	$[L^5T^{-5}]$
25	Изменение качества жизни человека в регионе в результате проявления катастроф различного генезиса	$\Delta K_ж$	Вт/человека	$\Delta K_ж = T_m \times \Delta U \times \Delta g$	$[L^5T^{-5}]$
26	Изменение качества окружающей среды региона в результате проявления катастроф различного генезиса	Δg	безразмерные единицы	$\Delta g = \frac{\Delta G}{\Delta G1}$	$[L^5T^{-5}]$
27	Коэффициент неустойчивости биосферы с учётом плотности катастроф	$N_{биос.}$	кВт/км ²	$N_{биос.} = P + K_c / K_\phi$	$[L^5T^{-5}]$
28	Полная мощность страхового рынка (страховые премии (взносы))	$N_{стр.рынка}$	ГВт	$\sum N_{стр.рынка}$ – сумма страховых премий региона	$[L^5T^{-5}]$
29	Мощность потерь страхового рынка (выплаты по договорам страхования)	$G_{стр.рынка}$	ГВт	$\sum G_{стр.рынка}$ – суммарные потери страхового рынка региона	$[L^5T^{-5}]$
30	Полезная мощность страхового рынка (прибыль)	$P_{стр.рынка}$	ГВт	$\sum P_{стр.рынка}$ – сумма прибылей страхового рынка региона	$[L^5T^{-5}]$
31	Коэффициент страховой защищённости населения от катастроф различного генезиса	$K_{стр.защ.нас.}$	безразмерные единицы	$K_{стр.защ.нас.} = \frac{N_{стр.рынка}}{P_{чс}}$	$[L^5T^{-5}]$
32	Индекс уровня безопасности катастроф	DSL1	безразмерные единицы	$DSL1 = 1 - (N_{биос.125} + K_{об.чс.125})$	$[L^5T^{-5}]$

1. Методический аппарат оценки последствий катастроф различного генезиса

1.1 Постановка задачи формализованного описания энергоэкологической оценки последствий ЧС различного генезиса

Структура формализованного описания потерь мощности экономики региона от действия катастроф различного генезиса включает в себя 5 этапов:

1. Найти функциональное отображение предметной области в концептуальной модели на основе методологии знаний.

2. Найти отображение концептуальной модели в теоретико-множественную модель на основе методологии системного анализа.

3. Определить множество показателей качества, характеризующих систему.

4. Выделить подмножество из данного множества показателей существенно меньшей мощности, такое, что степени влияния подмножества на систему и системы на данное подмножество эквивалентны влиянию системы на полное множество показателей.

5. Найти интегрированный показатель качества, учитывающий влияние подмножества на систему.

1.2. Решение задачи

I. Возможность приведения потерь от катастроф различного генезиса к одной единице измерения – мощности (Вт) – в соответствии с теоретическим аппаратом технологии проектирования устойчивого развития региона, основанных на универсальных принципах проектирования в системе природа-общество-человек, развиваемых в Научной школе устойчивого развития [3, 4, 11, 12].

II. Предоставляется возможность, используя совокупное действие ЧС различного генезиса, отобразить: а) *Изменение значений мощности базовых индикаторов устойчивого развития региона;* б) *Изменение значений мощности дополнительных индикаторов устойчивого развития региона* [7].

III. Система базовых индикаторов энергетической оценки влияния ЧС различного генезиса:

1) *Прогнозная оценка изменения энергетических мощностей региона в результате проявления ЧС различного генезиса;*

2) *Прогнозная оценка изменения энергетических мощностей региона в результате проявления ЧС различного генезиса за прошлые исторические эпохи* [7];

3) *Плотность мощности ЧС региона (коэффициент мощностной нагрузки ЧС);*

4) *Прогнозная оценка последствий ЧС различного генезиса в отраслях экономики региона* [7].

IV. Дополнительные индикаторы мощностной оценки влияния ЧС различного генезиса:

1) *Прогнозная оценка социально-экономических и экологических последствий ЧС различного генезиса в случае гибели взрослого человека (ребёнка)* [7];

2) *Коэффициент устойчивости экономики региона к воздействию ЧС* [7].

V. Интегрированный показатель:

1. Коэффициент неустойчивости биосферы с учётом плотности ЧС [7].

VI. Пространственно-временная динамика индикаторов устойчивого развития с учётом действия катастроф различного генезиса [7].

Перевод ущерба от катастроф различного генезиса в единицы мощности

Б.Е. Большаковым [2] предложен способ перевода денежных единиц в единицы мощности, предложена формула для перевода денежной массы в мощность:

$$P_p = \frac{P_{\text{Ватт}}}{P_{\text{Деньги}}} \quad (1)$$

P_p - мощность валюты, Вт/рубль;

$P_{\text{Ватт}}$ - валовый региональный продукт, выраженный в единицах мощности, Ватт;

$P_{\text{Деньги}}$ - валовый региональный продукт, выраженный в денежных единицах, рублях.

Автором для перевода ущерба от ЧС различного генезиса в единицы мощности предложена следующая формула:

$$P_{\text{чс}} = \frac{Y_{\text{чс}}}{P_p} \quad (2)$$

$P_{\text{чс}}$ - мощность ЧС, выраженная в единицах мощности, кВт;

$Y_{\text{чс}}$ - материальный ущерб от ЧС, выраженный в рублях, рубль;

P_p - мощность валюты, Вт/рубль.

Ватты затем легко переводятся в киловатты и мегаватты соответственно.

Расчёт базовых индикаторов устойчивого развития в условиях отсутствия информации

В условиях отсутствия необходимой информации для расчёта базовых и дополнительных индикаторов устойчивого развития (в условиях неопределённости) мощность региона может быть получена по его доле в валовом внутреннем продукте страны. Для этого необходимо:

1. Рассчитать полную мощность страны в единицах мощности.
2. Рассчитать полезную мощность страны в единицах мощности.
3. Определить долю региона в ВВП страны в стоимостных единицах.
4. Рассчитать полезную мощность региона в единицах мощности, умножив полученную долю на полезную мощность страны в единицах мощности.

5. Рассчитать полную мощность региона в единицах мощности, умножив полученную долю на полную мощность страны в единицах мощности [7].

Методика расчёта системы базовых индикаторов оценки энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса

К системе базовых индикаторов оценки энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса относятся следующие показатели:

1. Изменение полной мощности региона в результате проявления ЧС различного генезиса, ГВт;
2. Изменение полезной мощности региона в результате проявления ЧС различного генезиса, ГВт;
3. Увеличение мощности потерь региона в результате проявления ЧС различного генезиса, ГВт;
4. Изменение КПД технологий региона в результате проявления ЧС различного генезиса, ГВт;

Формулы для расчёта базовых индикаторов оценки энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса будут иметь следующий вид:

$$\Delta N = N - P_{чс} \quad (3)$$

где ΔN – потери полной мощности региона в результате действия ЧС различного генезиса, ГВт;

N – полная мощность региона, ГВт;

$P_{чс}$ – мощность ЧС различного генезиса, ГВт.

$$\Delta P = P - P_{чс} \quad (4)$$

где ΔP – потери полезной мощности региона в результате действия ЧС различного генезиса, ГВт;

P – полезная мощность региона, ГВт;

$P_{чс}$ – мощность ЧС различного генезиса, ГВт.

$$\Delta G = G + P_{чс} \quad (5)$$

где ΔG – увеличение мощности потерь региона в результате действия ЧС различного генезиса, ГВт;

G – мощность потерь региона, ГВт;

$P_{чс}$ – мощность ЧС различного генезиса, ГВт.

$$\Delta КПД = \Delta P / \Delta N \quad (6)$$

где $\Delta КПД$ – изменение коэффициента полезного действия региона в результате действия ЧС различного генезиса;

ΔN – потери полной мощности региона в результате ЧС различного генезиса, ГВт;

ΔP – потери полезной мощности региона в результате ЧС различного генезиса, ГВт;

Таким образом, с помощью представленных формул, можно рассчитать базовые индикаторы энергоэкологической оценки последствий ЧС различного генезиса [7].

Методика расчёта дополнительных индикаторов оценки энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса

К системе дополнительных индикаторов оценки энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса относятся следующие показатели:

1. Изменение мощности валюты региона в результате проявления ЧС различного генезиса, Вт/рубль;

2. Изменение экономического могущества региона в результате проявления ЧС различного генезиса, ГВт;

3. Изменение совокупного уровня жизни региона в результате проявления ЧС различного генезиса, кВт/чел;

4. Изменение качества окружающей среды региона в результате проявления ЧС различного генезиса;

5. Изменение качества жизни человека в регионе в результате проявления ЧС различного генезиса, кВт;

Формулы для расчёта дополнительных индикаторов оценки энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса будут иметь следующий вид:

$$\Delta P_p = \frac{P_p}{P_{p1} - P_{чс}} \quad (7)$$

ΔP_p – изменение мощности валюты региона, Вт/рубль;

P_p – полезная мощность региона, Вт;

P_{p1} – полезная мощность региона, выраженная в денежных единицах, рублях;

$P_{чс}$ – мощность ЧС, выраженная в денежных единицах, рублях.

$$\Delta P_3 = \Delta N \times \Delta КПД \times E_t \quad (8)$$

где ΔP_3 – изменение экономического могущества региона в результате проявления ЧС различного генезиса, ГВт;

ΔN – потери полной мощности региона в результате ЧС различного генезиса, ГВт;

$\Delta КПД$ – изменение коэффициента полезного действия региона в результате действия ЧС различного генезиса;

$E_t = 1$ – есть потребитель; 0 – нет потребителя.

$$\Delta U = \frac{\Delta P}{\Delta M} \quad (9)$$

где ΔU – изменение совокупного уровня жизни в результате проявления ЧС различного генезиса, кВт/человека;

ΔP – потери полезной мощности региона в результате ЧС различного генезиса, ГВт;

ΔM – потери численности населения региона от действия ЧС различного генезиса, человек.

$$\Delta g = \frac{\Delta G}{\Delta G1} \quad (10)$$

где Δg – изменение качества окружающей среды от действия ЧС различного генезиса;

ΔG – увеличение мощности потерь региона в результате действия ЧС различного генезиса, ГВт;

$\Delta G1$ – увеличение мощности потерь региона в результате действия ЧС различного генезиса за прошлый год, ГВт.

$$\Delta K_{ж} = T_{м} \times \Delta U \times \Delta g \quad (11)$$

где $\Delta K_{ж}$ – изменение качества жизни населения региона в результате проявления ЧС различного генезиса, кВт/человека;

$T_{м}$ – средняя нормированная продолжительность жизни в регионе, лет;

ΔU – изменение совокупного уровня жизни в результате проявления ЧС различного генезиса, кВт/человека;

Δg – изменение качества окружающей среды от действия ЧС различного генезиса.

Таким образом, с помощью представленных формул, можно рассчитать дополнительные индикаторы энергоэкологической оценки последствий катастроф различного генезиса [7].

Прогнозная оценка изменения энергетических мощностей региона в результате проявления катастроф различного генезиса

Единое общее мерло для всех катастроф мы можем найти лишь в социально-экономических последствиях катастроф — в природных и техногенных авариях. Это мерло – число жертв, а также размеры убытков. Однако при использовании этих данных нам приходится учитывать то обстоятельство, что в прошлом население Земли было много меньше, а цены имущества – много ниже, чем сейчас. Поэтому, если, например, в 1281 году в Западной Европе погибло при наводнении около 80 тысяч человек, то при нынешней населённости число жертв было бы гораздо больше. Мы можем условно считать, что число жертв и материальный ущерб сохраняется пропорциональным общему населению, и,

пользуясь данными о населении регионов в прошлые эпохи, рассчитать поправочные коэффициенты, на которые нужно умножить истинное число жертв, чтобы привести их к населённости 2000 года [14].

Используя данные численности населения за период с 1960 по 2010 годы (таблица 2), автором на примере Сибирского федерального округа (СФО) России были рассчитаны поправочные коэффициенты для расчёта убытков для всех субъектов СФО (таблица 3).

Таблица 2. Численность населения субъектов СФО [17]

Субъект СФО	1960 год	1970 год	1980 год	1990 год	2000 год	2010 год
Республика Алтай	157,1	168,2	172	190,8	202,9	206,2
Республика Бурятия	673,3	812,2	899,4	1038,2	981,2	972,7
Республика Тыва	171,9	230,8	267,6	308,5	305,5	307,9
Республика Хакасия	411	445,8	498,4	566,8	546,1	532,3
Алтайский край	2683,2	2670,2	2686,2	2631,3	2607,4	2419,4
Забайкальский край	1085,5	1210,6	1301	1452,4	1227,5	1106,6
Красноярский край	2615,1	2961,9	3198,5	3038,6	2966,1	2828,2
Иркутская область	1976,4	2313,4	2558	2824,9	2581,7	2428,7
Кемеровская область	2786,9	2918,3	2958,4	3171,1	2899,1	2763,4
Новосибирская область	2298,5	2505,2	2620,1	2778,7	2692,2	2665,9
Омская область	1645	1823,8	1956,8	2141,9	2079,2	1977,5
Томская область	746,8	785,7	866,7	1001,6	1046	1045,5
Всего	17249,7	18846,1	19983,1	21144,8	20134,9	19254,3

Таблица 3. Коэффициенты для приведения числа пострадавших и убытков при природных и техногенных катастрофах к уровню населения и ценам 2000 года

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

Средний расчётный материальный ущерб от техногенных и природных ЧС определяли по формуле:

$$Y_p = S \pm (Q \times N_{(2010-2000)}) \quad (12)$$

где Y_p – средний расчётный материальный ущерб от техногенных и природных ЧС в определённый год расчёта;

S – средние значения материального ущерба от ЧС техногенного и природного характера за период с 2000 по 2010 год;

Q – средний материальный ущерб на 1 человека от ЧС техногенного и природного характера, рублей за период с 2000 по 2010 год;

$N_{(2010-2000)}$ – изменение численности населения региона за период с 2000 года до 2010 года.

Важным моментом является определение отношения размера убытков, то есть полезной мощности (мВт) на одного человека при проявлении природных и техногенных ЧС.

$$N = \frac{\Delta P}{M} \quad (13)$$

где N – среднее значение размера убытков на одного человека (кВт, Ватт);

ΔP – величина изменения полезной мощности в случае проявления природных или техногенных ЧС, мВт;

M – число погибших, человек.

Зная значение среднего размера убытков на одного человека за *33 года*, можно говорить о *норме среднего размера убытков на одного человека*. Используя величину среднего размера убытков и *ставку дисконтирования* для конкретного года, можно определить *величину выплаты в случае проявления ЧС на конкретного пострадавшего или погибшего человека*. Причём производить это дифференцированно в зависимости от генезиса ЧС.

Прогнозная оценка последствий ЧС различного генезиса в отраслях экономики региона

Все чрезвычайные ситуации, наносящие потери отраслям экономики региона, выражаются в следующих видах ущерба:

- ущерб жизни и здоровью людей;
- экономический ущерб, связанный с материальными потерями в отрасли экономики;
- экологический ущерб.

Это принципиально разные виды ущерба, несводимые друг к другу и подлежащие раздельному учёту. Остановимся на первом – ущербе, связанном со смертельными случаями на производстве в различных отраслях экономики региона.

В России не существует официально признанной и хоть сколько-нибудь адекватной методики определения стоимости человеческой жизни, в то время как она просто необходима для расчёта компенсации и материальной помощи жертвам всевозможных катастроф и терактов. Первые практически применимые методики расчёта ценности человеческой жизни с точки зрения самого человека, подвергаемого риску гибели, изложены ещё в 1963 и 1965 гг. [23].

За рубежом в случае гибели людей на производстве выплачивается фиксированная сумма, которая изменяется каждый год в зависимости от инфляции [25].

В любом случае, в настоящее время как зарубежные, так и отечественные специалисты сходятся к мнению, что физический смысл экономического эквивалента жизни среднестатистического человека представляет собой сумму среднедушевых располагаемых денежных годовых доходов населения страны в расчете на одного умершего.

В контексте приведённой выше информации, формула для определения итоговых потерь в отраслях экономики региона от гибели людей на производстве будет выглядеть следующим образом:

$$P_{omp} = P \times K \times L \quad (14)$$

где P_{omp} – потери в отрасли экономики, кВт;

P – производительность труда в отрасли экономики региона, кВт/человека;

K – количество погибших в результате чрезвычайной ситуации в конкретной отрасли экономики региона, человек (смертельные случаи на производстве);

L – количество лет, которые человек не доработал до пенсии, лет.

Прогнозная оценка изменения энергетических мощностей региона в результате проявления ЧС различного генезиса за прошлые исторические периоды

При расчёте базовых показателей устойчивого развития мы основывались на следующих принципах:

1. Численность населения является наиболее оптимальным показателем для определения базовых показателей в исторической перспективе, так как значения данного показателя известны точно и имеют одинаковое значение для измерения в течение всей истории человечества и представленного региона.

2. Данные по ВРП региона не всегда представлены, особенно в 17-20 веках, что не позволяет точно опираться на этот показатель при расчёте индикаторов.

3. Административно-территориальное деление территории, в пределах, например, современной Томской области менялось на протяжении всей истории развития города Томска, что не позволяет точно определить численность населения в пределах современных границ Томской области, а, следовательно, и определить структуру потребления экономики региона на тот период.

4. При представлении данных рассчитываются основные индикаторы сначала для города Томска с 1604 года по 1944 год, год основания Томской области в современных границах, а в дальнейшем приводятся данные для всей Томской области в современных границах, начиная с 1944 года.

5. Методологической и методической основой для расчёта базовых показателей устойчивого развития Томской области служат принципы и взгляды, разрабатываемые в Международной Научной школе устойчивого развития [12].

В качестве базы для расчёта изменения энергетических мощностей региона от проявления катастроф различного генезиса используются коэффициенты для приведения числа пострадавших и убытков при природных и техногенных катастрофах к уровню населения и ценам 2000 года (таблица 3) а также формула 12 [7].

Прогнозная оценка социально-экономических последствий ЧС различного генезиса в случае гибели взрослого человека (ребёнка)

Важным моментом в определении социально-экономических последствий техногенных и природных чрезвычайных ситуаций является расчёт потерь в случае смерти взрослого человека или ребёнка. Мы исходили из того, что возраст взрослого человека, погибшего в случае чрезвычайной ситуации, равен среднему возрасту работников Томской области. Согласно [17], средний возраст работников Томской области равен 38,3 года. Вследствие того, что пол погибших неизвестен, то средний возраст выхода на пенсию мы определили в 57,5 года. Разница между выходом на пенсию и средним возрастом погибших в случае чрезвычайных ситуаций назовём недоработкой, и она равняется для Томской области 19,2 года. То есть, это то количество лет, которое человек не доработает до пенсии и не принесёт доход Томской области.

В случае смерти детей от чрезвычайных ситуаций недоработка составит 39,5 лет (57,5-18=39,5 лет). Формула для определения итоговых потерь от последствий чрезвычайных ситуаций будет выглядеть следующим образом:

$$П = У \times К \times Л \quad (15)$$

где П – потери региона в случае гибели человека;

У – совокупный уровень жизни на душу населения региона;

К – количество погибших в результате чрезвычайной ситуации;

Л – количество лет, которые человек не доработал до пенсии.

Интегрированный показатель: коэффициент неустойчивости биосферы с учётом плотности ЧС

Следующий энергоэкологический показатель устойчивого развития – неустойчивость биосферы – это отношение плотности полной мощности (антропогенной нагрузки) к константе Федотова, равной 70 кВт/км² [24].

Развивая методические основы энергетической оценки последствий ЧС различного генезиса, автором предложены следующие возможности оценки мощности ЧС:

$$K_{\text{чс}} = N_{\text{чс}}/S, \quad (16)$$

где $K_{\text{чс}}$ – коэффициент мощностной нагрузки ЧС или *плотность мощности ЧС*;

$N_{\text{чс}}$ – полная мощность ЧС;

S – площадь региона.

Различный генезис ЧС обусловлен, в основном, проявлением ЧС природного и техногенного характера. Следовательно, общий коэффициент мощностной нагрузки ЧС будет иметь следующий вид:

$$K_{\text{обчс}} = K_{\text{чс.техн}} + K_{\text{чс.прир}}, \quad (17)$$

где $K_{\text{обчс}}$ – плотность мощности ЧС;

$K_{\text{чс.техн}}$ – плотность мощности техногенных ЧС;

$K_{\text{чс.прир}}$ – плотность мощности природных ЧС.

С учётом плотности мощности ЧС, формула расчёта неустойчивости биосферы будет иметь следующий вид:

$$N_{\text{биос}} = P + K_{\text{чс}}/K_{\text{ф}}, \quad (18)$$

где $N_{\text{биос}}$ – неустойчивость биосферы;

P – плотность полной мощности, или антропогенная нагрузка;

$K_{\text{чс}}$ – плотность мощности ЧС, или коэффициент мощностной нагрузки ЧС;

$K_{\text{ф}}$ – константа Федотова (70 кВт/км²).

Важным моментом является оценка устойчивости экономики региона к воздействию ЧС различного генезиса. Коэффициент устойчивости экономики региона к воздействию ЧС будет выглядеть следующим образом:

$$K_{\text{уст.эк.}} = N_{\text{чс}}/P * 100\% \quad (19)$$

где $K_{\text{уст.эк.}}$ – коэффициент устойчивости экономики региона к воздействию ЧС;

$N_{\text{чс}}$ – полная мощность ЧС, ГВт;

P – ВРП региона (полезная мощность), ГВт.

Таким образом, на основе представленной методики можно не только наиболее полно и комплексно оценить ущерб от природных и техногенных ЧС, но и рассчитать такие важные показатели, как плотность мощности ЧС, антропогенная нагрузка (плотность полной мощности) и неустойчивость биосферы [7].

Энергоэкологический баланс катастроф различного генезиса

Энергоэкологический баланс ЧС различного генезиса представлен на рисунке 3.

Суть, отображённая на схеме жизнедеятельности Общества во взаимодействии с Природой и учётом воздействия ЧС различного генезиса **А. путь деградации или биосферной неустойчивости** (рисунок 2), 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 . В случае, отображённом на рисунке 2, 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.

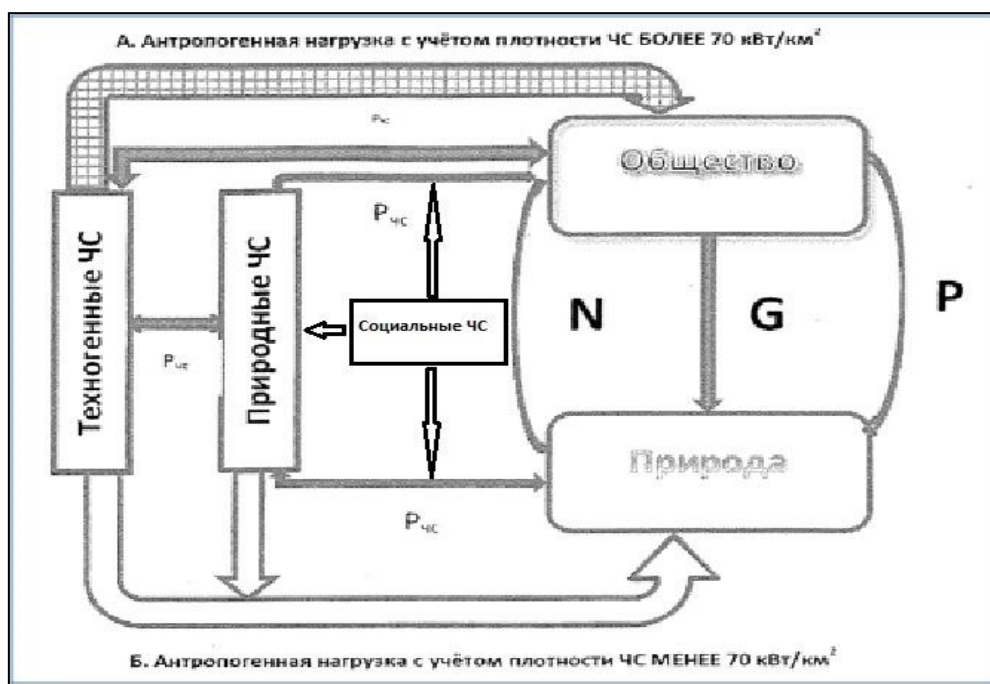


Рис. 2. Схема жизнедеятельности Общества во взаимодействии с Природой и учётом воздействия ЧС различного генезиса (А. путь деградации или биосферной неустойчивости; Б. путь устойчивого развития); N – полная мощность; P – полезная мощность; G – мощность потерь; $P_{чс}$ – мощность ЧС природного или техногенного происхождения

В случае воздействия ЧС различного генезиса (**Б. путь устойчивого развития**) (рис. 3), 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.

Индекс уровня безопасности катастроф (DSLII)

Все страны, исследуемые в рамках Индекса, оцениваются по 11 показателям, объединенным в три основные группы:

1. Индекс безопасности природных катастроф – мощность валуны, мощность катастроф природного характера, коэффициент мощностной нагрузки катастроф природного характера, плотность полной мощности или антропогенной нагрузки, неустойчивость биосферы, константа Федотова, неустойчивость биосферы с учётом мощности катастроф.

2. Индекс безопасности техногенных катастроф – мощность катастроф техногенного характера, коэффициент мощностной нагрузки катастроф техногенного характера.

3. Индекс безопасности социальных катастроф – мощность катастроф социального характера, коэффициент мощностной нагрузки катастроф социального характера.

$$DSL I = 1 - (N_{\text{биос.125}} + K_{\text{ОБ.чс.125}}) \quad (20)$$

где DSLI – индекс уровня безопасности катастроф;

$N_{\text{биос.125}}$ – плотность полной мощности или антропогенная нагрузка;

$K_{\text{ОБ.чс.125}}$ – плотности мощности катастроф по отношению к критическому значению константы Федотова (125 кВт на км²);

В случае, если значение **DSL I** превышает 0, уровень безопасности катастроф остаётся ниже критического уровня, то есть не приводит к экологической катастрофе. Если же значение **DSL I** стремится к 0, уровень безопасности катастроф стремится превысить критическое значение, то есть ведёт к экологической катастрофе. В случае, если значение **DSL I** принимает отрицательные значения, следовательно, уровень безопасности катастроф превышает критическое значение, то есть не только ведёт к экологической катастрофе, но и усиливает их отрицательные последствия.

Схематично это можно выразить так:

DSL I > 0, уровень безопасности катастроф *не соответствует значениям экологической катастрофы*; **DSL I ≤ 0**, уровень безопасности катастроф *ведёт к экологической катастрофе*; **DSL I < 0**, уровень безопасности катастроф *ведёт к усилению последствий экологической катастрофы*;

Источниками информации при построении Индекса служат специализированные базы данных CRED, официальная статистика ООН [9].

Заключение

1. В статье представлено новое направление в науке устойчивого развития — энергоэкология катастроф различного генезиса. Установлена связь (или соотношение) между наукой устойчивого развития и энергоэкологией катастроф. Установлена словесно-вербальная, логическая связь, математическая и физическая связь с реальным миром.

2. Отсутствие корректного формализованного описания оценки энергоэкологических последствий катастроф, согласованного с требованиями и принципами устойчивого развития и дающего соразмерять и соизмерять объект и предмет проектирования, приводит к ошибочным решениям, накоплению субъективной информации, делает невозможным определить вклад катастроф в устойчивость развития социально-экономических систем.

3. Введение меры «мощность» в проектирование устойчивого развития с учётом воздействия катастроф позволяет установить физически измеримую связь между потребностями и возможностями и сформулировать требования к формализации задач энергоэкологических последствий катастроф различного генезиса.

4. Использование универсальных мер, дает возможность рассматривать понятия разных предметных областей (в том числе и энергоэкологии катастроф) как проективное пространство с инвариантом, допускающее преобразование по определенным правилам. Все базовые понятия системы «природа—общество—человек» стали рассматриваться как группа преобразований с инвариантом. В качестве инварианта выступили общие законы природы, выраженные в пространственно-временных мерах.

5. Использование методологии энергоэкологии катастроф позволяет определить устойчивость и устойчивое развитие социально-экономических систем. При этом устойчивость социально-экономических систем определяется масштабами и последствиями катастроф, приводящих либо к полной, либо частичной деградации территорий. Устойчивое развитие территорий определяется требованием неумения и непрерывного во времени сокращения мощности катастроф.

6. Правила энергоэкологии катастроф действуют только для открытых систем, соблюдая которые приводят к сохранению развития Жизни как космопланетарного явления. Уменьшение мощности потерь от катастроф приводит к росту неубывающих темпов развития полезной мощности, что является одним из главных критериев устойчивого развития.

7. К базовым параметрам энергоэкологии катастроф относятся:

- 1) Мощность катастроф;
- 2) Плотность мощности катастроф (коэффициент мощностной нагрузки катастроф);
- 3) Плотность полной мощности или антропогенная нагрузка;
- 4) Неустойчивость биосферы;
- 5) Изменение полной мощности региона в результате проявления катастроф различного генезиса;
- 6) Изменение полезной мощности региона в результате проявления катастроф различного генезиса;
- 7) Увеличение мощности потерь региона в результате проявления катастроф различного генезиса;
- 8) Изменение КПД технологий региона в результате проявления катастроф;
- 9) Изменение мощности валюты региона в результате проявления катастроф различного генезиса;
- 9) Изменение экономического могущества региона в результате проявления катастроф различного генезиса;
- 10) Изменение совокупного уровня жизни региона в результате проявления катастроф различного генезиса;
- 11) Изменение качества жизни человека в регионе в результате проявления катастроф различного генезиса;
- 12) Изменение качества окружающей среды региона в результате проявления катастроф различного генезиса;
- 13) Коэффициент неустойчивости биосферы с учётом плотности катастроф;
- 14) Индекс уровня безопасности катастроф.

8. Формализованное описание последствий катастроф различного генезиса даёт возможность определить вклад катастроф в устойчивость социально-экономических систем, оценить мощность катастроф, а также служить научно-методической основой для проектирования информационно-аналитической системы анализа последствий катастроф различного генезиса.

9. Формализация последствий катастроф даёт возможность повысить эффективность управления устойчивым развитием территорий в условиях воздействий катастроф различного генезиса.

Литература

1. ГОСТ Р 22.0.02-94¹ «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий». — М, 1994.
2. Арнольд В.И. Теория катастроф. — М.: Наука, 1990. — 128 с.
3. Большаков Б.Е., Шамаева Е.Ф. Управление новациями: проектирование систем устойчивого инновационного развития. — Lambert Academic Publishing (Германия), 2013. — 301 с.
4. Большаков Б.Е. Региональное устойчивое инновационное развитие: технология проектирования и управления: учебное пособие / Б.Е. Большаков, Е.Ф. Шамаева. — Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2016. — 330 с.
5. Долгосрочная стратегия глобального устойчивого развития на базе партнерства цивилизаций. Доклад Международного коллектива ученых к Конференции ООН по устойчивому развитию РИО+20 (Бразилия, 2012 г.) / Под ред. проф. Ю. Яковца. - М.: МИСК, 2011. — 560 с.
6. Кнауб Р.В. Энергоэкология чрезвычайных ситуаций различного генезиса / Научный интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности», вып.3 (55), 2014, [Электронный ресурс], режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-3/18-03-14.ttb.pdf>, свободный. — С. 1-11.
7. Кнауб Р.В. Энергоэкологическая безопасность от чрезвычайных ситуаций различного генезиса как основа устойчивого развития региона / Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — 124 с.
8. Knaub R.V. Scientific and methodological support power ecological and economic security from emergencies of different origins for sustainable development of the region // Sustainable economic development of regions: Monograph, Volume 5/ ed. by L. Shlossman.

¹ Утратил силу; действует ГОСТ Р 22.0.02-2016 — прим. ред.

- Vienna: “East West” Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH, 2015.
– P. 59—79.
9. Кнауб Р.В. Индекс уровня безопасности катастроф (DSLII) / Наука и мир. 2016. № 4 (32). Том 1. – С. 90—96.
 10. Крон Г. Тензорный анализ сетей. — М., 1978. — 720 с.
 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. Кузнецов О.Л., Большаков Б.Е. Мироззрение устойчивого развития: учеб. пособие. — М.: РАЕН: Дубна: Ун-т «Дубна», 2013. — 221 с.
 13. Кузык Б.Н., Яковец Ю.В. Цивилизации: теория, история, диалог, будущее / Б.Н. Кузык, Ю.В. Яковец; — М.: Институт экономических стратегий. Т. VI: Перспективы становления интегральной цивилизации; авт. предисл. А.Д. Некипелов.— М.: Институт экономических стратегий, 2010. — 576 с.
 14. Кукал З. Природные катастрофы. — М.: Знание, 1985. — 240 с.
 15. Назарбаев Н.А. Глобальная энергоэкологическая стратегия устойчивого развития в XXI веке. М.: Экономика, 2011. — 194 с.
 16. Ожегов С. И. Словарь русского языка: Ок. 53 000 слов / Под общ. ред. проф. Л. И. Скворцова. — 24-е изд., испр.. — М.: Оникс, Мир и Образование, 2007. — 1200 с.
 17. Официальный сайт Росстата [Электронный ресурс], режим доступа: <http://www.gks.ru/>, свободный.
 18. Реймерс Н. Ф. Природопользование / Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
 19. Рудой А. Н. Четвертичная гляциогидрология гор Центральной Азии. Автореф. диссер. на соискание степени доктора географических наук, Томск, 1995. —37 с.
 20. Тажибаева Т.Л и др. Энергоэкология и управление устойчивым инновационным развитием / VIII Международный Беремжановский съезд по химии и химической технологии. Сб. докладов международного съезда, часть II. Изд-во Казахского национального университета имени аль-Фараби, 2015. – С. 263-267.
 21. Тарасова Н.П., Кручина Е.Б. Индексы и индикаторы устойчивого развития / Сборник материалов конференции «Устойчивое развитие: природа-общество-человек». Том 1. М., 2006. – С 127—144.

22. Тарасова Н.П., Кручина Е.Б. Индексы и индикаторы устойчивого развития / Сборник материалов конференции «Устойчивое развитие: природа-общество-человек». Том 1. М., 2006. – С 127—144.
23. Трунов И. Л., Айвар Л. К., Харисов Г. Х. Эквивалент стоимости человеческой жизни // Представительная власть — XXI век. Вып. 3 (69). – С. 24—29.
24. Федотов А.П. Развитие глобальной модели планеты Земля. Концентрированный доклад Римскому Клубу / М.: Аспект Пресс, 2008. — 64 с.
25. Фролов О. П. Стоимость человеческой жизни в России и за рубежом // Справочник специалиста по охране труда. № 2. 2010. – С 11—17.
26. Энергоэкология как основа устойчивого развития России: опыт, методология и перспективы: Монография / Белозеров Д.А., Денисова Н.Н., Закирова А.Н. и др.; Министерство образования Московской области; Государственный университет «Дубна»; Российская академия естественных наук; Под общ.ред. О.Л. Кузнецова, А.Т. Спицына. — Дубна: Государственный университет «Дубна», 2017. — 202 с.