

## 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<br>(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-