

## ОЦЕНКА РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЦЕМЕНТА

*Проведена оценка канцерогенных и неканцерогенных рисков здоровью населения от работы предприятий по производству цемента. Показано, что уровень рисков вызывает беспокойство. Необходим учет выбросов ртути и ее соединений в атмосферу. Для оздоровления окружающей среды необходимо обеспечить создание санитарно-защитного барьера между территорией предприятия и территорией жилой застройки путем организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха с целью повышения комфортности микроклимата. Включить в программу производственного контроля мониторинг за содержанием в атмосферном воздухе выбросов ртути. Ввести в проекты ПДВ расчеты загрязнений по выбросам ртути.*

*Ключевые слова: канцерогенный, неканцерогенный риски, производство цемента, выбросы ртути, оздоровление окружающей среды.*

Снижение рисков от выбросов вредных веществ актуальная задача повышения здоровья населения Российской Федерации. Оценка риска здоровью населения от загрязнения атмосферного воздуха выбросами стационарных и передвижных источников предприятий по производству цемента способствует выявлению приоритетных загрязнителей, которые представляют наибольшую опасность для здоровья населения, что позволит в дальнейшем разработать планы действия по минимизации их негативного влияния на здоровье.

В качестве методической основы использовали оценки риска в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» Р.2.1.10.1920-04, утвержденным главным государственным санитарным врачом Российской Федерации [1].

Основными этапами процедуры расчета риска являются:

- идентификация опасности, предусматривающая выявление всех потенциальных источников загрязнения атмосферного воздуха, а так же отбор приоритетных факторов, подлежащих углубленному исследованию в процессе оценки риска;
- оценка экспозиции, предусматривающая характеристику уровней, продолжительность, частоту и пути воздействия исследуемых за-

грязнителей, а также определение потенциально экспонированного населения;

- оценка зависимости «доза-ответ», как определение количественной характеристики связей между концентрацией, экспозицией изучаемого вещества и вызываемыми им вредными факторами;
- характеристика риска, предусматривающая установление источников возникновения и степени выраженности рисков для здоровья населения с целью последующего использования на стадии управлении риска.

Данные результаты оценки риска здоровью населения могут быть использованы с целью обоснования приоритетных мероприятий в планах действия по охране окружающей среды и оценки их эффективности; организации санитарно-защитных зон.

Основными источниками выбросов при производстве цемента являются печи обжига клинкера и мельницы помола, причем на долю обжиговых печей приходится до 85 % всех выбросов цементных заводов [2]. Величина пылевого выброса из печей зависит от способа производства клинкера, размеров и конструкции печей, режима процесса обжига, вида применяемого топлива, наличия в печи теплообменных устройств и их конструкций, характеристики сырьевой смеси. Согласно [3], на каждую тонну клинкера приходится 2500-7500 м<sup>3</sup> отходящих газов с запыленностью до очистки 8,5-70 г/м<sup>3</sup>. Пыль обжиговых печей обычно полидисперсная, с высоким содержанием (до 30-70 %) частиц размером менее 10 мкм, характеризуется высокой сорбционной способностью по отношению к тяжелым металлам. Источниками выделения являются мельницы сухого помола сырья, сушильные барабаны, дробильные агрегаты, места транспортировки и хранения цемента и сырьевых материалов.

В результате производственной деятельности предприятий по производству цемента в атмосферный воздух поступает 40-50 наименований загрязняющих веществ, В общем количестве валовых выбросов загрязняющие вещества по классам опасности распределяются следующим образом, %: 1 класс опасности до 0,00006; 2 класс опасности до 0,028; 3 класс опасности до 74; 4 класс опасности – остальное (около 25 %). Например, с учетом данных проекта ПДВ ЗАО «Белгородский цемент», определяли перечни приоритетных загрязняющих компонентов из 45 веществ, выбрасываемых предприятием в атмосферу, определены потенциальные химические канцерогены (табл. 1), относящиеся к группам 1, 2А, 2В по классификации МАИР. Из 45 загрязняющих веществ, канцерогенным эффектом обладают - 7.

Таблица 1

Сведения о показателях опасности развития канцерогенных эффектов  
(ингаляционное воздействие)

№ п.п.	Наименование вещества	CAS	МАИР	EPA	Sfi	URi
1.	Бензин нефтяной	8032-32-4	2B	B2	0,035	0,0098
2.	Бензол	71-43-2	1	A	0,027	0,00756
3.	Сажа	1333-86-4	1		0,0155	0,00434
4.	Свинец	7439-92-1	2A	B2	0,042	0,01176
5.	Формальдегид	50-00-0	2A	B1	0,046	0,013
6.	Хром (VI)	18540-29-3	1	A	42	11,76
7.	Этилбензол	100-41-4	2B	Д	0,00385	0,001078

К загрязняющим веществам, совокупный вклад которых в валовый выброс составляет 95 % и более отнесены вещества, табл. 2.

Таблица 2

Перечень загрязняющих веществ, совокупный вклад которых в выброс составляет более 95 %

№ п/п	Наименование вещества	CAS	Класс опасности	Выброс вещества, т/год	Удельный вес, %
1	азот (IV) оксид	10102-44-0	1	2796	33
2.	пыль неорганическая <20 % SiO <sub>2</sub>		3	2209	26
3.	углерод оксид	630-08-0	4	2110	25
4.	пыль неорганическая 70-20% SiO <sub>2</sub>		3	807	9,6
5.	азот (II) оксид	10102-43-9	2	443	5,2

Также в список приоритетных входят вещества, включенные в перечни приоритетных химических веществ РФ, U.S. EPA, табл. 3.

Расчет канцерогенного риска осуществлялся с использованием данных о величине экспозиции и значениях факторов канцерогенного потенциала [1]:

$$CR=ADD \cdot SF,$$

где ADD - среднесуточная доза в течение жизни, мг (кг/день);  
SF - фактор наклона, (мг/кг\*день)<sup>-1</sup>.

Таблица 3

Перечень загрязняющих веществ, включенные в перечни приоритетных химических веществ РФ, U.S. EPA

№ п/п	CAS	Наименование веществ	Принадлежность к перечням приоритетных веществ по РФ	Принадлежность к перечням приоритетных веществ по U.S., EPA
1.	10102-44-0	Азота (IV) оксид	+	+
2.	7664-41-7	Аммиак	+	
3.	71-43-2	Бензол	+	+
4.	7439-92-1	Свинец	+	
5.	7446-09-5	Серы диоксид	+	+
6.	630-08-0	Углерода оксид	+	+
7.	50-00-0	Формальдегид	+	+
8.	7664-39-3	Фториды растворимые	+	

Таблица 4

Индивидуальный канцерогенный риск на рецепторной территории

№ п/п	Код	Наименование веществ	CAS	Индивидуальный канцерогенный риск
1	184	свинец и его соединения	7439-92-1	1,9E-08
2	203	хром (VI) оксид	18540-29-9	6,7E-06
3	602	бензол	71-43-2	1,6E-06
4	627	этилбензол	100-41-4	5,7E-09
5	1325	формальдегид	50-00-0	9,0E-07
		HI		9,2E-06

В соответствии с п.п. 7.6.2., 7.6.3 «Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» полученный в результате расчетов индивидуальный канцерогенный риск на рецепторной территории от воздействия бензола, хрома (VI) оксида соответствует риску, вызывающему беспокойство (более  $1 \cdot 10^{-6}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-4}$ ).

Неканцерогенный риск количественно оценивали на основе расчета коэффициента опасности  $HQ$ :

$$HQ = C_i / RfC,$$

где  $HQ$  – коэффициент опасности;  $C_i$  – средняя концентрация для воздушной среды – мг/м<sup>3</sup>,  $RfC$  – референтная концентрация, мг/м<sup>3</sup>, табл. 5.

Таблица 5

Неканцерогенный риск на рецепторной территории

№ п/п	Код	Наименование веществ	CAS	Коэффициент опасности (HQ)
1	143	марганец и его соединения	7439-96-5	0,6
2	184	свинец и его соединения	7439-92-1	0,003
3	203	хром (VI) оксид	18540-29-9	0,006
4	301	азот (IV) оксид	10102-44-0	0,05
5	303	аммиак	7664-41-7	0,01
6	304	азот (II) оксид (азота оксид)	10102-43-9	0,01
7	337	углерод оксид	630-08-0	0,02
8	342	фториды газообразные	7664-39-3	0,0007
9	616	ксилол (смесь изомеров)	1330-20-7	0,002
10	621	толуол (метилбензол)	108-88-3	0,004
11	1061	этанол	64-17-5	0,00001
12	1071	фенол	108-95-2	0,005
13	1325	формальдегид	50-00-0	0,02
14	2732	керосин	8008-20-6	0,02
15	2907	пыль неорганическая: более 70% SiO <sub>2</sub>		0,07
16	2908	пыль неорганическая 70-20% SiO <sub>2</sub>		0,07
17	2909	пыль неорганическая < 20 % SiO <sub>2</sub>		0,05
Суммарное значение HQ				0,9

В соответствии с критериями, если величина риска  $HQ < 0,8$ , то неканцерогенный риск считается допустимым ( $< 0,5$  = целевой риск), не вызывающим беспокойства. Если величина риска  $HQ$  от 0,8 до 1,0 – риск предельно допустимый, вызывающий беспокойство. Если  $HQ > 1$  – опасный риск. Суммарное значение риска по неканцерогенным эффектам вызывает беспокойство, табл. 5.

Анализируя данные, представленные предприятиями (форма 2-ТП «воздух»), можно сделать вывод, что в цементном производстве не кон-

тролируются и не учитываются выбросы особо опасного вещества - ртути. Впервые на важность учета выбросов ртути в производстве цемента обратили внимание ученые БГТУ им. В.Г. Шухова в 1990 г. [4]. Подобная ситуация характерна для всех предприятий в цементном производстве России, на что обращено внимание в последующих исследованиях [5-8]. В целом, эмиссия ртути в атмосферу цементными заводами России представлена в табл. 6.

Таблица 6

Эмиссия ртути в атмосферу и эколого-экономический ущерб в стоимостном курсе рубля 2018 г.

Федеральный округ	Общее производство цемента, тыс. т	Эмиссия ртути в атмосферу, т	Эколого-экономический ущерб, млн. руб.
Центральный	12524,9	1,078	199
Северо-Западный	2086,7	0,180	40
Южный	5315,7	0,457	91
Приволжский	6917,5	0,595	118
Уральский	3878	0,333	66
Сибирский	3633,5	0,313	62
Дальневосточный	1316,5	0,112	22
Всего	35672,8	~3,1	598

Ртуть не относят к канцерогенам, но вещество и его соединения являются особо опасными. Для рабочей зоны ПДК равно 0,01 мг/м<sup>3</sup>, для населенных мест ПДК равно 0,0003 мг/м<sup>3</sup>. Коэффициент опасности для ртути равен 83101, поэтому выбросы ртути характеризуются большими величинами приведенных масс, несмотря на относительно небольшие годовые выбросы, табл. 6.

Здесь в соответствии с методикой [9] приведенную массу годового выброса  $M_1$  находили по формуле:

$$M_1 = \sum_{i=1}^N B_i \cdot m_i, \quad B_i = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5,$$

где  $m_i$  – масса выброса, т/год;  $\alpha_1$  – показатель относительной опасности вещества для человека;  $\alpha_2$  – коэффициент, учитывающий вероятность накопления вещества и последующего поступления в организм человека неингаляционным путем;  $\alpha_3$  – показатель опасности вещества для природы (кроме человека);  $\alpha_4$  – вероятность вторичного поступления веще-

ства в атмосферу (образование пыли);  $\alpha_5$  – вероятность образования более токсичных веществ из исходных.

Учет выбросов ртути важен для общей оценки неканцерогенных эффектов. Так, если расчетные значения риска  $HQ$  без учета выбросов ртути не превышают «единицу», то с учетом эмиссии ртути на рецепторные территории (зона влияния предприятия) суммарный неканцерогенный риск может быть опасным:  $HQ > 1$ .

### **Выводы**

1. Индивидуальный канцерогенный риск на рецепторных территориях в зоне влияния предприятия по производству цемента вызывает беспокойство.

2. Для общей оценки неканцерогенных эффектов необходим учет эмиссии ртути на рецепторные территории, так как суммарный неканцерогенный риск может быть опасным:  $HQ > 1$ .

3. С целью снижения риска здоровью населения от химических веществ, поступающих в атмосферу с выбросами от источников загрязнения необходимо провести следующие организационно-технические мероприятия.

4. Обеспечить создание санитарно-защитного барьера между территорией предприятия и территорией жилой застройки путем организации дополнительных озелененных площадей, обеспечивающих экранирование, ассимиляцию и фильтрацию загрязнителей атмосферного воздуха и повышения комфортности микроклимата.

5. Включить в программу производственного контроля мониторинг за содержанием в атмосферном воздухе выбросов ртути. Ввести в проекты ПДВ расчеты загрязнений по выбросам ртути.

### **Библиографический список**

1. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. 2004. 143 с.

2. Хеллстром В. Повышение экологических требований для обеспечения успешной работы в Центральной и Восточной Европе // Цемент и его применение. № 4. 2002. С. 9-11.

3. Пайонке В., Мерсманн М. Реконструкция печных линий в условиях работы российской цементной промышленности // Цемент и его применение. 2002. № 3. С. 11-13.

4. Паус К.Ф., Дуров В.В., Ломаченко В.А., Лопанов А.Н., Шеметова С.М. Определение ртути в цементе // Цемент. 1990. № 12. С. 17-19.

5. Какарека С.В., Хомич В.С., Кухарчик Т.И. и др. Выбросы тяжелых металлов в атмосферу: Опыт оценки удельных показателей - Минск: Институт геологических наук НАН Беларуси. 1998. 156 с.

6. Плышевский С.В., Челноков А.А. Эмиссия тяжелых металлов в атмосферу при производстве цемента // II-е Междунар. сов. по химии и технологии цемента, Москва, 4-8 дек., 2000: Стендовые доклады. Т. 3. - М.: Изд-во РХТУ. 2000. С. 262-265.

7. Челноков А.А., Плышевский С.В. К вопросу об эмиссии тяжелых металлов в атмосферу при производстве цемента // Цемент и его применение. 2000. № 6. . 41 -45.

8. Янин Е.П. Эмиссия ртути в атмосферу при производстве цемента в России. - М.: ИМГРЭ. 2004. 20 с.

9. Лопанов А.Н., Климова Е.В. Мониторинг промышленной безопасности: учеб. пособие. – Белгород: Изд-во БГТУ. 2013. 233 с.

**УДК 504.06; 536.7**

**Матвеева М.А., магистр,  
Таранцева К.Р., д-р техн. наук, проф.**  
(Пензенский Государственный Технологический  
Университет, г. Пенза, Россия)

## **АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ОКСИДА АЗОТА ОТ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ Г. ПЕНЗА**

*Проведен сравнительный анализ выбросов загрязняющих веществ от предприятий теплоэнергетики г. Пенза с помощью предложенного авторами удельного коэффициента нагрузки. В качестве мероприятия по снижению оксида азота рассмотрен метод селективного некаталитического восстановления.*

*Ключевые слова: анализ, выбросы, атмосфера, загрязняющие вещества, теплоэнергетика, ТЭЦ, котельные, топливо, удельный коэффициент нагрузки, оксид азота.*

Основными источниками загрязнения воздуха в городах России являются промышленные предприятия, котельные установки и транспорт. К наиболее объемным стационарным источникам загрязнения атмосферы относят современные теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). В суммарном объеме выбросов загрязняющих веществ от отраслей промышленности - 20,4% выбросов приходится на электроэнергетику [2].

По сравнению с остальными регионами России Пензенская область относится к числу наиболее благополучных по состоянию воздушного бассейна. В области нет предприятий, оказывающих существенное негативное воздействие на качество атмосферного воздуха в межрегиональных (трансграничных) масштабах. Тем не менее, предприятиями области в атмосферный воздух выбрасывается более 300 загрязняющих веществ. Из них ежегодно в течение последних лет предприятиями энергетики до 40%, машиностроения до 10%, промышленности строй-