

ТЕХНОСФЕРА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Мишина Кристина Дмитриевна аспирант¹,
Безбородова Оксана Евгеньевна д.т.н., доцент¹,
Мартынов Дмитрий Владиславович, аспирант²,
Бодин Олег Николаевич д.т.н., профессор²,

¹Пензенский государственный университет

²Пензенский государственный технологический университет

¹E-mail: kristina_mishina_1998@mail.ru

Состояние окружающей среды является одним из важнейших факторов, влияющих на функциональное состояние организма человека. В большинстве случаев объекты техносферы оказывают негативное влияние на экологическое благополучие окружающей среды, что в свою очередь сказывается на здоровье человека. Поэтому в данной статье подчеркивается необходимость использования аналитических инструментов для контроля состояния окружающей среды и представлен алгоритм расчета факторов риска воздействия окружающей среды на функциональное состояние организма человека. Так же предлагается разделения людей на группы в зависимости от величины полученного риска.

Ключевые слова: окружающая среда, функциональное состояние организма человека, техносфера, промышленные предприятия, транспортные средства, мониторинг, факторы риска, экологическое благополучие человека.

TECHNOSPHERE AND ITS IMPACT ON LIFE SAFETY

Kristina D. Mishina graduate student¹,
Oxana E. Bezborodova doctor of technical sciences, docent¹,
Dmitriy V. Martynov graduate student²,
Oleg N. Bodin doctor of technical sciences, professor².

¹ Penza State University

² Penza State Technological University

¹E-mail: kristina_mishina_1998@mail.ru

The state of the environment is one of the most important factors affecting the functional state of the human body. In most cases, technosphere objects have a negative impact on the environmental well-being of the environment, which in turn affects human health. Therefore, this article emphasizes the need to use analytical tools to monitor the state of the environment and presents an algorithm for calculating the risk factors of environmental impact on the functional state of the human body. It is also proposed to divide people into groups depending on the magnitude of the risk received.

Keywords: environment, the functional state of the human body, technosphere, industrial enterprises, vehicles, monitoring, risk factors, human environmental well-being.

Согласно данным многочисленных исследований Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) экологическое состояние окружающей среды на территории проживания человека оказывает значительное влияние на функциональное состояние организма (ФСО) человека. ВОЗ считает, что влияние окружающей среды, на здоровье человека, от общего влияния различных факторов, составляет 25 % (рис. 1). Опасное воздействие окружающей среды на функциональное состояние организма человека

осуществляется химическими, биологическими и физическими факторами (рис 2) [1, 2].

Основными объектами техносферы, оказывающим негативное влияние на ФСО человека, являются промышленные предприятия и транспортные средства. Ежегодно предприятия и автомобильный транспорт выделяют в атмосферу большое количество различных химических веществ, таких как бензапирен, диоксид азота, сероуглерод, фтористый водород, формальдегид оксид углерода (II) и другие, которые своим воздействием способствуют ухудшению здоровья человека. Объекты техносферы являются еще и источником шумового загрязнения, которое негативно влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы организма человека [4, 7, 8].



Рис. 1. Источники риска здоровью человека по данным ВОЗ

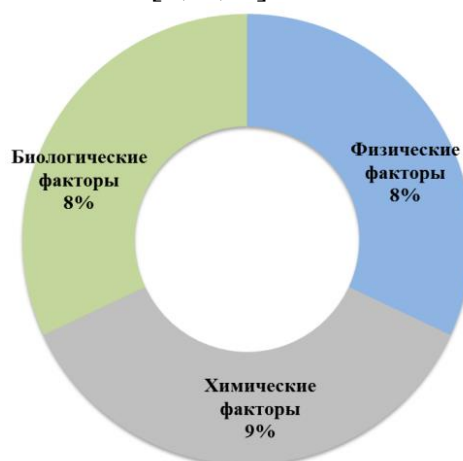


Рис. 2. Опасные факторы окружающей среды

Для оценки влияния качества окружающей среды на ФСО человека наиболее эффективным будет использование аналитических инструментов, с помощью которых можно оценить риск ухудшения состояния здоровья человека. Основной целью анализа риска негативного влияния на здоровье является получение и обобщение информации о возможном влиянии факторов среды обитания человека на ФСО. Она должна способствовать обоснованию применения наиболее оптимальных управленческих решений по устранению или снижению уровня риска [5].

Цель работы – разработка способов и алгоритма расчета риска влияния окружающей среды на ФСО человека.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие **задачи**: предложить алгоритм определения риска для здоровья человека; предложить методику расчета риска для здоровья человека; предложить способ учета экологических факторов риска (ФР) при определении риска для здоровья человека.

Анализ риска воздействия вредных факторов, загрязняющих окружающую среду, на здоровье человека осуществляется в 3 этапа (рис. 3) [5].

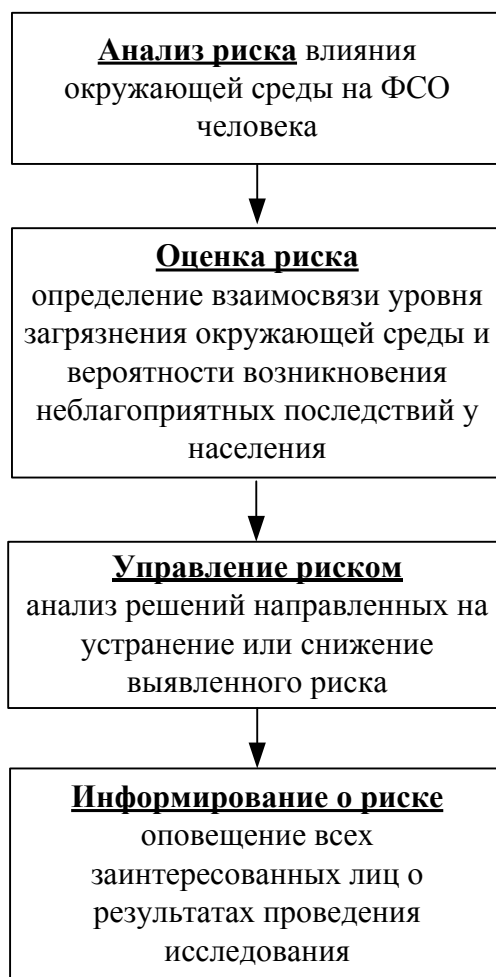


Рис. 3. Схема проведения анализа риска

Для оценки риска и идентификации показателя влияния окружающей среды на ФСО человека определяют экологическое благополучие человека (ЭБЧ), основываясь на значениях рисков (техногенного r_i^{OT} , экологического r_i^{OC} , для здоровья человека $r_i^{ЧЕЛ}$), которые получают расчетным путем на основе результатов измерительного контроля для каждого i -го ФР. ЭБЧ складывается из воздействия химических, физических и биологических ФР на элементы техносферы.

Суммарное воздействие химических ФР распространяющихся в атмосфере $R_{атм}$ определяют с учетом времени нахождения человека в жилой T_1 и промышленной зонах T_2 (1):

$$R_{атм}^{хим} = \frac{r_{атм}^{жил} \cdot T_1 + r_{атм}^{пром} \cdot T_2}{24} . \quad (1)$$

$r_{атм}^{жил}$ – риск воздействия химического ФР в жилой зоне; $r_{атм}^{пром}$ – риск воздействия химического ФР в промышленной зоне.

Вклад химических ФР распространяющихся в гидросфере ($r_{гид}$) оценивают отдельно по неорганическим и органическим примесям по формуле (2) [1, 6]:

$$R_{\text{гид}}^{\text{хим}} = \sum_{i=1}^n r_{\text{неор}}^i + \sum_{i=1}^n r_{\text{ор}}^i \quad (2)$$

где $r_{\text{неор}}^i$ – риск воздействия i -го химического неорганического ФР;
 $r_{\text{неор}}^i$ – риск воздействия i -го химического органического ФР.

Воздействие химических ФР в почве ($R_{\text{почвы}}$) является следствием комплексного действия химических ФР в атмосфере, гидросфере и собственно почвы и определяется по формуле (3):

$$R_{\text{почвы}}^{\text{хим}} = \sum_{i=1}^n r_{\text{почвы}}^i \quad (3)$$

Вклад физических ФР оценивается отдельно по каждому воздействию.

Вклад акустических ФР оценивают за сутки отдельно для жилой и производственной зон с учетом времени нахождения человека в жилой (T_1) и промышленной зонах (T_2), а так же ночью (T_3). Суммарный акустический риск определяется по формуле (4):

$$R_{\text{ак}} = \frac{r_{\text{ак.пр.}} \cdot T_1 + r_{\text{ак.жил.дн.}} \cdot T_2 + r_{\text{ак.жил.ночн.}} \cdot T_3}{24} \quad (4)$$

где $r_{\text{ак.пр.}}$ – акустический риск на производстве; $r_{\text{ак.жил.дн.}}$ – акустический риск в зоне жилой застройки днем; $r_{\text{ак.жил.ночн.}}$ – акустический риск в зоне жилой застройки ночью.

Вклад электромагнитных излучений как ФР для здоровья человека оценивают (5):

$$R_{\text{эми}} = \frac{r_{\text{ак.пр.}} \cdot T_1 + r_{\text{ак.жил.дн.}} \cdot T_2 + r_{\text{ак.жил.ночн.}} \cdot T_3}{24} \quad (5)$$

Вклад ионизирующих излучений как ФР для здоровья человека оценивают (6):

$$R_{\text{ии}} = \frac{r_{\text{ак.пр.}} \cdot T_1 + r_{\text{ак.жил.дн.}} \cdot T_2 + r_{\text{ак.жил.ночн.}} \cdot T_3}{24} \quad (6)$$

Биологические ФР в почве $R_{\text{почвы}}^{\text{биол}}$, характеризующие ее гигиеническое состояние, оцениваются по [3]:

- содержанию яиц гельминтов на 1 кг почвы, в удовлетворительной ситуации яйца гельминтов не обнаруживаются, число патогенных микроорганизмов в 1 кг почвы (предельное допустимое содержание 10^4),
- коли-титру (наименьшая масса почвы в одном грамме которой содержится 1 кишечная палочка) – более 1,0.

Биологические ФР в гидросфере $R_{\text{гид}}^{\text{биол}}$ (общее микробное число и коли-индекс) питьевой воды учитываются в случаях превышения ими нормативов (коли-индекса – 3, общего микробного числа – 100) [3, 6].

Риск для здоровья человека в техносфере количественно оценивается суммой пофакторных оценок, рассчитанных в соответствии с формулами 1–6 (7):

$$R_{зд} = \frac{R_{атм}^{хим} + R_{гид}^{хим} + R_{почвы}^{хим} + R_{эми} + R_{ии} + R_{ак} + R_{атм}^{биол} + R_{гид}^{биол} + R_{почвы}^{биол}}{k} \quad (7)$$

Риск для здоровья человека как интегральный показатель в анализируемой техносферой определяют как вероятность отклонения измеренного значения ФР от его граничного значения.

Определение граничных значений ФР производят на основе стандартных методик. Полученные граничные $y_i^{гр}$ и фактические измеренные значения $\hat{y}_i$ используют для определения риска для здоровья человека на анализируемой территории j по формуле (8):

$$R_i^j = \hat{y}_i / y_i^{гр}, \quad (8)$$

Значения риска для здоровья человека R_i^j приводят к соответствующим значениям достоверностей PR по нелинейной функции, аналогичной функции нормального распределения (9):

$$PR_i^j = 1 - \exp(-RT_i^{j2}/2), \quad (9)$$

где PR_i – вероятностный риск возникновения у человека i –й патологии на анализируемой территории j .

Величина риска для здоровья человека в пределах анализируемой территории j определяют по формуле (10):

$$PR^j = 1/N \sum_{i=1}^N PR_i^j \quad (10)$$

где N – количество учитываемых патологий.

Основными критериями выбора профилактических и реабилитационных программ в приоритетных целевых областях являются показатели риска для здоровья человека и минимальные затраты, необходимые для полученных значений риска, что бы восстановить ФСО человека. По результатам расчета показателей затрат и риска делаются выводы об ожидаемом ущербе для ФСО человека в случае невыполнения профилактических и коррекционных мероприятий.

Расчет величины затратного риска в пределах установленной зоны осуществляют по формуле (11):

$$\overline{PRS}^j = 1/N \sum_{i=1}^N [(PR_i^j) \cdot e_i^j / \bar{e}] \quad (11)$$

где N – количество учитываемых видов патологий; PR_j – риск i –й патологии в установленной зоне j ; e_i – затраты, связанные с i –м видом патологии в установленной зоне j ; $\bar{e}$ – средние расходы, связанные со всеми видами патологии в установленной зоне j .

Определение среднего затратного риска на анализируемой территории (совокупности зон с различными значениями затратных рисков) проводят по

формуле:

$$\overline{PRS} = 1/K \sum_{j=1}^k \overline{PRS}^j \quad (12)$$

Оценка целесообразности и приоритетности выбора зон в которых затраты на целевые комплексные программы будут более эффективны производится по критерию PZR для анализируемой территории. Значения показателя $PZR \geq 1$ указывают на необходимость осуществления профилактических и корректирующих мероприятий на анализируемой территории.

Критерием для определения направления целевых программ служит показатель зональных затратных рисков, который определяют по формуле:

$$PZR_j^i = PRS_i^j / \overline{PRS}^j \quad (13)$$

где PRS_i – затратный риск для i – ой патологии в установленной зоне j ; $\overline{PRS}_j$ – средний затратный риск на анализируемой территории.

Этот показатель позволяет распределять средства на профилактические и коррекционные мероприятия в соответствии с особенностями регионов и населенных пунктов. На основе полученных данных анализируемые регионы делятся на регионы с одинаковыми или схожими значениями риска для здоровья человека и разрабатывают приоритетные целевые региональные программы профилактики и реабилитации.

Таким образом, помимо сравнения территорий между собой по интегральному показателю здоровья, возможна критериальная оценка каждого отдельного региона.

В зависимости от распределения весь интервал изменения значений рисков $(0 \div 1)$ делится на промежутки. При заданных параметрах нормального распределения целесообразно выделять четыре интервала, соответствующих различной степени состояния здоровья населения на территориях [1] (табл. 1).

Таблица 1.

Степени состояния здоровья населения

Риск для здоровья человека		Группы жителей по ФСО		Изменения ФСО	Лечебно-профилактические мероприятия
Показатель	Оценка	Группа здоровья	Описание		
$PR_j \leq 0,312$	Минимальный риск	I	Низкий ФР в ОС	–	–
$0,312 < PR_j \leq 0,500$	Умеренный риск	II	Высокий или очень высокий уровень ФР в ОС	Неинфекционные заболевания легких, обусловленные этими ФР	Назначаются лекарственные препараты для фармакологической коррекции выявленных ФР

Риск для здоровья человека		Группы жителей по ФСО		Изменения ФСО	Лечебно-профилактические мероприятия
Показатель	Оценка	Группа здоровья	Описание		
$0,500 < PR_j \leq 0,688$	Повышенный риск	Ша	Высокий или очень высокий уровень ФР в ОС	Диагностированы хронические неинфекционные заболевания (требующие подтверждения)	Специализированная медицинская помощь (амбулаторное лечение или высокотехнологичная медицина)
$PR_j > 0,688$	Высокий риск	Шб	Высокий или очень высокий уровень ФР в ОС	Не страдающие хроническими неинфекционными и заболеваниями (подозрения на наличие этих заболеваний)	Специализированная медицинская помощь (амбулаторное лечение или высокотехнологичная медицина) по другим заболеваниям, дополнительное обследование

Исходя из этой классификации, I группа здоровья характеризует состояние экологического благополучия человека, остальные – состояние экологического неблагополучия человека.

Из сказанного следует, что объекты техносферы оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду, что непосредственно влияет на здоровье человека. Поэтому ухудшение экологической обстановки приводит к риску для здоровья общества. Для снижения риска заболеваний необходимо провести комплексный анализ потенциальных изменений окружающей среды на территории проживания людей и выработать возможные способы улучшения его экологического благополучия.

Список литературы

1. Безбородова О. Е., Герасимов А. И., Бодин О. Н., Рахматуллин Ф. К., Трофимов А. А. Использование оценки коморбидности в системе обеспечения экологического благополучия человека // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2023. № 2. С. 52–68. doi:10.21685/2072-3059-2023-2-4.
2. Гичев Ю. П. К вопросу классификации экологически обусловленных заболеваний человека для целей изучения влияния загрязнения окружающей среды на здоровье населения // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 1996. Т. 6, № 1. С. 36–41.
3. Землянова М.А., Зайцева Н.В., Кирьянов Д.А., Устинова О.Ю. Методические подходы к оценке и прогнозированию индивидуального риска здоровью при воздействии комплекса разнородных факторов для задач персонализированной профилактики // Гигиена и санитария. 2018. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-otsenke-i-prognozirovaniyu-individualnogo-riska-zdorovyu-pri-vozdeystvii-kompleksa-raznorodnyh-faktorov-dlya> (дата обращения: 25.03.2024).
4. Профилактика заболеваний путем оздоровления окружающей среды: глобальная оценка бремени болезней, обусловленных экологическими рисками. Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2016. 176 с.

5. Рахманин Ю.А., Синицына О.О., Новиков С.М., Авалиани С.Л. и др. Руководство по комплексной профилактике экологически обусловленных заболеваний на основе оценки риска. Москва, 2017. 68 с.

6. Bezborodova O.E., Chuvykin B.V., Bodin O.N. Information system to analyze human environmental wellbeing for assessing and reducing technogenic risk. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. «International Science and Technology Conference «Earth Science», ISTC EarthScience 2022 - Chapter 3.» 2022. С. 042005. doi:10.1088/1755-1315/988/4/042005.

7. Ilevbare Femi Monday. Investigating Effects of Climate Change on Health Risks in Nigeria. Environmental Factors Affecting Human Health. London: IntechOpen, 2020. Pages 17–28.

8. John Kanayochukwu Nduka, Henrietta Ijeoma Kelle, Emeka Chima Ogoko, Perpetua Chioma Okafor. Review of Environmental and Public Health Impact of Automobile Wastes and Automobile Transportation in Nigeria. Environmental Factors Affecting Human Health. London: IntechOpen, 2020. Pages 161–172.