

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 51.510

ББК 28.08.3

<https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-62-67>



Оценка рефлекторных рисков для населения Мурманской области при ингаляционном воздействии вредных веществ

Фрумин Г.Т.

ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена», Санкт-Петербург, Россия

✉ gfrumin@mail.ru

Аннотация. Цель исследования — оценка индивидуальных рисков немедленных (рефлекторных) эффектов для населения семи городов Мурманской области при ингаляционном воздействии оксида азота и диоксидов азота и серы в октябре, ноябре и декабре 2021 года. Рассмотренные химические соединения относятся к третьему классу опасности. Для расчетов использованы математические модели, связывающие величины пробитов с фактическими концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и их предельно допустимыми максимально разовыми концентрациями. Для перевода пробитов в риски использована таблица нормального вероятностного распределения. Рассчитанные величины рисков сопоставлены с приемлемыми значениями максимальных рисков немедленного действия. Установлено, что приемлемое значение (0,02–0,05) превышено в городе Ковдоре по оксиду и диоксиду азота в ноябре и декабре. В городе Мончегорске приемлемое значение превышено по диоксиду серы в ноябре.

Ключевые слова: рефлекторный риск, ингаляция, оксид азота, диоксид азота, диоксид серы, Мурманская область

Конфликт интересов: автор сообщает об отсутствии конфликта интересов
Для цитирования: Фрумин Г.Т. Оценка рефлекторных рисков для населения Мурманской области при ингаляционном воздействии вредных веществ. *Арктика и инновации*. 2024;2(2):62–67. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-62-67>

Assessment of reflex risks of inhalation exposure to harmful substances among the Murmansk oblast population

Grigory T. Frumin

Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

✉ gfrumin@mail.ru

Abstract. This study aimed to assess the individual risks of immediate (reflex) effects of inhalation exposure to nitrogen oxide and nitrogen and sulfur dioxides among the population of the Murmansk Oblast. The study was conducted in seven cities and covered the period of October, November, and December 2021. The considered chemical compounds belong to the third hazard class. Calculations were carried out using mathematical models, linking the penetration values with the actual concentrations of pollutants

in the atmospheric air and their maximum permissible one-time concentrations. A table of normal probability distribution was used to convert probits into risks. The calculated risk values were compared with the acceptable values of the maximum risks of immediate action. The acceptable value of nitrogen oxide and dioxide (0.02–0.05) was found to be exceeded in the city of Kovdor in November and December. In the city of Monchegorsk, the acceptable value of sulfur dioxide was exceeded in November.

Keywords: reflex risk, inhalation, nitric oxide, nitrogen dioxide, sulfur dioxide, Murmansk Oblast

Conflict of interests: the author declares no conflict of interest.

For citation: Frumin G.T. Assessment of reflex risks of inhalation exposure to harmful substances among the Murmansk oblast population. *Arctic and Innovations*. 2024;2(2):62–67. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-2-62-67>

Введение

В середине 1980-х гг. появилась новая социологическая теория современного общества, автором которой является немецкий ученый Ульрих Бек. Согласно этой теории в последней трети XX века человечество вступило в новую фазу своего развития, которую можно назвать обществом риска. Общество риска — это постиндустриальная формация, которая коренным образом отличается от индустриального общества. Главное отличие состоит в том, что если для индустриального общества характерно распределение благ, то для общества риска — распределение опасностей и обусловленных ими рисков. Так, если эволюция индустриального общества сопровождалась появлением все новых и новых факторов, улучшающих жизнь людей (прогресс в медицине и фармакологии, развитие транспорта и средств связи, автоматизация производственных процессов, рост урожайности сельскохозяйственных культур и т.п.), то в обществе риска складывается иная ситуация: по мере его развития появляется все больше плохого, и это плохое распределяется между людьми. Примеры: сокращение биологического разнообразия, загрязнение воздуха, воды и почвы химикатами, постоянный рост числа поступающих в среду обитания ксенобиотиков, истощение озонового слоя, тенденция к изменению климата. Иными словами, в индустриальном обществе производились и распределялись главным образом положительные достижения, а в обществе риска, которое стремительно «вращается» в индустриальное общество, накапливаются и распределяются между его членами негативные последствия развития.

Оценка риска своему здоровью является естественной поведенческой реакцией человека и сопровождается его с первых дней жизни и до смерти. На оценке риска здоровью

базируется вся система информационной связи человека с окружающим его миром. Такие привычные для нас понятия, как «опасность», «угроза», связаны прежде всего с информацией о риске здоровью [1, 2].

Важнейшая особенность науки о риске — ее междисциплинарный характер при теснейшем взаимодействии естественных и гуманитарных наук. Оценка опасности и риска применения вещества проводят в процессе сопоставления информации о его дозе воздействия (экспозиции) и биологическом (токсическом) действии. Качественно риск характеризуют через природу неблагоприятных последствий, а количественно — через вероятность их возникновения.

Оценка риска — это вид экспертных работ, направленных на определение числа людей, способных проявить негативные реакции на воздействие конкретного неблагоприятного фактора, действующего с определенной силой и в заданный промежуток времени. Не менее важно, что оценка риска сориентирована на конкретный «управляемый» (известный и измеряемый) фактор среды, а не на всю заболеваемость населения в целом. Это делает деятельность органов госнадзора и здравоохранения целенаправленной [3, 4].

При упрощенном подходе заболеваемость рассматривается как функция риска в соответствии со следующим уравнением:

$$\text{Заболеваемость} = a + b \times \text{Risk}, \quad (1)$$

где *Risk* — потенциальный риск здоровью, *a* — фоновый уровень заболеваемости, то есть тот, который не зависит от загрязнения окружающей среды, *b* — коэффициент пропорции роста заболеваемости в зависимости от уровня потенциального риска.

Более пятидесяти лет назад создатель геобиологической науки А.Л. Чижевский написал следующее: «Мы уделяем больше внимания тому, что мы едим и пьем, однако мы поразительно мало внимания уделяем воздуху, которым дышим» [5]. Эти слова не потеряли своего значения и в настоящее время.

Практика определения потенциальных эффектов неблагоприятного воздействия, связанных с загрязнением атмосферного воздуха, предполагает расчет следующих типов риска:

- риска немедленных эффектов, проявляющегося непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции, обострение хронических заболеваний и пр., а при значительных концентрациях — острые отравления);
- риска длительного (хронического) воздействия, проявляющегося при накоплении достаточной для этого дозы в росте неспецифической патологии, снижении иммунного статуса и т.д.;
- риска специфического действия, проявляющегося в возникновении специфических заболеваний или канцерогенных, иммунных, эмбриотоксических и других подобных эффектов.

Материалы и методы исследования

В соответствии с российским законодательством анализ экологической безопасности необходимо строить на основе концепции приемлемого риска (табл. 1).

Таблица 1. Уровни приемлемого риска

Table 1. Acceptable risk levels

Вид риска / Type of risk	Приемлемое значение / Acceptable value
Максимальный риск немедленного действия	0,02–0,05
Хронический (неканцерогенный) риск	0,02 (или 20 дополнительных случаев на 1000 человек)
Канцерогенный риск	1×10^{-5} – 1×10^{-6} (или от 10 до 1 дополнительного случая на 1 млн человек)

Максимальный риск немедленного действия выражается в вероятности ощущения населением неприятных запахов или развития иных рефлекторных реакций (слезотечение, кашель), дискомфортных состояний, головной боли и пр., что создает основной поток жалоб населения.

Риск немедленных эффектов проявляется непосредственно в момент воздействия (неприятные запахи, раздражающие эффекты, различные физиологические реакции, обострение хронических заболеваний, а при значительных концентрациях — острые отравления). Вещества, вызывающие рефлекторное действие: оксид азота (NO), диоксид азота (NO₂), аммиак (NH₃), фтористый водород (HF), диоксид серы (SO₂), сероуглерод (CS₂), фенол (C₆H₅OH), муравьиный альдегид (H×COH).

В РФ все вредные вещества по степени опасности разделены на 4 класса: I — чрезвычайно опасные; II — высокоопасные; III — умеренно опасные; IV — малоопасные.

Оксид азота, диоксид азота и диоксид серы — вещества III класса опасности.

Для оценки риска (вероятности) немедленных (рефлекторных) эффектов при ингаляционном воздействии вредных веществ использованы математические модели, приведенные в таблице 2. По этим моделям рассчитаны пробиты (*Prob*), которым соответствуют величины рисков (*Risk*), представленные в таблице 3 [6, 7]. В таблице 2 ПДК_{М,Р} — максимальная разовая ПДК. ПДК_{М,Р} = 0,2 мг/дм³ (NO₂), ПДК_{М,Р} = 0,4 мг/дм³ (NO), ПДК_{М,Р} = 0,5 мг/дм³ (SO₂).

Таблица 2. Вероятность токсического воздействия вещества при оценке кратности превышения ПДК_{М,Р} в соответствии с классом опасности

Table 2. Probability of toxic effects of a substance when assessing the multiple exceedance of MP_{CR} in accordance with the hazard class

Класс опасности / Hazard Class	Уравнение / Equation
I	$Prob = -9,15 + 11,66 \lg(C/ПДК_{М,Р})$
II	$Prob = -5,51 + 7,49 \lg(C/ПДК_{М,Р})$
III	$Prob = -2,35 + 3,73 \lg(C/ПДК_{М,Р})$
IV	$Prob = -1,41 + 2,33 \log(C/ПДК_{М,Р})$

Таблица 3. Соотношение между пробитами и рисками

Table 3. Relationship between probits and risks

Prob	Risk	Prob	Risk	Prob	Risk	Prob	Risk
-3,0	0,001	-1,1	0,136	0,0	0,500	1,1	0,864
-2,5	0,006	-1,0	0,157	0,1	0,540	1,2	0,885
-2,0	0,023	-0,9	0,184	0,2	0,579	1,3	0,903
-1,9	0,029	-0,8	0,212	0,3	0,618	1,4	0,919
-1,8	0,036	-0,7	0,242	0,4	0,655	1,5	0,933
-1,7	0,045	-0,6	0,274	0,5	0,692	1,6	0,945
-1,6	0,055	-0,5	0,309	0,6	0,726	1,7	0,955
-1,5	0,067	-0,4	0,345	0,7	0,758	1,8	0,964
-1,4	0,081	-0,3	0,382	0,8	0,788	1,9	0,971
-1,3	0,097	-0,2	0,421	0,9	0,816	2,0	0,977
-1,2	0,115	-0,1	0,460	1,0	0,841	2,5	0,994
						3,0	0,999

Таблица 4. Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Мурманской области (С, мг/м³)

Table 4. Maximum one-time concentrations of pollutants in the atmospheric air of cities in the Murmansk Oblast (C, mg/m³)

Вещество / Substance	Октябрь / October	Ноябрь / November	Декабрь / December
г. Мурманск			
Оксид азота	0,359	0,455	0,441
Диоксид азота	0,111	0,138	0,089
Диоксид серы	0,097	0,194	0,186
г. Заполярный			
Оксид азота	0,057	0,172	0,084
Диоксид азота	0,048	0,060	0,054
Диоксид серы	0,009	0,089	0,016
г. Кандалакша			
Оксид азота	0,219	0,424	0,094
Диоксид азота	0,041	0,067	0,067
Диоксид серы	0,003	0,131	0,047
г. Ковдор			
Оксид азота	0,169	0,945	0,885
Диоксид азота	0,071	0,362	0,491
Диоксид серы	0,003	0,042	0,018
г. Североморск			
Оксид азота	0,450	0,255	0,126
Диоксид азота	0,056	0,054	0,043
Диоксид серы	0,011	0,063	0,020
г. Кола			
Оксид азота	0,159	0,187	0,072
Диоксид азота	0,074	0,067	0,048
Диоксид серы	-	0,095	0,079
г. Мончегорск			
Диоксид серы	0,279	1,034	0,211

Таблица 5. Индивидуальные риски рефлекторных эффектов для населения городов Мурманской области

Table 5. Individual risks of reflex effects among the population of cities in the Murmansk Oblast

Вещество / Substance	Октябрь / October	Ноябрь / November	Декабрь / December
г. Мурманск			
Оксид азота	0,006	0,160	0,014
Диоксид азота	0,0005	0,0016	0
Диоксид серы	0	0	0
г. Заполярный			
Оксид азота	0	0	0
Диоксид азота	0	0	0
Диоксид серы	0	0	0
г. Кандалакша			
Оксид азота	0	0,012	0
Диоксид азота	0	0	0
Диоксид серы	0	0	0
г. Ковдор			
Оксид азота	0	0,169	0,145
Диоксид азота	0	0,082	0,184
Диоксид серы	0	0	0
г. Североморск			
Оксид азота	0,015	0	0
Диоксид азота	0	0	0
Диоксид серы	0	0	0
г. Кола			
Оксид азота	0	0	0
Диоксид азота	0	0	0
Диоксид серы	-	0	0
г. Мончегорск			
Диоксид серы	0	0,121	0

Для расчетов рефлекторных рисков была использована информация ФГБУ «Мурманское УГМС» о состоянии загрязнения атмосферного воздуха городов Мурманской области по данным автоматизированных информационно-измерительных комплексов непрерывного контроля загрязняющих веществ за 4-й квартал 2021 года (informatsionnyy-otchet_4-kvartal_2021.pdf) (табл. 4).

Результаты и их обсуждение

Результаты расчетов рефлекторных рисков для населения городов Мурманской области приведены в таблице 5.

Как следует из таблицы 5, приемлемое значение рефлекторного риска (0,02–0,05) превышено в городе Ковдоре по оксиду и диоксиду азота в ноябре и декабре 2021 г. В городе Мончегорске приемлемое значение рефлекторного риска превышено по диоксиду серы в ноябре 2021 г.

Список литературы

1. Фрумин Г.Т. Экология человека (Антропоэкология). СПб.: РГГМУ; 2012.
2. Киселев А.В., Фридман К.Б. Оценка риска здоровью. СПб.: Международный институт оценки риска здоровью; 1997.
3. Киселев А.В. Оценка риска здоровью в системе гигиенического мониторинга. СПб.: Медицинская академия последипломного образования; 2001.
4. Большаков А.М., Крутько В.Н., Пуцилло Е.В. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения. Москва: Эдиториал УРСС; 1999.
5. Чижевский А.Л. Космический пульс жизни: Земля в объятиях Солнца. Гелиотараксия. Москва: Мысль; 1995.
6. Беленький М.Л. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта. Ленинград: Медгиз; 1963.
7. Фрумин Г.Т. Экологическая токсикология (экоотоксикология). СПб.: РГГМУ; 2013.

References

1. Frumin G.T. Human ecology (Anthropoecology). St. Petersburg: Russian State Hydrometeorological University (RSHU); 2012. (In Russ.).
2. Kiselev A.V., Fridman K.B. Health risk assessment. St. Petersburg: International Institute for Health Risk Assessment; 1997. (In Russ.).
3. Kiselev A.V. Health risk assessment in the hygienic monitoring system. St. Petersburg: Medical Academy of Postgraduate Education; 2001. (In Russ.).
4. Bolshakov A.M., Krutko V.N., Pucillo E.V. Assessment and management of risks of environmental influence on public health. Moscow: Editorial URSS Publ.; 1999. (In Russ.).
5. Chizhevsky A.L. Cosmic pulse of life: Earth in the arms of the Sun. Heliotaraxy. Moscoov: Mysl Publ.; 1995. (In Russ.).
6. Belenky M.L. Elements of quantitative assessment of pharmacological effect. Leningrad: Medgiz Publ.; 1963. (In Russ.).
7. Frumin G.T. Environmental toxicology (ecotoxicology). St. Petersburg: Russian State Hydrometeorological University (RSHU); 2013. (In Russ.).

Сведения об авторе

Фрумин Григорий Тевелевич — доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории факультета географии ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена».

Россия, 191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48.

тел.: +7 (911) 127-40-98

[E-mail: gfrumin@mail.ru](mailto:gfrumin@mail.ru)

ORCID: 0000-0002-6100-5097

ID WoS: 4545-2020

ID Scopus: 6603777922

ID РИНЦ: 64494

SPIN-код: 9203-5960

Information about the author

Grigory T. Frumin — Dr. Sci. (Chemistry), Prof., Leading Researcher, Geography Faculty, Herzen State Pedagogical University of Russia.

48 Nab. R. Moiki, Saint Petersburg 191186, Russia

tel.: +7 (911) 127-40-98

[E-mail: gfrumin@mail.ru](mailto:gfrumin@mail.ru)

ORCID: 0000-0002-6100-5097

ID WoS: 4545-2020

ID Scopus: 6603777922

ID RSCI: 64494

SPIN-code: 9203-5960

Вклад автора

Автор подтверждает единоличную ответственность за концепцию и дизайн исследования, сбор и анализ данных, интерпретацию результатов, а также подготовку рукописи.

Author's contributions

The author confirms sole responsibility for the study conception and design, data collection, analysis and interpretation of results, and manuscript preparation.

Благодарности

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FSZU-2023-0002.

Acknowledgments

The work was performed at the Russian State Hydrometeorological University within the framework of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. FSZU-2023-0002.