



Республиканское унитарное предприятие
«Научно-практический центр гигиены»

Лаборатория технологий анализа рисков здоровью

**Оценка популяционного неканцерогенного
риска здоровью населения при различной
степени загрязнения атмосферного воздуха**

**Ганькин А.Н., к.м.н., Просвирякова И.А., к.м.н.,
Пшегорода А.Е., Гриценко Т.Д., к.б.н.**

**Научная сессия учреждения образования
«Белорусский государственный медицинский университет»
Минск, 2022**

Метод количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха может быть использован в комплексе медицинских услуг, направленных на медицинскую профилактику воздействия на организм человека факторов среды обитания, использование которого **позволит**:

- проводить гигиеническую оценку степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих химических веществ;
- количественно оценивать популяционный неканцерогенный риск здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха.

На начальном этапе оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения проводится **комплексная гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха**.

Степень загрязнения атмосферного воздуха оценивается по каждому загрязняющему веществу **в отдельности** путем сравнения фактической (расчетной) концентрации со значением гигиенического норматива: предельно допустимой концентрации (ПДК) с учетом периода осреднения или ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ).

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии *нескольких* загрязняющих веществ проводится по величине *комплексного показателя загрязнения «Р»*, учитывающего

- кратность превышения ПДК,
- класс опасности вещества,
- количество совместно присутствующих загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Показатель «Р» учитывает характер комбинированного действия загрязняющих веществ по *типу неполной суммации*.

При длительном поступлении загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в организм человека учитывается синергический эффект (совместное действие, превышающее действие их в отдельности), ингибирующий эффект (совместное действие, уменьшающее действие их в отдельности), независимое действие.

Р – суммарный показатель загрязнения;

K_i – «нормированные» по ПДК концентрации веществ 1, 2, 4 классов опасности «приведенные» к таковой биологически эквивалентного 3-го класса опасности по следующим коэффициентам изоэффективности:

1 класс – 2,0; 2 класс – 1,5; 3 класс – 1,0; 4 класс – 0,8.

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2}$$

Фактическое загрязнение атмосферного воздуха в зависимости от величины показателя «Р» оценивается по пяти степеням:

I – допустимая;

II – слабая;

III – умеренная;

IV – сильная;

V – опасная.

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха по максимальным разовым и среднесуточным концентрациям проводится в соответствии с таблицами

Степень загрязнения атмосферного воздуха	Величина комплексного показателя «Р» при числе загрязнителей атмосферы			
	2–3	4–9	10–20	20 и более
I – допустимая	до 1,6	до 3,0	до 5,0	до 7,1
II – слабая	1,7–3,2	3,1–4,8	5,1–6,4	7,2–8,0
III – умеренная	3,3–6,4	4,9–9,6	6,5–12,8	8,1–16,0
IV – сильная	6,5–12,8	9,7–19,2	12,9–25,6	16,1–32,0
V – опасная	12,9 и выше	19,3 и выше	25,7 и выше	32,1 и выше

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих химических веществ по максимальным разовым концентрациям

Степень загрязнения атмосферного воздуха	Величина комплексного показателя «Р» при числе загрязнителей атмосферы			
	2–3	4–9	10–20	20 и более
I – допустимая	до 1,0	до 1,9	до 3,1	до 4,4
II – слабая	1,1–2,0	2,0–3,0	3,2–4,0	4,5–5,0
III – умеренная	2,1–4,0	3,1–6,0	4,1–8,0	5,1–10,0
IV – сильная	4,1–8,0	6,1–12,0	8,1–16,0	10,1–20,0
V – опасная	8,1 и выше	12,1 и выше	16,1 и выше	20,1 и выше

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих химических веществ по среднесуточным концентрациям

При отсутствии фактических (расчетных) концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе длительного периода осреднения используются ориентировочные соотношения между максимальной разовой, среднесуточной, среднегодовой концентрациями как **10 : 4 : 1**.

Для оценки степени суммарного загрязнения атмосферного воздуха рядом веществ также используется комплексный показатель – **индекс загрязнения атмосферы**. Расчет ИЗА для одного вещества проводится по формуле:

q_i – концентрация i -того вещества;

$ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация соответствующего периода осреднения;

K_i – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения атмосферного воздуха i -м веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы:

1 класс – 1,7; 2 класс – 1,3; 3 класс – 1,0; 4 класс – 0,9.

$$L_i = \left(\frac{q_i}{ПДК_i} \right)^{K_i}$$

Величина суммарного загрязнения атмосферы (комплексный ИЗА – КИЗА) получается путем сложения значений ИЗА (полученных для каждого вещества в отдельности).

Комплексный ИЗА (КИЗА), учитывающий m (где $m=5$) веществ, вносящих основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха, рассчитывается по формуле:

$$I(m) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{q_i}{ПДК_i} \right)^{K_i}$$

Фактическое загрязнение атмосферного воздуха в зависимости от величины комплексного ИЗА оценивается по пяти степеням:

I – допустимая;

II – слабая;

III – умеренная;

IV – сильная;

V – опасная.

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного по величине комплексного ИЗА проводится в соответствии с таблицей:

Степень загрязнения атмосферного воздуха	Значение КИЗА при количестве загрязняющих веществ			
	максимальная разовая концентрация загрязняющего вещества		среднесуточная концентрация загрязняющего вещества	
	до 10	11 и более	до 10	11 и более
I – допустимая	до 5	до 7,0	до 2	до 4,0
II – слабая	5 – 8	7,1 – 8,9	2 – 5	4,1 – 5,1
III – умеренная	8 – 15	9,0 – 10,1	5 – 12	5,2 – 6,3
IV – сильная	15 – 30	10,2 – 11,1	12 – 16	6,4 – 7,5
V – опасная	31 и выше	11,2 и выше	17 и выше	7,6 и выше

Значение комплексного индекса загрязнения атмосферы приоритетными веществами ($m=5$) оценивается в соответствии с таблицей:

Степень загрязнения атмосферного воздуха	Значение КИЗА (при $m=5$), максимальная разовая концентрация загрязняющего вещества	Значение КИЗА (при $m=5$), среднесуточная концентрация загрязняющего вещества
I – допустимая	до 5	до 2
II – слабая	5 – 8	2 – 5
III – умеренная	8 – 15	5 – 12
IV – сильная	15 – 30	12 – 16
V – опасная	31 и выше	17 и выше

Использование предложенного механизма на примере анализа результатов расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от объекта теплоэнергетики.

В настоящее время функционирование объекта сопряжено с потенциальным воздействием на атмосферный воздух 42 источников загрязнения атмосферы, в том числе:

- организованных – 29 источников;
- неорганизованных – 13 источников.

При функционировании источников в атмосферный воздух выбрасывается 33 наименования загрязняющих веществ, из них:

- 1 класса опасности – 6 веществ;
- 2 класса опасности – 10 веществ;
- 3 класса опасности – 8 веществ;
- 4 класса опасности – 3 веществ;
- класс опасности не определен – 6 веществ.

Валовый выброс (с учетом работы на резервном дизельном топливе, существующее положение) составляет **20,76174 т/год**, максимальный разовый выброс (с учетом работы на резервном дизельном топливе, существующее положение) составляет **3,13084 г/с**.

С учетом перспективы развития объекта (реализации проектных решений) количество источников выбросов увеличится на 1 организованный источник. Качественный состав выбросов останется прежним.

Валовый выброс составит (с учетом перспективы развития) **50,10257 т/год**, максимально разовый выброс составит (с учетом перспективы развития) **8,82223 г/с**.

Согласно представленным результатам расчета рассеивания, максимальные (расчетные) концентрации загрязняющих веществ, входящих в состав выбросов объекта (с учетом модернизации источника теплоснабжения), в расчетных точках на границе проектируемой (расчетной) санитарно-защитной зоны, территории жилой застройки, не превысят установленные гигиенические нормативы.

Комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха с учетом модернизации источника теплоснабжения в расчетных точках на границе расчетной (проектируемой) санитарно-защитной зоны (максимальные концентрации из расчетных)

Загрязняющее вещество	Класс опасности	Граница расчетной (проектируемой) санитарно-защитной зоны		
		Кратность превышения ПДК	Индекс загрязнения атмосферного воздуха	Вклад в комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха, %
Никель оксид	2	0,08	0,037499	1,25
Свинец и его неорганические соединения	1	0,02	0,001293	0,04
Азот (IV) оксид	2	0,43	0,333817	11,15
Аммиак	4	0,23	0,266413	8,89
Углерод черный (сажа)	3	0,35	0,35	11,69
Сера диоксид	3	0,35	0,35	11,69
Сероводород	2	0,25	0,164938	5,51
Углерод оксид	4	0,2	0,234924	7,85
Бенз/а/пирен	1	0,03	0,002577	0,09
Пентан-1-ол	3	0,23	0,23	7,68
Фенол (гидроксибензол)	2	0,09	0,043703	1,46
Ацетальдегид	3	0,04	0,04	1,34
Формальдегид (метаналь)	2	0,7	0,628966	21,01
Уксусная кислота	3	0,01	0,01	0,33
Углеводороды предельные алифатического ряда C ₁₁ -C ₁₉	4	0,06	0,079494	2,66
Твердые частицы	3	0,22	0,22	7,35
Комплексный индекс загрязнения атмосферы составил:				2,99
Комплексный индекс загрязнения атмосферы приоритетными веществами (m = 5),				1,93
<i>(Азот (IV) оксид (азота диоксид), Аммиак, Углерод черный (сажа), Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ), Формальдегид (метаналь)) составил:</i>				

Комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха с учетом модернизации источника теплоснабжения в расчетных точках на территории жилой застройки (в радиусе 40 высот дымовой трубы), максимальные концентрации из расчетных

Загрязняющее вещество	Класс опасности	Жилая застройка		
		Кратность превышения ПДК	Индекс загрязнения атмосферного воздуха	Вклад в комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха, %
Никель оксид	2	0,03	0,010477	0,58
Свинец и его неорганические соединения	1	0,01	0,000398	0,02
Азот (IV) оксид	2	0,22	0,139685	7,74
Аммиак	4	0,22	0,255965	14,19
Углерод черный (сажа)	3	0,06	0,06	3,33
Сера диоксид	3	0,20	0,2	11,09
Сероводород	2	0,04	0,015229	0,84
Углерод оксид	4	0,15	0,181335	10,05
Бенз/а/пирен	1	0,03	0,002577	0,14
Пентан-1-ол	3	0,01	0,01	0,55
Фенол (гидроксибензол)	2	0,09	0,043703	2,42
Ацетальдегид	3	0,01	0,01	0,55
Формальдегид (метаналь)	2	0,7	0,628966	34,86
Уксусная кислота	3	0,01	0,01	0,55
Углеводороды предельные алифатического ряда C ₁₁ -C ₁₉	4	0,01	0,015849	0,88
Твердые частицы	3	0,22	0,22	12,19
Комплексный индекс загрязнения атмосферы составил:				1,804
Комплексный индекс загрязнения атмосферы приоритетными веществами (m = 5), (Аммиак, Сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ), Углерод оксид (окись углерода, угарный газ), Формальдегид (метаналь), Твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль)) составил:				1,49

Согласно полученным результатам расчетов, комплексный индекс загрязнения атмосферного воздуха приоритетными загрязняющими веществами, входящими в состав выбросов объекта с учетом модернизации источника теплоснабжения», оценивается как «**низкий**» в расчетных точках на территории жилой застройки и в расчетных точках на границе расчетной (проектируемой) санитарно-защитной зоны.

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха, с учетом модернизации источника теплоснабжения» в расчетных точках на границе расчетной (проектируемой) санитарно-защитной зоны

Загрязняющее вещество	Класс опасности	Кратность превышения ПДК	
		фактическая	приведенная к 3-му классу
Никель оксид	2	0,08	0,12
Свинец и его неорганические соединения	1	0,02	0,04
Азот (IV) оксид (азота диоксид)	2	0,43	0,645
Аммиак	4	0,23	0,184
Углерод черный (сажа)	3	0,35	0,35
Сера диоксид	3	0,35	0,35
Сероводород	2	0,25	0,375
Углерод оксид	4	0,2	0,16
Бенз/а/пирен	1	0,03	0,06
Пентан-1-ол (амиловый спирт)	3	0,23	0,23
Фенол (гидроксибензол)	2	0,09	0,135
Ацетальдегид	3	0,04	0,04
Формальдегид (метаналь)	2	0,7	1,05
Уксусная кислота	3	0,01	0,01
Углеводороды предельные алифатического ряда C ₁₁ -C ₁₉	4	0,06	0,048
Твердые частицы	3	0,22	0,22
Показатель «Р» составил 1,45			

Загрязняющее вещество	Класс опасности	Кратность превышения ПДК	
		фактическая	приведенная к 3-му классу
Никель оксид	2	0,03	0,045
Свинец и его неорганические соединения	1	0,01	0,02
Азот (IV) оксид (азота диоксид)	2	0,22	0,33
Аммиак	4	0,22	0,176
Углерод черный (сажа)	3	0,06	0,06
Сера диоксид	3	0,20	0,2
Сероводород	2	0,04	0,06
Углерод оксид	4	0,15	0,12
Бенз/а/пирен	1	0,03	0,06
Пентан-1-ол (амиловый спирт)	3	0,01	0,01
Фенол (гидроксибензол)	2	0,09	0,135
Ацетальдегид	3	0,01	0,01
Формальдегид (метаналь)	2	0,7	1,05
Уксусная кислота	3	0,01	0,01
Углеводороды предельные алифатического ряда C ₁₁ -C ₁₉	4	0,01	0,008
Твердые частицы	3	0,22	0,22
Показатель «Р» составил 1,173			

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного с учетом модернизации источника теплоснабжения» в расчетных точках на территории жилой застройки (в радиусе 40 высот дымовой трубы)

Согласно полученным результатам, степень загрязнения атмосферного воздуха комплексом загрязняющих веществ, входящих в состав выбросов объекта с учетом модернизации источника теплоснабжения, в расчетных точках на территории жилой застройки (в радиусе 40 высот дымовой трубы) и границе расчетной (проектируемой) санитарно-защитной зоны характеризуется как «допустимая (I)».

При «допустимой» степени загрязнения атмосферного воздуха наблюдается фоновый уровень заболеваемости, при этом градация популяционного здоровья составляет: адаптация-компенсация-резистентность. Низкая приоритетность действий (таблица)

Степень загрязнения атмосферного воздуха	Уровень риска	Градация популяционного здоровья	Приоритетность действий
Допустимая I	1×10^{-6} и менее приемлемый уровень риска	Адаптация / Компенсация / Резистентность (фоновый уровень заболеваемости)	Низкая приоритетность. Действующая система управления риском. Дополнительных мер не требуется.
Слабая II	от 1×10^{-5} до 1×10^{-6} условно приемлемый уровень риска*		
Умеренная III	от 1×10^{-4} до 1×10^{-5} допустимый уровень риска	Напряжение адаптации (достоверное превышение фонового уровня заболеваемости)	Средняя приоритетность. Идентификация опасности и принятие решений о снижении уровней риска.
Сильная IV	от 1×10^{-3} до 1×10^{-4} неприемлемый уровень риска	Перенапряжение адаптации (достоверное превышение фонового и высшей границы фонового уровня заболеваемости)	Высокая приоритетность. Идентификация опасности, проведение исследований по оценке риска для здоровья и одновременное осуществление экстренных мер по снижению риска.
Опасная V	1×10^{-3} и более недопустимый уровень риска	Срыв адаптации (превышение фонового уровня заболеваемости в несколько раз).	Высокая приоритетность. Срочное принятие комплекса экстренных мер по снижению риска.

* – уровень, на котором установлено большинство зарубежных и рекомендуемых международными организациями гигиенических нормативов для населения в целом.



Спасибо за внимание!

*www.rspch.by
www.certificate.by*