

Р.В. Кнауб

(Национальный исследовательский Томский государственный университет;
e-mail: knaybrv@mail.ru)

ЭНЕРГОЭКОЛОГИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ГЕНЕЗИСА

Предложены методы оценки энергоэкологических последствий чрезвычайных ситуаций различного генезиса.

Ключевые слова: энергоэкология чрезвычайных ситуаций, безопасность.

R.V. Knaub

POWER ECOLOGY OF EMERGENCY SITUATIONS OF VARIOUS GENESIS

Methods of an assessment of power ecological consequences of emergency situations of various genesis are offered.

Key words: power ecology of emergency situations, safety.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 11 марта 2014 г.

Введение

Актуальным научным вопросом техносферной безопасности является изучение энергоэкологических последствий **чрезвычайных ситуаций (ЧС)** различного генезиса. Отсюда следует актуальная необходимость разработки методических основ комплексной оценки изменения энергетических мощностей субъектов РФ под действием чрезвычайных ситуаций различного генезиса. Это было сделано на примере субъектов **Сибирского Федерального Округа (СФО)**. Для более полного понимания вопроса перейдём к методике и методологии исследования.

Постановка задачи формализованного описания оценки энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса

Структура формализованного описания потерь мощности экономики региона при возникновении ЧС 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.

Решение задачи

I. Возможность приведения потерь от ЧС различного генезиса к одной единице измерения – мощности (Bm) 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 [1].

II. Предоставляется возможность используя совокупные последствия ЧС различного генезиса отобразить:

- а) изменения мощностей базовых индикаторов устойчивого развития региона;*
- б) изменения мощностей дополнительных индикаторов устойчивого развития региона [7].*

III. Система индикаторов энергетической оценки последствий ЧС различного генезиса:

- 1) Прогноз изменений энергетических мощностей региона в результате ЧС различного генезиса.*
- 2) Расчёт изменений энергетических мощностей региона в результате ЧС различного генезиса за прошлые исторические эпохи [3].*
- 3) Плотность мощности ЧС региона (коэффициент мощностной нагрузки ЧС).*
- 4) Методика прогноза последствий ЧС различного генезиса в отраслях экономики региона.*

IV. Дополнительные индикаторы мощностной оценки последствий ЧС различного генезиса:

- 1) Определение социально-экономических и экологических последствий ЧС различного генезиса в случае гибели взрослого человека (ребёнка) [4].*
- 2) Коэффициент устойчивости экономики региона к воздействию ЧС [6].*

V. Интегрированный показатель:

- 1. Коэффициент неустойчивости биосферы с учётом плотности ЧС [6].*

VI. Пространственно-временная динамика индикаторов устойчивого развития с учётом ЧС различного генезиса [5, 6].

Взаимосвязь методологии, методов и методик исследования энергетических потерь экономики региона от ЧС различного генезиса представлена на рис. 1.

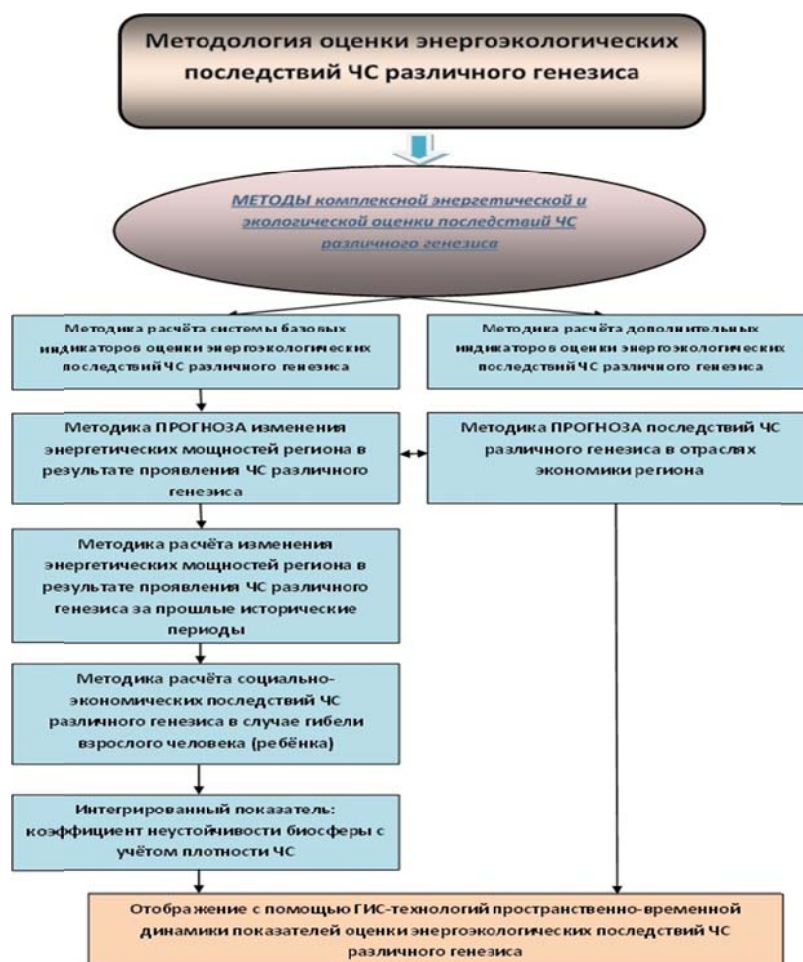


Рис. 1. Взаимосвязь методологии, методов и методик исследования оценки энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса

Методика расчёта системы базовых показателей энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса

К системе базовых для энергоэкологической оценки последствий ЧС различного генезиса относятся следующие показатели:

1. Изменение полной мощности региона при ЧС различного генезиса, $гВт$.
2. Изменение полезной мощности региона при ЧС различного генезиса, $гВт$.
3. Увеличение мощности потерь региона при ЧС различного генезиса, $гВт$.
4. Изменение КПД технологий региона при ЧС различного генезиса, $гВт$.

Формулы для расчёта базовых показателей энергоэкологической оценки последствий ЧС различного генезиса будут иметь следующий вид:

$$\Delta N = N - P_{\text{ЧС}}, \quad (1)$$

где ΔN – потери полной мощности региона в результате ЧС различного генезиса, $гВт$;

N – полная мощность региона, $гВт$;

$P_{\text{ЧС}}$ – мощность ЧС различного генезиса, $гВт$.

$$\Delta P = P - P_{\text{чс}}, \quad (2)$$

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

P – полная мощность региона, зВт .

$$\Delta G = G + P_{\text{чс}}, \quad (3)$$

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

G – потери мощности региона, зВт .

$$\Delta \text{КПД} = \frac{\Delta P}{\Delta N}, \quad (4)$$

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

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

ΔP – потери полезной мощности региона в результате ЧС различного генезиса, зВт .

Таким образом, с использованием представленных формул можно рассчитать базовые показатели энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса [7].

Методика расчёта дополнительных показателей энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса

К системе дополнительных для энергоэкологической оценки последствий ЧС различного генезиса относятся следующие показатели:

1. Изменение "мощности валюты" региона в результате ЧС различного генезиса, Вт/руб.

2. Изменение экономического могущества региона в результате ЧС различного генезиса, зВт .

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

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

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

Формулы для расчёта дополнительных показателей энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса будут иметь следующий вид:

$$\Delta P_p = \frac{P_p}{P_{p1} - P_{\text{чс}}}, \quad (5)$$

где ΔP_p – изменение "мощности валюты" региона, Вт/руб. ;

P_p – полная мощность региона, Вт ;

P_{p1} – полная мощность региона, выраженная в рублях;

$P_{\text{чс}}$ – мощность ЧС, выраженная в рублях.

$$\Delta P_э = \Delta N \times \Delta \text{КПД} \times E_t, \quad (6)$$

где $\Delta P_э$ – изменение экономического могущества региона в результате ЧС различного генезиса, зВт ;

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

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

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

$$\Delta U = \frac{\Delta P}{\Delta M}, \quad (7)$$

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

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

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

$$\Delta g = \frac{\Delta G}{\Delta G_1}, \quad (8)$$

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

ΔG – увеличение мощности потерь региона в результате ЧС различного генезиса, $гВт$;

ΔG_1 – увеличение мощности потерь региона в результате ЧС различного генезиса за прошлый год, $гВт$.

$$\Delta K_{жс} = T_m \times \Delta U \times \Delta g, \quad (9)$$

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

T_m – средняя нормированная продолжительность жизни в регионе, лет;

ΔU – изменение совокупного уровня жизни в результате ЧС различного генезиса, $кВт/чел$.

Таким образом, с использованием представленных формул можно рассчитать дополнительные показатели энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса [7].

Методика прогноза изменений энергетических мощностей региона в результате ЧС различного генезиса

Единое общее мерило для всех ЧС мы можем найти лишь в социально-экономических последствиях ЧС. Это мерило – 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 г. в Западной Европе погибли при наводнении около 80 тыс. человек, то при нынешней населённости число жертв было бы гораздо больше. Мы можем условно считать, что число жертв и материальный ущерб сохраняются 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 г. [2].

Используя данные о численности населения за период с 1960 по 2010 г. (табл. 1), автором были рассчитаны поправочные коэффициенты для убытков всех субъектов СФО (табл. 2).

Таблица 1

Численность населения субъектов СФО, тыс. чел. [5]

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 2

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

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:

$$Y_p = S \pm (Q \times N_{(2010-2000)}), \quad (10)$$

где Y_p – средний расчётный материальный ущерб от ЧС техногенного и природного характера за год;

S – средний материальный ущерб от ЧС техногенного и природного характера за период с 2000 по 2010 г.;

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

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

Методика прогноза последствий ЧС различного генезиса в отраслях экономики региона

Все чрезвычайные ситуации наносят потери отраслям экономики региона следующие виды ущерба:

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

Это принципиально разные виды ущерба, подлежащие отдельному учёту. Остановимся на ущербе, связанном со смертельными случаями на производстве.

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. [8].

За рубежом в случае гибели людей на производстве выплачивается фиксированная сумма, которая изменяется каждый год в зависимости от инфляции [10].

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 расчёте 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:

$$P_{отр} = P \times K \times L, \quad (11)$$

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

P – производительность труда в отрасли экономики региона, $кВт/чел.$;

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

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

Методика расчёта изменений энергетических мощностей региона в результате 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 *валовому региональному продукту (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 современных субъектов СФО менялось на протяжении всей истории развития, что не позволяет точно определить численность населения в пределах современных границ конкретной области, а, следовательно, и определить структуру потребления экономики региона на тот период.

4. Методологической и методической основой для расчёта базовых показателей устойчивого развития послужили принципы и взгляды, разрабатываемые в Международной научной школе устойчивого развития [1].

В качестве базы для расчёта изменения энергетических мощностей региона от ЧС различного генезиса использовались коэффициенты для приведения числа пострадавших и убытков при природных и техногенных катастрофах к уровню населения и ценам 2000 г. (табл. 2), а также формула 10 [5].

Методика расчёта социально-экономических последствий ЧС различного генезиса в случае гибели человека

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 региона. Например, согласно [4], 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. Формула для определения итоговых потерь от последствий чрезвычайных ситуаций будет выглядеть следующим образом:

$$P = U \times K \times L, \quad (12)$$

где P – потери региона в случае гибели человека;

U – совокупный уровень жизни на душу населения региона;

K – количество погибших в результате чрезвычайной ситуации;

L – 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/км^2 [9].

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

$$K_{\text{чс}} = N_{\text{чс}}/S, \quad (13)$$

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:

$$K_{\text{обчс}} = K_{\text{чстехн}} + K_{\text{чсприр}}, \quad (14)$$

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

$K_{\text{чстехн}}$ – плотность мощности техногенных ЧС;

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

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

$$N_{\text{биос}} = P + K_{\text{чс}}/K_{\text{ф}}, \quad (15)$$

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/км^2).

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

$$K_{\text{уст.эк.}} = N_{\text{чс}}/P \cdot 100\%, \quad (16)$$

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

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

P – ВРП (полезная мощность), гВт .

Энергоэкологический баланс ЧС различного генезиса

Энергоэкологический баланс ЧС различного генезиса показан на рис. 2.

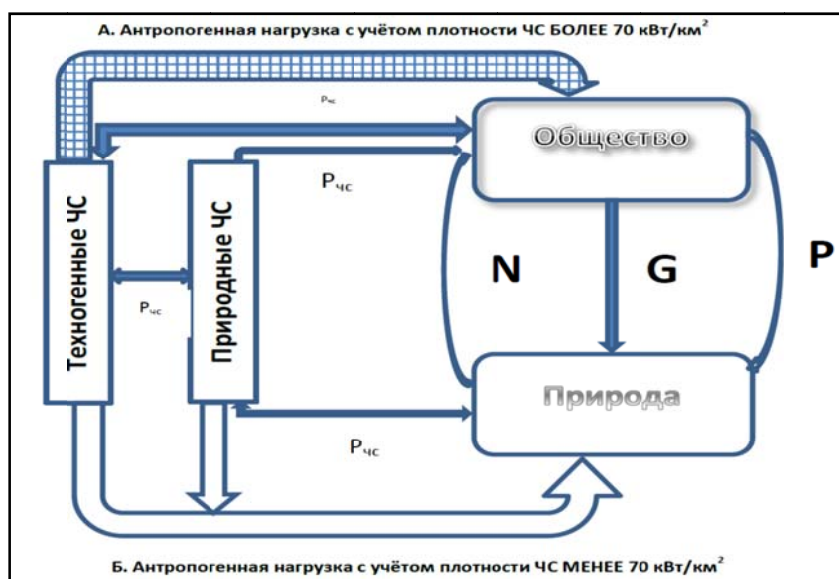


Рис. 2. Схема жизнедеятельности общества во взаимодействии с природой и учётом воздействия ЧС различного генезиса:

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

Суть, отображённая на схеме жизнедеятельности общества во взаимодействии с природой и учётом воздействия ЧС различного генезиса заключается в следующем: антропогенная нагрузка, оказывающая воздействие на природу и общество, с учётом мощностной нагрузкой ЧС, не должна превышать 70 кВт/км^2 . В примере, отображённом на рис. 2, в одном случае 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 другом случае антропогенная нагрузка с учётом мощности ЧС различного генезиса не превышает значения 70 кВт/км^2 , соответственно, энергоэкологический баланс ЧС не нарушается и сохраняется путь устойчивого развития природы и общества.

Заключение

1. Предложены методы оценки энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса.

2. Важным моментом является то, что предложенные методы нашли функциональное отображение предметной области в концептуальной модели на основе методологии Научной школы устойчивого развития. Из этого следует, что все показатели энергоэкологических последствий ЧС различного генезиса отражают изменения и отрицательную динамику индикаторов устойчивого развития региона. Тем самым отражаются изменения мощности системы "природа-общество-человек" под воздействием ЧС различного генезиса изучаемого региона.

Литература

1. **Большаков Б.Е.** Наука устойчивого развития: книга I MERA. <http://lt-nur.uni-dubna.ru/> 2001.
2. **Закономерности** в природных катастрофах. М.: Знание, 1985. 48 с.
3. **Кнауб Р.В.** Оценка фундаментальных индикаторов устойчивого развития на примере Томского региона в историческом контексте // Электронное научное издание "Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление", том 7 № 3 (12), 2011, ст. 5. <http://rypravlenie.ru/?p=1052>.
4. **Кнауб Р.В.** Методические основы комплексной оценки социально-экономических и экологических последствий природных и техногенных чрезвычайных ситуаций на примере Томской области // Электронное научное издание "Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление", том 7 № 4 (13), 2011, ст. 9. <http://www.rypravlenie.ru/?p=1076>.
5. **Кнауб Р.В.** Комплексная оценка ущерба природных и техногенных катастроф на примере Сибирского Федерального Округа // Электронное научное издание "Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление", том 8 № 1 (17), 2012, ст. 7. <http://www.rypravlenie.ru/?p=1242>.
6. **Кнауб Р.В.** Энергоэкологические показатели устойчивого развития субъектов Сибирского федерального округа // Электронное научное издание "Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление", том 9 № 3 (20), 2013, ст. 2. <http://www.rypravlenie.ru/?p=1536>.
7. **Кнауб Р.В.** Методика оценки энергоэкологического влияния чрезвычайных ситуаций различного генезиса на устойчивость экономики региона // "Управление экономическими системами: электронный научный журнал", № 12 (60), 2013. <http://uecs.ru/regionalnaya-ekonomika/item/2688-2013-12-27-08-14-36>.
8. **Трунов И.Л., Айвар Л.К., Харисов Г.Х.** Эквивалент стоимости человеческой жизни // Представительная власть – XXI век. Вып. 3 (69), С. 24-29.
9. **Федотов А.П.** Развитие глобальной модели планеты Земля. Концентрированный доклад Римскому Клубу. М.: Аспект Пресс, 2008. 64 с.
10. **Фролов О.П.** Стоимость человеческой жизни в России и за рубежом // Справочник специалиста по охране труда. № 2. 2010.