

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 614.71

Экологические риски и пути минимизации выбросов в нефтегазовом секторе**С.К. Поршнева, Е.В. Стасева, С.Е. Гераськова**

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

В статье рассмотрены экологические риски нефтегазового сектора, обусловленные выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросами в водные объекты, а также накоплением производственных отходов. Особое внимание уделено санитарно-защитным зонам (СЗЗ), рассматриваемым в качестве одного из ключевых элементов обеспечения безопасности населения. На основе многомерного корреляционного анализа, выполненного по данным 50 измерений, установлена тесная взаимосвязь между концентрацией загрязняющего вещества на границе СЗЗ, максимальной концентрацией выброса и скоростью ветра. Показано, что при фиксированном уровне максимальной концентрации скорость ветра утрачивает самостоятельное влияние на концентрацию загрязняющего вещества на границе СЗЗ. Данное обстоятельство обосновывает необходимость приоритетного снижения эмиссии непосредственно на источниках загрязнения. Предложен алгоритм управления рисками на этапах проектирования, эксплуатации и реконструкции объектов, включающий инструменты избегания риска, снижения тяжести возможных последствий и уменьшения вероятности их реализации. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании природоохранных мероприятий, а также при корректировке границ СЗЗ на основе риск-ориентированного подхода.

Ключевые слова: экологические риски, нефтегазовый сектор, санитарно-защитная зона, выбросы загрязняющих веществ, оценка риска здоровью, многомерный корреляционный анализ, управление рисками

Для цитирования. Поршнева С.К., Стасева Е.В., Гераськова С.Е. Экологические риски и пути минимизации выбросов в нефтегазовом секторе. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):23–30.

Environmental Risks and Ways to Minimize Emissions in the Oil and Gas Sector**Sofya K. Porshneva, Elena V. Staseva, Svetlana E. Geraskova**

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

This article studies the environmental risks in the oil and gas sector caused by emission of pollutants into the atmosphere and water bodies, as well as by accumulation of industrial waste. Particular attention was paid to sanitary protection zones (SPZs) as key elements ensuring safety of the population. A multivariate correlation analysis was performed based on the data of 50 measurements. Close correlation between the concentration of a pollutant at the SPZ boundaries, maximum emission concentration, and wind velocity was revealed. It was demonstrated that in case of fixed concentration maximum, the wind velocity loses its independence in effecting the concentration of a pollutant at the SPZ boundaries. This circumstance justifies the priority of reducing emissions directly in the sources of pollution. The risk management algorithm was proposed for the stages of design, operation and reconstruction of facilities, including the tools for avoiding the risks, mitigating the severity of possible consequences and reducing the possibility of their emergence. The results obtained can be used for justifying environmental protection activities, as well as adjusting the sanitary protection zone boundaries based on the risk-management approach.

Keywords: environmental risks, oil and gas sector, sanitary protection zone (SPZ), emissions of a pollutant, assessment of health risks, multivariate correlation analysis, risk management

For Citation. Porshneva SK, Staseva EV, Geraskova SE. Environmental Risks and Ways to Minimize Emissions in the Oil and Gas Sector. *Young Researcher of Don*. 2026;11(5):23–30.

Введение. Нефтегазовая отрасль является основой энергетической независимости любой страны. Вместе с тем деятельность таких предприятий оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду и здоровье населения. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно вследствие загрязнения атмосферного воздуха преждевременно умирает около 7 миллионов человек, а количество потерянных лет здоровой жизни сопоставимо с последствиями курения [1]. Наиболее остро данная проблема проявляется в регионах концентрации нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий, где население подвергается комплексному воздействию значительного количества загрязняющих веществ.

Для защиты населения от промышленных выбросов законодательством предусмотрена организация санитарно-защитной зоны (СЗЗ). СЗЗ — это территория, отделяющая промышленные объекты от жилой застройки. В ее пределах действуют специальные ограничения, а качество атмосферного воздуха подлежит строгому контролю [1]. Однако на практике во многих промышленных городах жилые кварталы расположены в непосредственной близости от предприятий нефтегазового сектора. Для соблюдения нормативных размеров СЗЗ требуется полная реконструкция производства либо организация переселения населения, что практически невозможно без значительных финансовых затрат и принятия масштабных управленческих решений.

Цель данной статьи — проанализировать экологические риски нефтегазового сектора, уделить особое внимание проблеме санитарно-защитных зон (СЗЗ) и предложить пути минимизации вредных выбросов.

Основная часть. К ключевым экологическим рискам объектов нефтегазового сектора относятся (рис. 1):

- выбросы в атмосферу: диоксид серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), летучие органические соединения (ЛОС), твердые частицы (PM);
- сбросы в водные объекты: нефтепродукты, фенолы, тяжелые металлы;
- загрязнение почв: разливы нефти, буровые шламы;
- накопление отходов: нефтешламы, отработанные катализаторы, буровые растворы [2].



Рис. 1. Экологические риски нефтегазового сектора

В современной практике управления экологической безопасностью все более широкое применение получает риск-ориентированный подход, закрепленный в российской нормативной базе в ряде руководств и методических рекомендаций по оценке риска для здоровья населения [3]. Сущность данного подхода заключается в переходе от простой констатации превышения уровней загрязнения над предельно допустимыми значениями к количественной оценке вероятности развития неблагоприятных эффектов у населения.

Согласно концепции, представленной в работах С.Л. Авалиани, С.М. Новикова и других ведущих российских ученых в области гигиены и токсикологии, обеспечение экологической безопасности населения предполагает, что фактическая величина риска для здоровья, формируемого промышленными выбросами на границе СЗЗ, не превышает нормативно установленный уровень приемлемого остаточного риска [4].

Основные этапы оценки риска включают (рис. 2):

- идентификацию опасностей, предусматривающую выявление приоритетных загрязняющих веществ и источников;
- оценку экспозиции, направленную на определение фактических концентраций на границе СЗЗ и в жилой застройке;
- оценку зависимости «доза — ответ», предполагающую установление количественных соотношений между уровнем воздействия и вероятностью развития неблагоприятных эффектов;
- характеристику риска, включающую расчет канцерогенного и неканцерогенного риска для различных групп населения.

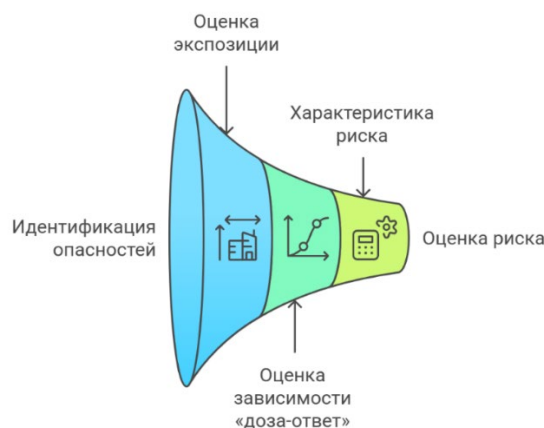


Рис. 2. Этапы оценки риска

Многолетние исследования, проведенные в регионах размещения крупных нефтеперерабатывающих и нефтехимических комплексов, позволили количественно охарактеризовать уровни риска для населения, включая следующие категории:

– канцерогенный риск. Международные исследования, в том числе систематические обзоры и мета-анализы, подтверждают повышенную вероятность развития злокачественных новообразований у населения, проживающего вблизи нефтехимических комплексов. При длительном проживании, превышающем 10–15 лет, в зоне влияния НПЗ индивидуальный канцерогенный риск может достигать значений 10^{-4} – 10^{-3} , что соответствует 100–1000 дополнительным случаям рака на 1 миллион населения [1];

– неканцерогенный риск. Приоритетными веществами, формирующими неканцерогенный риск для населения в зоне влияния НПЗ, являются:

- бензол: поражение кроветворной системы, иммунотоксичность;
- формальдегид: раздражение слизистых оболочек, аллергизация;
- диоксид азота: респираторные заболевания, бронхиальная астма;
- взвешенные вещества (PM_{2.5} и PM₁₀): сердечно-сосудистые и респираторные заболевания [1].

При сокращении расстояния от жилой застройки до промышленной площадки на 200–300 метров относительно нормативной СЗЗ коэффициенты опасности (НҚ) по ряду веществ могут возрастать в 2–3 раза, превышая приемлемый уровень (НҚ > 1) [5].

Алгоритм управления рисками на этапах жизненного цикла объекта. Для обеспечения нормативного уровня остаточного риска для здоровья населения при функционировании экологически опасного производственного объекта разработан алгоритм действий, включающий последовательные процедуры принятия обоснованных решений [3].

Этап проектирования. Своевременная идентификация опасностей и оценка рисков для здоровья на этапе проектирования позволяют уточнить размещение проектируемых экологически опасных объектов с учетом их риск-формирующего потенциала в конкретных производственных и градостроительных условиях. Данный этап является наиболее эффективным для предотвращения будущих рисков, поскольку стоимость корректировки планировочных решений существенно ниже затрат на последующую реконструкцию или реализацию компенсационных мероприятий.

Этап эксплуатации. В процессе эксплуатации объекта проводится:

- идентификация наиболее риск-опасных участков границы СЗЗ и промышленной площадки;
- определение приоритетных производственных установок с учетом величины формируемых рисков;
- выявление приоритетных химических токсикантов.

На основе полученных данных корректируются программы производственного контроля и производственного экологического контроля, уточняется приоритетность инвестиционных программ и планов природоохранных мероприятий с учетом ожидаемого снижения риска для здоровья, а также вносятся изменения в эксплуатационную документацию, направленные на минимизацию выбросов, формирующих высокий уровень риска [3].

Этап реконструкции. При реконструкции действующих экологически опасных объектов особое значение приобретает принцип применения наилучших доступных технологий (НДТ), внедрение которых в значительной степени способствует обеспечению приемлемого уровня остаточного риска. При этом важно отметить, что технологические и природоохранные мероприятия, несмотря на их безусловную необходимость, не всегда являются

достаточными, особенно при эксплуатации существующих предприятий в условиях исторически сложившейся застройки.

Инструменты управления рисками. В арсенале риск-ориентированного управления используются три основные группы инструментов:

- избегание риска — наиболее радикальная мера, предусматривающая перенос производства или переселение населения из зоны неприемлемого риска. Она применяется в ситуациях, когда риск превышает уровень 10^{-4} и не может быть снижен иными способами;
- снижение тяжести последствий — реализуется посредством внедрения наилучших доступных технологий, обеспечивающих сокращение эмиссии приоритетных токсикантов. Для НПЗ это может включать:
- оснащение установок каталитического крекинга системами селективного каталитического восстановления для снижения NO_x ;
- внедрение систем рециркуляции и утилизации паров легких углеводородов;
- переход на замкнутые системы водоснабжения;
- модернизацию насосного оборудования для сокращения неорганизованных выбросов;
- снижение вероятности реализации риска — достигается за счет совершенствования систем мониторинга, повышения надежности оборудования, обучения персонала, а также улучшения регламентов технического обслуживания и ремонта.

Описание проблемы. Основным каналом воздействия промышленных предприятий нефтегазового сектора на здоровье населения является загрязнение атмосферного воздуха. Технологические процессы на НПЗ сопровождаются выбросами сложной смеси химических соединений, включая диоксид серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), летучие органические соединения (ЛОС), бензол, формальдегид, тяжелые металлы и другие токсиканты.

Международное агентство по изучению рака (IARC) классифицировало загрязнение атмосферного воздуха как канцерогенный фактор для человека (группа 1); при этом риск развития рака легких возрастает по мере увеличения уровня загрязнения. Исследования, выполненные в районах размещения нефтехимических комплексов, подтверждают повышенные риски онкологических заболеваний среди населения, проживающего вблизи промышленных объектов.

Значимость СЗЗ как фактора экологического риска определяется следующими механизмами:

- расстояние до источника выбросов — приземные концентрации загрязняющих веществ экспоненциально снижаются по мере удаления от источника. Сокращение фактической СЗЗ относительно нормативной приводит к тому, что жилая застройка оказывается в зоне максимальных концентраций, формирующихся до завершения процессов рассеивания;
- накопление эффектов — длительное проживание в зоне влияния промышленного предприятия обуславливает хроническое воздействие, при котором даже относительно невысокие концентрации могут вызывать значимые неблагоприятные последствия вследствие кумуляции;
- комбинированное воздействие — население, проживающее вблизи НПЗ, подвергается влиянию не одного, а десятков химических веществ, эффекты которых могут суммироваться, потенцироваться или синергически усиливаться.

Рассмотрим применение аппарата многомерного корреляционного анализа для исследования зависимости между различными факторами производственного процесса НПЗ.

В качестве объекта исследования в работе использованы сведения по НПЗ Ростовской области. Исходные данные для проведения корреляционного анализа представлены в таблице 1. По результатам инвентаризации на территории предприятия выявлено 50 организованных и неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [6].

Таблица 1

Исходные данные для проведения корреляционного анализа

№	Концентрация на границе СЗЗ (X_1), мг/м ³	Макс, концентрация (X_2), мг/м ³	Скорость ветра (X_3), м/с	№	Концентрация на границе СЗЗ (X_1), мг/м ³	Макс, концентрация (X_2), мг/м ³	Скорость ветра (X_3), м/с
1	42,5	148,3	2,1	26	47,5	167,9	1,9
2	48,9	165,7	1,8	27	25,9	123,7	4,8
3	35,7	132,4	3,5	28	59,4	183,2	0,8
4	55,2	178,9	0,9	29	17,1	103,4	6,3
5	28,3	122,0	4,2	30	40,2	151,0	2,5
6	39,8	154,6	2,4	31	39,0	145,5	2,6
7	37,1	143,2	2,7	32	66,8	199,7	0,4

8	62,4	191,5	0,5	33	15,0	89,1	7,1
9	22,9	115,8	5,0	34	50,1	169,8	1,6
10	46,7	162,3	1,5	35	30,5	130,3	4,1
11	36,9	138,7	3,2	36	44,7	162,9	2,2
12	68,1	204,5	0,3	37	23,8	118,6	5,5
13	16,4	95,2	6,8	38	63,0	192,3	0,6
14	57,8	188,1	1,1	39	19,6	112,7	5,7
15	29,7	127,6	4,5	40	41,9	155,4	2,3
16	49,3	173,4	1,7	41	37,8	148,9	2,9
17	21,5	116,9	5,3	42	69,3	207,2	0,2
18	64,2	196,8	0,7	43	15,0	92,4	6,9
19	18,3	109,5	5,9	44	56,2	181,5	1,0
20	43,6	159,2	2,0	45	27,4	125,1	4,6
21	38,4	142,1	2,8	46	51,9	175,0	1,4
22	70,0	210,0	0,1	47	24,6	121,3	4,9
23	15,0	85,3	7,5	48	58,1	185,7	0,9
24	53,1	177,6	1,3	49	16,8	107,8	6,2
25	32,7	134,8	3,8	50	42,3	157,6	2,1

Исходные данные, представленные в таблице 1, содержат 50 измерений трех ключевых параметров: концентрации вещества на границе санитарно-защитной зоны (X_1), максимальной концентрации загрязняющего вещества (X_2) и скорости ветра (X_3). На основе этих значений по формуле (1) были рассчитаны парные коэффициенты корреляции: $r_{12} = 0,9925$; $r_{13} = -0,9729$; $r_{23} = -0,9786$, которые демонстрируют тесноту и направление статистической связи между переменными.

$$r = \frac{\overline{xy} - \overline{x}\overline{y}}{\sigma_x \sigma_y}. \quad (1)$$

Сильная положительная связь $r_{12} = 0,9925$ между концентрацией на границе СЗЗ и максимальной концентрацией объясняется тем, что при увеличении максимальной концентрации происходит увеличение концентрации на границе СЗЗ.

Очень сильная отрицательная связь $r_{13} = -0,9729$ между концентрацией на границе СЗЗ и скоростью ветра и $r_{23} = -0,9786$ между максимальной концентрацией в источнике и скоростью ветра объясняется тем, что при увеличении скорости ветра происходит более интенсивное рассеивание загрязнений.

Определим множественный коэффициент корреляции $R_{1,23}$, частные коэффициенты корреляции и оценим их значимость. Для случая трех переменных выборочный множественный коэффициент корреляции $R_{i,jk}$ вычисляется по формуле (2):

$$R_{i,jk} = \sqrt{\frac{r_{ij}^2 + r_{ik}^2 - 2r_{ij}r_{ik}r_{jk}}{1 - r_{jk}^2}}. \quad (2)$$

$$R_{1,23} = \sqrt{\frac{0,9925^2 + (-0,9725)^2 - 2 \times 0,9925 \times (-0,9725) \times (-0,9786)}{1 - (-0,9786)^2}} = 0,9930. \quad (2)$$

Таким образом, между концентрацией вещества на границе санитарно-защитной зоны, максимальной концентрацией загрязняющего вещества и скоростью ветра существует очень сильная связь. Множественный коэффициент детерминации $R_{1,23}^2 = 0,986$ показывает, что 98,6 % изменчивости концентрации на границе СЗЗ объясняется комбинированным воздействием максимальной концентрации и скорости ветра.

Для оценки значимости $R_{1,23}$ вычислим по формуле (3) F -статистики для проверки значимости множественного коэффициента корреляции (или всего регрессионного уравнения в целом):

$$F = \frac{R^2(n-p)}{(1-R^2)(p-1)}, \quad (3)$$

$$F = \frac{0,9930^2(50-3)}{(1-0,9930^2)(3-1)} = 1556.$$

По таблицам F-распределения найдем $F_{0,05;2;47} = 3,195$. Т.к. $F > F_{0,05;2;47}$, то $R_{1,23}$ статистически значим. Вычислим частные коэффициенты корреляции по формуле (4):

$$r_{ij,k} = \frac{r_{ij} - r_{ik}r_{jk}}{\sqrt{(1-r_{ik}^2)(1-r_{jk}^2)}}, \quad (4)$$

$$r_{12,3} = \frac{0,9925 - (-0,9729) \times (-0,9786)}{\sqrt{(1-(-0,9729)^2)(1-(-0,9786)^2)}} = 0,8495,$$

$$r_{13,2} = \frac{(-0,9729) - 0,9925 \times (-0,9786)}{\sqrt{(1-0,9925^2)(1-(-0,9786)^2)}} = -0,0652,$$

$$r_{23,1} = \frac{(-0,9786) - 0,9925 \times (-0,9729)}{\sqrt{(1-0,9925^2)(1-(-0,9729)^2)}} = -0,4598.$$

Поскольку $r_{23,1}$ меньший из всех коэффициентов, то оценим его значимость в первую очередь. Воспользуемся формулой (5), для чего определим:

$$n' = n - p + 2, \quad (5)$$

$$n' = 50 - 3 + 2 = 49,$$

$$|t_{13,2}| = \frac{|-0,0652| \sqrt{49-2}}{\sqrt{1-(-0,0652)^2}} = 0,448.$$

По таблице t-распределения Стьюдента $t_{0,05;47} = 2,013$. Так как $|t_{13,2}| < t_{\text{табл}}$, то $r_{13,2}$ незначим. Поэтому проверим большие коэффициенты $r_{12,3}$ и $r_{23,1}$.

По таблице t-распределения Стьюдента $t_{0,05;47} = 2,013$. Так как $|t_{13,2}| < t_{\text{табл}}$, то $r_{13,2}$ незначим. Поэтому проверим большие коэффициенты $r_{12,3}$ и $r_{23,1}$.

$$|t_{23,1}| = \frac{|-0,4598| \sqrt{49-2}}{\sqrt{1-(-0,4598)^2}} = 3,55.$$

Так как $|t_{23,1}| > t_{\text{табл}}$, то $r_{23,1}$ значим, а это означает, что и больший коэффициент $r_{12,3}$ тоже является значимым.

Когда мы сравнили парные и частные коэффициенты корреляции, выяснилось, что наиболее значимое расхождение наблюдается для пары показателей X_1 (концентрация на границе СЗЗ) и X_3 (скорость ветра).

Получается, что обнаруженная взаимосвязь между X_1 и X_3 объясняется их общей зависимостью от X_2 . Когда мы убираем влияние X_2 , скорость ветра перестаёт оказывать какое-либо самостоятельное воздействие на концентрацию на границе СЗЗ.

Что касается взаимосвязи между максимальной концентрацией (X_2) и скоростью ветра (X_3), то она также претерпела изменения: отрицательная корреляция сохранилась на умеренном уровне.

Следовательно, коэффициенты X_2 и X_3 связаны между собой преимущественно вследствие того, что оба показателя ассоциированы с X_1 . Однако после исключения этой общей зависимости скорость ветра продолжает оказывать самостоятельное влияние на максимальную концентрацию, причём данное воздействие имеет отрицательный характер: ветер способствует рассеиванию выбросов, снижая их пиковые значения.

Связь между X_1 и X_2 оказалась наиболее устойчивой, поскольку соответствующий коэффициент практически не изменился. Это подтверждает наличие прямой тесной взаимосвязи между концентрацией на границе СЗЗ и максимальной концентрацией, тогда как скорость ветра в данном случае не оказывает существенного влияния.

Вывод. На основе проведённого анализа авторы сформулировали следующие выводы, касающиеся управления экологическими рисками на НПЗ и обоснования организации санитарно-защитных зон:

– Основная роль СЗЗ заключается в регулировании уровня риска. Санитарно-защитная зона представляет собой не просто обозначенную на карте территориальную полосу, а реально функционирующий механизм защиты населения. Согласно выполненным расчётам, концентрация загрязняющего вещества на границе СЗЗ практически полностью соответствует динамике максимального выброса ($r_{12} = 0,9925$). При этом связь со скоростью ветра, несмотря на внешне выраженный характер ($r_{13} = -0,9729$), фактически является опосредованной: после исключения влияния максимального выброса сохраняется лишь статистически незначимый частный коэффициент корреляции $r_{13,2} = -0,0652$. Иными словами, скорость ветра не оказывает определяющего влияния на величину концентрации загрязняющих веществ на границе зоны. Следовательно, основным управляемым фактором выступает не столько метеорологический режим, сколько величина эмиссии непосредственно на источнике.

– Приоритет технологического снижения эмиссии. Поскольку взаимосвязь между максимальной концентрацией (X_2) и концентрацией на границе СЗЗ (X_1) остаётся тесной даже после исключения влияния ветра ($r_{12,3}=0,8495$ — значимый показатель), ключевым направлением минимизации риска является внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) на установках, формирующих наибольшие объёмы выбросов. К таким технологиям относятся: оснащение каталитических установок системами селективного восстановления NO_x , утилизация паров лёгких углеводородов, переход на замкнутые системы водоснабжения, модернизация насосного оборудования для сокращения неорганизованных утечек.

– Необходимость перехода к риск-ориентированному управлению. Сравнение парных и частных коэффициентов корреляции подтверждает, что традиционный подход, основанный исключительно на соблюдении нормативных размеров СЗЗ без учёта фактической эмиссии и условий рассеивания, является недостаточным. При исторически сложившейся застройке, когда нормативный размер СЗЗ не может быть обеспечен, единственным способом достижения приемлемого уровня риска ($CR < 10^{-4}$, $HQ \leq 1$) становится снижение выбросов до такого уровня, при котором концентрации на фактической границе жилой застройки не превышают установленных нормативов.

– Интеграция результатов корреляционного анализа в алгоритм управления. Выявленная структура связей между параметрами позволяет уточнить процедуры, реализуемые на этапах жизненного цикла объекта:

– на этапе проектирования — моделировать рассеивание с учётом реальных метеоусловий и заблаговременно предусматривать необходимые мощности очистного оборудования;

– на этапе эксплуатации — выделять приоритетные установки по величине формируемого риска и корректировать программы производственного экологического контроля;

– на этапе реконструкции — применять НДТ прежде всего для тех источников, которые вносят наибольший вклад в формирование концентрации на границе СЗЗ.

– Комплексный характер мер минимизации. Эффективное управление экологическими рисками НПЗ требует сочетания трёх групп инструментов:

- избегание риска при неприемлемых уровнях воздействия — вынос производства или переселение населения;
- снижение тяжести последствий — технологическое перевооружение, повышение эффективности очистки;
- уменьшение вероятности реализации риска — развитие систем мониторинга, повышение надёжности оборудования, обучение персонала.

– Практическая значимость. Полученные количественные оценки (множественный коэффициент детерминации $R^2_{1,23} = 0,986$) показывают, что сочетание максимальной концентрации и скорости ветра объясняет 98,6 % изменчивости концентрации на границе СЗЗ. Это позволяет прогнозировать уровень воздействия при изменении технологических параметров и обосновывать инвестиции в природоохранные мероприятия с учётом ожидаемого снижения риска.

Таким образом, минимизация выбросов в нефтегазовом секторе и обеспечение безопасности населения в зоне влияния НПЗ должны основываться на интеграции технологических, планировочных и организационных решений. Ключевым элементом такой системы выступает научно обоснованное управление санитарно-защитными зонами с применением методов количественной оценки риска и корреляционно-регрессионного анализа.

Список литературы

1. Fomenko M, Fomenko G, Kalaeva S, Skuratova E. Health Risk Management as an Innovative Mechanism for Ensuring Oil Refineries are Safe for the Local Population. *RT&A*. 2022;(SI 4(70)):282–290.
2. Новиков С.М., Шашина Т.А., Додина Н.С., Кислицин В.А., Сковронская С.А., Мацюк А.В. и др. Опыт практических исследований, по сравнительной оценке, радиационных и химических рисков здоровью населения от воздействия факторов окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2019;98(12):1425–1431. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2019-98-12-1425-1431>
3. Фоменко М.А., Фоменко Г.А., Скуратова Е.А. Алгоритм риск-менеджмента в обеспечении экологической безопасности населения в районе предприятия нефтепереработки. *Стратегические решения и риск-менеджмент*. 2022;13(4):351–363. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2022-4-351-363>
4. Авалиани С.Л., Новиков С.М., Шашина Т.А. Принципы управления риском здоровью населения на основе анализа мероприятий по снижению промышленных выбросов. Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей. В: *Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Пермь, 16–18 мая 2018 года*. Пермь: Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения; 2018. С. 14–19.
5. Р 2.1.10.3968-23. *Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания*. 221 с.
6. *Информация об охране атмосферного воздуха*. 2025. Информация об охране атмосферного воздуха.

Об авторах:

Софья Константиновна Поршнева, магистрант кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), soniaporshneva1821@gmail.com

Елена Владимировна Стасева, кандидат технических наук, доцент кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), elena_staseva@mail.ru

Светлана Евгеньевна Гераськова, старший преподаватель кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), cjamz-2003@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Sofya K. Porshneva, Master's Degree Student of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), soniaporshneva1821@gmail.com

Elena V. Staseva, Associate Professor of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), elena_staseva@mail.ru

Svetlana E. Geraskova, Senior Lecturer of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), cjamz-2003@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the authors declare no conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.