

Сравнение последствий для населения различных факторов опасности

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72

© Технологии гражданской безопасности, 2022

В.М. Поляков, Б.А. Галушкин, З.С. Агаларов, Л.В. Краснова

Население подвергается действию различных факторов опасности. Ущерб, наносимый людям действием этих факторов, не сопоставим в силу разных подходов к его оценке. Авторы статьи предлагают единый подход к оценке ущерба, используя показатель — потеря определенной части времени жизни вследствие действия опасных факторов.

Ключевые слова: риск; средняя продолжительность жизни; сокращение продолжительности жизни; факторы опасности.

Comparison of Various Hazard Factors Consequences for the Population

ISSN 1996-8493

DOI:10.54234/CST.19968493.2022.19.2.72

© Civil Security Technology, 2022

V. Polyakov, B. Galushkin, Z. Agalarov, L. Krasnova

Abstract

Population is exposed to various risk factors. Damage caused to people by these factors action is not comparable due to different approaches to its assessment. The authors of the article propose a unified approach for assessing damage using the indicator — the loss of a certain part of life time as a result of the dangerous factors.

Key words: risk; average lifetime; shortening of lifetime; hazard factors.

04.03.2022

Среда обитания людей подвержена изменениям, связанным с их жизнедеятельностью. Развитие общества идет столь быстрыми темпами и приводит к таким изменениям природы, что наряду с исторически сложившимися уровнями опасности для населения различных природных факторов появились новые виды опасности и усилилось действие традиционных. В этих условиях естественно возникает задача сравнения этих многочисленных опасностей по степени наносимого ими вреда населению [1, 7, 8, 9, 10].

Известен подход к оценке причиняемого населению ущерба опасными и вредными факторами, эффективности защитных и природоохранных мероприятий подобный применяемому к оценке эффективности инвестиционных проектов, направленных на получение прибыли [12]. При этом денежные затраты на проведение мероприятий сопоставляются, например, с величиной дополнительно полученного внутреннего валового национального дохода, вследствие сохранения жизни и здоровья работников (НРБ 99–2009: Для обоснования расходов на радиационную защиту при реализации принципа оптимизации принимается, что облучение в коллективной эффективной дозе в 1 чел.-Зв приводит к потенциальному ущербу, равному потере 1 чел.-года жизни населения. Величина денежного эквивалента потери 1 чел.-года жизни населения устанавливается методическими указаниями федерального органа Госсанэпиднадзора в размере не менее одного годового душевого национального дохода).

При таком подходе просто сформулировать задачу поиска оптимального [11] уровня защиты. Но это формальная сторона вопроса. На самом же деле при реализации такого подхода возникает ряд причин его не применять. Оставляя в стороне моральную сторону, отметим, что такие расчеты не могут дать достоверные и сопоставимые результаты. Дело в [13]:

недостоверности исходных данных, применяемых в подобных расчетах, и оценок получаемых результатов;

проблемах с учетом фактора времени реализации экономического эффекта от увеличения продолжительности жизни работников или сохранения окружающей среды и затрат на его получение. На наш взгляд, для решения проблемы оценки эффективности природоохранных мероприятий и обоснования мероприятий по защите жизни и здоровья людей может быть использован другой подход [14].

Дело в том, что в любом обществе в зависимости от различных причин, порождаемых экономическими, социальными, историческими особенностями его развития, формируются требования к уровню личной и общественной безопасности. Эти требования постепенно сближаются, но в силу экономических возможностей государств, традиций по восприятию опасностей (что русскому хорошо, то немцу смерть) остаются пока и различия в восприятии опасности. В результате в каждом обществе формируется тенденция к установлению равновесия между требованиями населения к качеству жизни, в том числе и к таким компонентам, его составляющим, как безопасность, и возможностями общества по ее обеспечению. В этих условиях направление

избыточного количества средств для предотвращения, например, загрязнения водных ресурсов приведет к недостатку средств, направляемых в здравоохранение или обеспечение общественного порядка.

Чрезмерное внимание, скажем, к предупреждению возможных последствий радиационных аварий может привести к большему ущербу для жизни и здоровья людей из-за недофинансирования строительства автомобильных дорог, охраны лесов или водных ресурсов. Опасность дисбаланса между различными факторами опасности и их последствий, с одной стороны, и затратами на защиту населения, с другой, усиливается вследствие тех или иных редких событий, время от времени привлекающих внимание общественности. При этом возникающий риск людьми в условиях этих событий переоценивается. Этот феномен в настоящее время хорошо изучен и описан, в частности, в трудах Нобелевского лауреата Д. Канемана [4]. В результате представления об опасности, возникающей по разным причинам, искажаются не только на бытовом уровне, но и в среде руководителей, от которых зависит формирование политики государства в области обеспечения безопасности населения.

В связи с этим сравнительная количественная оценка наносимого людям вреда вследствие действия опасных и вредных факторов различной природы является важной задачей, решение которой поможет в обосновании государственной политики в области безопасности и защиты населения в мирное время. Имеется статистика случаев гибели людей по различным причинам. На основании этой статистики вычисляются риски (вероятности) погибнуть случайно выбранного жителя страны по тем или иным причинам. Величина рисков может служить оценкой наносимого вреда тем или иным фактором опасности. Эти риски выражаются (приравниваются) для многих причин опасности, как вероятности для среднестатистического индивидуума погибнуть в течение года по той или иной причине. Данные по таким рискам представлены в табл. 1.

Эти данные получены на основании статистики 2000 года и несколько устарели, но в то же время дают общую картину опасности для населения. На данном этапе исследования мы посчитали их применимыми для демонстрации метода сравнительного анализа вреда, предлагаемого нами.

Численность населения России в 2000 году составляла 145 миллионов 500 тысяч человек. Мы эту таблицу позаимствовали из работы [5]. Отметим, что таблица в цитируемой работе называется «Индивидуальный риск преждевременного фатального исхода для населения России», что неверно. Так же ошибочно поименован правый столбец как «Уровень риска или вероятность преждевременной смерти». Судя по приведенным данным и расчетам, в данной таблице приводятся лишь величины вероятностей подвергнуться среднестатистическому жителю России тому или иному воздействию в течение года, приводящему к смерти, что не одно и то же, как утверждает автор работы [5], что и риск преждевременного фатального исхода для населения России.

Таблица 1
Годовые смертельные риски погибнуть по разным причинам для условий России

Причина несчастного случая	Общее число смертей за 2000 год	Вероятность подвергнуться смерти в год
Болезни кровообращения	1 222 711	$8,4 \times 10^{-3}$
Раковые опухоли	296 858	2×10^{-3}
Самоубийства	56 568	4×10^{-4}
Убийства	40 532	$2,8 \times 10^{-4}$
Автомобильный транспорт	39 341	$2,7 \times 10^{-4}$
Отравление алкоголем	33 979	$2,3 \times 10^{-4}$
Туберкулез	29 585	2×10^{-4}
Утопление	15 866	$1,1 \times 10^{-4}$
Взрывы и пожары	460	$3,2 \times 10^{-5}$
Теракты	62	$4,3 \times 10^{-7}$
Авиакатастрофы	50	$3,4 \times 10^{-7}$
Водный транспорт	33	$2,2 \times 10^{-7}$
Сход снежных лавин и сели	26	$1,8 \times 10^{-7}$
Аварии на железных дорогах	3	2×10^{-8}
Сильные ветры	2	$1,3 \times 10^{-8}$
Общее число жертв	1 736 076	$1,19 \times 10^{-2}$

В практике оценки последствий радиационного облучения [15, 16] используются следующие показатели риска:

1) избыточный пожизненный риск, являющийся разностью между долей людей в облученной популяции, у которых развилось данное заболевание или которые умерли в результате его развития, и соответственной долей в необлученной популяции;

2) риск радиационно-индуцированной смерти, который определяется как разность между уровнями смертности по данной причине в облученной и необлученной популяциях для заданного пола и возраста на момент облучения, становящегося дополнительной причиной смерти в облученной популяции;

3) сокращение продолжительности жизни, которое описывает данное заболевание в отношении сокращения продолжительности жизни из-за изучаемого облучения;

4) пожизненный атрибутивный риск, который описывает избыточную смертность (или заболеваемость) за период наблюдения за популяционными фоновыми уровнями смертности (или заболеваемости), обнаруженными у облученной популяции.

Эти показатели связаны между собой, имеют одну и ту же статистическую базу. Для сравнительного анализа вреда, наносимого другими причинами, кроме радиационного воздействия, мы использовали третий и четвертый показатели. Как видно из данных

табл. 1, показатели, используемые при оценке вреда, и годовые риски погибнуть по какой-то другой, кроме облучения, причине сами по себе не сопоставимы с показателями радиационного риска. В итоге не видна сравнительная картина опасности, складывающаяся в результате действия различных видов техногенных и природных опасных и вредных факторов. Для того чтобы сопоставить эти данные, необходимо привязать их к единому показателю. За основу сравнения авторы статьи приняли подход, представленный в публикациях Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ). В радиационной безопасности рассматриваются детерминированные и стохастические последствия воздействия. Как известно, первые могут появляться уже при поглощенной дозе в один Гр. Такое облучение и выше могут получать жители в военное время и в исключительных случаях работники радиационно опасных объектов в условиях аварий [15]. То есть, такие случаи не являются столь же обыденными как погибнуть на дороге в автокатастрофе или умереть от инфаркта. Поэтому мы исключили из сравнения риски, связанные с детерминированными последствиями облучения. Эти ситуации для повседневной жизни скорее экзотические. При более низких дозах облучения имеют место стохастические эффекты, которые так же могут приводить к смерти [15]. То есть вред от облучения низкими дозами радиации, по нашему мнению, становится сравним реализацией случайности попадания человека в опасную ситуацию на дороге, при природных катаклизмах и т.д., и тем более гибелью от болезней, не вызванных воздействием радиации. У каждого из нас своя судьба, но в совокупности гибель жителей по тем или иным причинам лишь статистика. И от действия той или иной причины среднестатистический человек с определенной вероятностью не доживет определенное количество лет.

В трудах МКРЗ оценки риска привязываются к популяции в целом. Нет разделения категорий населения по возрасту и полу. Расчеты риска с учетом этих факторов приводятся, например, в работе [6], но воспользоваться такими данными мы не можем, поскольку риски гибели по другим причинам даны по отношению к популяции в целом.

Начнем с опасных последствий воздействия радиации. Оценки последствий облучения населения в результате действия различных причин, персонала в условиях повседневной деятельности и аварийных ситуациях даются в публикациях Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ). В них компетентными специалистами обобщаются исследования на эту тему, проводимые в различных странах. Воспользуемся данными табл. 2 [15].

Таблица 2
Номинальные коэффициенты ущерба для стохастических эффектов (10^{-2}Зв^{-1}) после облучения радиацией низкой мощности

Публикация	Рак		Наследственные заболевания		Всего	
	Население в целом	Работники	Население в целом	Работники	Население в целом	Работники
2007 г.	5,5	4,1	0,2	0,1	5,7	4,2

С помощью этих коэффициентов можно рассчитать смертельный риск облучения в 100 мЗв.год, являющийся референтной дозой облучения для населения в результате аварии и дозой, допустимой для лиц, по особому согласованию участвующих в аварийных работах [2]:

$$5,7 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}^{-1} \cdot 100 \text{ мЗв} = 5,7 \cdot 10^{-3}.$$

Смысл этих коэффициентов — вероятность сокращения длительности периода полноценной жизни в среднем от одного до пятнадцати лет на один стохастический эффект (от смертельного рака, серьезных наследственных эффектов и несмертельного рака, направленного по вреду к последствиям от смертельного рака). Таким образом, риск (вероятность) умереть среднестатистическому россиянину до достижения средней продолжительности жизни раньше, от 1-го года до 15 лет, при облучении дозой в 100 мЗв, по данным табл. 3, составит 0,0057.

Далее мы рассуждали следующим образом. Средняя продолжительность жизни в РФ в 2020 году составила 73 года. В результате действия i -го опасного фактора среднестатистический житель может погибнуть в течение любого выбранного года с вероятностью q_i . Тогда вероятность не погибнуть по этой же причине в течение этого же года составит $p_i = (1 - q_i)$. Тогда вероятность q_{im} не дожить от одного года до m лет по причине i фактора составит для среднестатистического россиянина:

$$q_{im} = \sum_{j=1}^{j=m} (p_i^{73-j}) q_i. \quad (1)$$

Величину m принимаем в данных расчетах 15 лет (потеря до пятнадцати лет жизни). В формуле (1) p_i^{73-j} — представляет собой вероятность не погибнуть в течение $73 - j$ лет по i причине. При расчетах вероятности q_{im} для некоторых причин сокращения жизни i мы предполагали, что риски возникают не с момента рождения, а позже. Так по причине алкоголизма мы предположили, что риск возникает, начиная с 20 лет. Так же мы посчитали, что риск погибнуть от Covid-19 также появляется после 20 лет. Склонность к самоубийству, а значит и соответствующий риск, возникает с 12 лет. Также при расчете вероятности потери до 15 лет жизни в результате заболевания Covid-19 мы условно приняли, что это заболевание стало сезонным, и в будущем сохранится такое же количество ежегодно умирающих от него, как это было в 2020 году. Эта оценка риска явно завышена. Результаты расчетов вероятности (риска) потери до 15 лет жизни по перечисленным причинам представлены в табл. 3.

При анализе данных табл. 2 следует обратить внимание на то, что вычисление рисков с точностью до 7-го знака для всех причин потери части продолжительности жизни соответствует представлению использованных при вычислении вероятности сокращения продолжительности жизни на 15 лет исходных данных — данных официальной статистики.

Таблица 3

Вероятности сокращения срока жизни

Причины уменьшения продолжительности жизни	Вероятности сокращения жизни на срок до 15 лет
Сердечно-сосудистые заболевания	0,0728673
Раковые опухоли	0,0263404
Самоубийства	0,0058741
Убийства	0,0044131
Автомобильный транспорт	0,0039795
Отравление алкоголем	0,0034145
Туберкулёз	0,0029612
Утопление	0,0016382
Взрывы и пожары	0,0004790
Теракты	0,0000064
Авиакатастрофы	0,0000051
Водный транспорт	0,0000033
Сход снежных лавин и сели	0,0000027
Аварии на железных дорогах	0,0000003
Сильные ветры	0,0000002
Covid-19	0,0141476
Получение дозы облучения 100 мЗв	0,0057000

В работе [2] сравниваются последствия радиационного облучения, полученного населением при аварии на ЧАЭС и от новой эпидемии Covid-19, но интегральной количественной оценки сравнительных последствий не дается. Мы впервые приводим такую оценку. Отметим также, что вероятности подвергнуться смерти в течение года, приведенные в табл. 1, по сути относятся ко всей популяции россиян и сами эти события реализуются повседневно. Смертельный же риск, возникающий при облучении дозой в 100 мЗв, является условным. Он возникает при условии реализации довольно редких событий — аварий на радиационно опасных объектах, и риску подвергается ограниченное количество жителей.

Таким образом, смертельный риск, возникающий при получении дозы 100 мЗв, оказывается сопоставимым по числу потерянных лет жизни, связанных с риском потери части времени жизни при автомобильной катастрофе, при отравлении алкоголем, туберкулезе, при убийстве и самоубийстве. На первом месте в качестве причин недожития остаются сердечно-сосудистые и онкологические заболевания. Отсюда понятно, на что должны быть направлены в первую очередь усилия государства по сохранению своего населения. Что касается опасности Covid-19, то она явно переоценена, поскольку в расчетах смертельного риска по этой причине принят слишком мрачный, по нашему мнению, сценарий развития этой эпидемии.

Кроме того, дать более точные оценки развития эпидемии на данном этапе не представляется возможным; в связи с чем полученную нами оценку риска для Covid-19 будем считать оценкой «сверху».

Литература

1. Акимов В. А., Крапухин В. В., Иванова Е. О., Сушев С. П. Предварительное ранжирование адаптационных мероприятий по степени их приоритетности в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 2 (68). С. 9–13.
2. Бушманов А. Ю., Галстян И. А., Соловьев В. Ю., Кончаловский М. В. Уроки для здравоохранения: авария на ЧАЭС и пандемия Covid-19. // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2020. Т. 65. № 3. С. 79–84.
3. Галушкин Б. А., Богданова Л. С. Современное состояние нормирования дозы облучения лиц, привлекаемых к ликвидации радиационных аварий // Технологии гражданской безопасности. 2019. Т. 16. № 1 (59). С. 84–91.
4. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро. М.: АСТ, 2014. 331 с.
5. Касьяненко А. А. Современные методы оценки рисков в экологии: Учеб. пособ. М.: Изд-во РУДН, 2008. 271 с.
6. Меняйло А. Н., Кашеев В. В., Пряхин Е. А., Чекин С. Ю., Максютов М. А., Туманов К. А., Иванов В. К. Прогноз радиационных рисков населения на загрязненных 137 Cs территориях России в соответствии с современными рекомендациями МКРЗ // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2020. Т. 65. № 3. С. 45–52.
7. Олтян И. Ю., Арефьева Е. В., Коровин А. И. Совершенствование оценки состояния защиты населения субъектов Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. Спецвыпуск. С. 35–41.
8. Олтян И. Ю., Жданенко И. В. Оценка потенциальной уязвимости общества, экономики и государства перед природными и техногенными угрозами // Технологии гражданской безопасности. 2019. Т. 16. № 2 (60) С. 8–15.
9. Олтян И. Ю., Коровин А. И. Оценка состояния защиты населения субъектов Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. Спецвыпуск. С. 29–34.
10. Поляков В. М., Агаларов З. С. Метод оценки экологического риска для населения на территориях вне зон планирования неотложных мер защиты вокруг АС // Проблемы анализа риска. 2020. № 5. С. 34–47.
11. Поляков В. М. Агаларов З. С. Методы оптимизации: Учеб. пособ. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К*», 2021. 86 с.
12. Поляков В. М., Агаларов З. С. Методы оценки эффективности управленческих решений: Моногр. М.: Ин-т микроэкономики, 2016. 55 с.
13. Поляков В. М., Агаларов З. С. Неопределенность и риск инвестиционных проектов // Микроэкономика. 2019. № 1. С. 35–39.
14. Поляков В. М. Оценка эффективности природоохранных мероприятий // Тезисы докладов X Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» / МГРИ-РГГРУ. М.: ЗАО Экстра-Принт. 2011. Т. 3. 299 с. С. 38.
15. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ) / Пер с англ. / Под общ. ред. М. Ф. Киселева и Н. К. Шандалы. М.: Изд. ООО ПКФ «Алана». 2009. 344 с.
16. Чекин С. Ю., Ловачев С. С., Кашеев В. В., Максютов М. А., Власов О. К., Щукин Н. В. Исследование современных моделей радиационных рисков НКДАР ООН, МКРЗ и ВОЗ при их применении для оценки радиационных рисков в ситуациях аварийного облучения // Радиация и риск: Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра. 2020. Т. 2. С. 5–20.

Сведения об авторах

Поляков Владимир Михайлович: д.т.н., ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе», проф. каф. математики. Москва, Россия. SPIN-код: 7763-5664.

Галушкин Борис Александрович: д.т.н., проф., Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна Федерального медико-биологического агентства России, в.н.с. Москва, Россия. SPIN-код: 4054-9900.

Агаларов Зураб Сардарович: к.э.н., ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе», доц. каф. математики. Москва, Россия. SPIN-код: 4430-1398.

Краснова Любовь Викторовна: к. э. н., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), с. н. с. науч.-исслед. отдела. Москва, Россия. SPIN-код: 6524-6195.

Information about authors

Polyakov Vladimir M.: ScD (Technical Sc.), Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze, Professor of the Department of Mathematics. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 7763-5664.

Galushkin Boris A.: ScD (Technical Sc.), Professor, Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan Federal Medical and Biological Agency of Russia, Leading Researcher. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 4054-9900.

Agalarov Zurab S.: PhD (Economics Sc.), Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze, Associate Professor of the Department of Mathematics. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 4430-1398.

Krasnova Lyubov V.: PhD (Economic Sc.), All-Russian Research Institute for Civil Defense And Emergencies, Senior Researcher, Research Department. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 6524-6195.

Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Авторы, название	URL
Наука и технологии обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях: Материалы мероприятий деловой части программы, организатором которых выступил ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Часть I	https://elibrary.ru/item.asp?id=47150447
Наука и технологии обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях: Материалы мероприятий деловой части программы, организатором которых выступил ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Часть II	https://elibrary.ru/item.asp?id=47233683
Болов В.Р. и др. Современные системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Монография	http://elibrary.ru/item.asp?id=20425128
Акимов В.А. и др. Риски аварий в сфере жилищно-коммунального хозяйства России	http://elibrary.ru/item.asp?id=29013230