



# РЕЗУЛЬТАТЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА СЕЛИТЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**АВТОРЫ:** Гриценко Т.Д., Соколов С.М., Пшегорода А.Е.

**Виртуальная выставка  
научных разработок  
«Гигиеническая  
безопасность»**

ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ № 030-1221 «Метод количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха»  
(утверждена заместителем Министра – Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 11.05.2022)

**Назначение:**

метод может быть использован в комплексе медицинских услуг, направленных на медицинскую профилактику воздействия на организм человека факторов среды обитания, что 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.

**Основные характеристики:**

метод устанавливает порядок проведения количественной оценки популяционного неканцерогенного риска здоровью населения при различной степени загрязнения атмосферного воздуха.

**Сфера применения:**

предназначена для врачей-гигиенистов, иных врачей – специалистов учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор, а также сотрудников государственных медицинских научных организаций.

# ПРОВЕДЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ПОПУЛЯЦИОННОГО НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

## ЭТАП ОЦЕНКИ РИСКА:

- ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ  
«Р»

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ  
ИЗА

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ  
КИЗА

Гигиеническая оценка степени опасности загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии нескольких загрязняющих химических веществ в воздухе проводилась по величине суммарного показателя загрязнения «Р», учитывающего кратность превышения ПДК, класс опасности вещества, количество совместно присутствующих загрязнителей в атмосфере.

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

При длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм человека характер их комбинированного действия в большинстве случаев неизвестен и такое количественное его выражение максимально приближено к возможному биологическому воздействию.

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ «Р»

Расчет комплексного показателя «Р» проводится по формуле:

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

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

Класс опасности	1	2	3	4
$K_i$	2,0	1,5	1,0	0,8

## ИНДЕКС ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА (ИЗА)

Расчет ИЗА для одного вещества проводится по формуле:

$$Li = \left( \frac{qi}{ПДКi} \right)^{Ki}$$

где  $qi$  – концентрация  $i$ -того вещества;

$ПДКi$  – предельно допустимая концентрация соответствующего периода осреднения;

$Ki$  – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха  $i$ -м веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Комплексный ИЗА, учитывающий  $m$  веществ, присутствующих в атмосфере, рассчитывается по формуле:

$$I(m) = \sum_{i=1}^m \left( \frac{qi}{ПДКi} \right)^{Ki}$$

где  $qi$  – концентрация  $i$ -того вещества;

$ПДКi$  – предельно допустимая концентрация соответствующего периода осреднения;

$Ki$  – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха  $i$ -м веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Комплексный ИЗА отражает уровень загрязнения атмосферы (в единицах ПДК диоксида серы) которому соответствует фактически наблюдаемые концентрации  $m$  веществ в городской атмосфере, т. е. показывает во сколько раз суммарный уровень загрязнения воздуха превышает допустимое значение по рассматриваемой совокупности примесей в целом.

Класс опасности	1	2	3	4
$K_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КИЗА

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

Для химических веществ, не обладающих канцерогенным механизмом воздействия

КИЗА – отражает уровень загрязнения атмосферного воздуха, которому соответствует фактически наблюдаемые концентрации  $m$  веществ (где  $m = 5$ ) в атмосферном воздухе.

Характеристика суммарного загрязнения позволяет учитывать концентрации примесей многих веществ и представлять уровень загрязнения воздуха одним числом.

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

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

**ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПО ВЕЛИЧИНЕ КОМПЛЕКСНОГО ИНДЕКСА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА (КИЗА)**

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 1,6	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

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

Проведен анализ результатов расчетов комплексных показателей «Р», ИЗА и КИЗА, отражающих степень загрязнения атмосферного воздуха и характеризующих уровень неканцерогенного риска здоровью.

**В анализ включены результаты расчетов показателей по 270 объектам промышленности:**



Результаты характеризовали степень загрязнения атмосферного воздуха на границе расчетной СЗЗ и границе жилой зоны.

Расчет и анализ степени загрязнения атмосферного воздуха в среднем проводился по 12 загрязняющим веществам (минимальное количество – 3, максимальное – 92), основными представителями из которых были:

- азот (IV) оксид (азота диоксид), формальдегид (метаналь)
- аммиак, углерод черный (сажа)
- твердые частицы (недифференцированная по составу пыль/аэрозоль)
- сера диоксид (ангидрид сернистый, сера (IV) оксид, сернистый газ)
- углерод оксид (окись углерода, угарный газ)
- углеводороды предельные алифатического ряда  $C_{11}-C_{19}$
- пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния менее 70 %

Значения индекса загрязнения атмосферного воздуха и комплексного показателя «Р» на границе расчетной СЗЗ и границе жилой зоны в среднем составляли  $2,17 \pm 1,53$ ,  $1,25 \pm 0,58$  и  $1,88 \pm 1,33$ ,  $1,16 \pm 0,56$  соответственно.

Степень загрязнения атмосферного воздуха по величине комплексного показателя «Р» оценивалась как «допустимая», популяционный уровень риска  $1 \times 10^{-7}$  (приемлемый уровень риска), градация популяционного здоровья – адаптация (фоновый уровень заболеваемости), приоритетность действий – низкая (действующая система управления риском, дополнительных мер не требуется).

В ходе корреляционного анализа установлена связь высокой силы между значениями показателя ИЗА и показателя «Р» на границе СЗЗ (0,81, при  $p < ,05$ ), значениями показателя ИЗА и показателя «Р» на границе жилой зоны (0,80, при  $p < 0,05$ ), а также значениями показателя КИЗА и показателя «Р» на границе расчетной СЗЗ и границе жилой зоны (0,79 и 0,71 при  $p < 0,05$  соответственно).

<b>«Р», ИЗА</b>	<b>КИЗА</b>
I – допустимая II – слабая III – умеренная IV – сильная V – опасная	низкий средний выше среднего значительно выше среднего

## ЭТАП ОЦЕНКИ РИСКА:

- КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОПУЛЯЦИОННОГО НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА



## ПРОГНОЗ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ

На основании фактических уровней загрязнения атмосферного воздуха ( $P_i$ ) и фактического уровня заболеваемости населения (той или иной нозологической формой –  $Z_i$ ) в динамике за ряд лет с помощью регрессионного анализа по математической модели вида  $y_i = f(x_i)$  рассчитывается количественный прогноз влияния степени загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения по формуле:

$$Y_i = a + bx ,$$

где  $y_i$  – расчетный уровень заболеваемости населения при заданном уровне загрязнения атмосферного воздуха ( $P_i$ );

$x_i$  – прогнозный комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха ( $P_i$ );

$a$  – уровень заболеваемости населения той или иной нозологической формой при допустимой степени загрязнения атмосферного воздуха;

$b$  – коэффициент возрастания заболеваемости населения той или иной нозологической формой при возрастании степени загрязнения атмосферного воздуха на единицу.

## ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФОНОВОЙ И ИЗБЫТОЧНОЙ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ

Эпидемиологическую оценку фоновой и избыточной заболеваемости в избранных для наблюдения различных районах и в целом по городу в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха проводят по формуле:

$$Z_p = \frac{Z_i}{Z_o},$$

где  $Z_p$  – превышение фонового уровня заболеваемости населения по отношению к заболеваемости населения в условиях допустимого уровня загрязнения атмосферного воздуха;

$Z_i$  – фактический уровень заболеваемости населения;

$Z_o$  – уровень заболеваемости населения при допустимом уровне загрязнения атмосферного воздуха.

Расчет «фоновых» показателей заболеваемости населения проводится по исследуемым территориям не менее чем за 5 лет. Данный показатель рассчитывается из 3-х минимальных значений по каждому из рассматриваемых видов патологии.

«Фоновые» и фактические значения используются для расчета показателей относительного эпидемиологического риска по формуле:

$$T = \frac{Z_{\text{факт}} - Z_{\text{фон}}}{\sigma},$$

где  $Z_{\text{факт}}$  – фактический показатель;

$Z_{\text{фон}}$  – «фоновый» показатель;

$\sigma$  – среднее квадратичное отклонение.

Величина  $t$  и значение относительного эпидемиологического риска возникновения той или иной патологии на изучаемой территории (величина  $R$ ) связаны между собой интегральной функцией нормального распределения Стьюдента.

При заданных параметрах нормального распределения степень риска влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья населения (относительный эпидемиологический риск) может оцениваться в следующих интервалах:

минимальный риск	$R < 0,312;$
умеренный риск	$R = 0,313-0,500;$
повышенный риск	$R = 0,501-0,688;$
высокий риск	$R > 0,689.$

При этом характеристика относительного эпидемиологического риска может соответствовать степени загрязнения атмосферного воздуха (допустимая/слабая, умеренная, сильная и опасная).

## ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ РИСК (ОР)

Относительный риск (ОР) – отношение показателей заболеваемости (фактический уровень первичной заболеваемости населения) в группе лиц, подвергающихся влиянию изучаемого фактора (при одной степени загрязнения атмосферного воздуха), к тем же показателям у лиц при другой степени загрязнения атмосферного воздуха (либо к показателям у лиц при допустимом уровне загрязнения атмосферного воздуха), формула:

$$ОР = PЗ_{\phi} / PЗ_{д}$$

где  $PЗ_{\phi}$  – заболеваемости в группе лиц, подвергающихся влиянию изучаемого фактора (при одной степени загрязнения атмосферного воздуха);

$PЗ_{д}$  – уровень первичной заболеваемости населения при другой степени загрязнения атмосферного воздуха (либо при допустимом уровне загрязнения атмосферного воздуха).

## Абсолютный риск (АР)

Абсолютный риск (АР) – это разность показателей заболеваемости у лиц, подверженных и неподверженных воздействию фактора (либо подвергшегося воздействию при различных степенях загрязнения атмосферного воздуха), количество дополнительных заболеваний, возникших в результате воздействия вредного фактора, формула:

$$AP = PZ_{\phi} - PZ_{д},$$

где  $PZ_{\phi}$  – уровень заболеваемости в группе лиц, подвергающихся влиянию изучаемого фактора (либо при одной степени загрязнения атмосферного воздуха);

$PZ_{д}$  – уровень первичной заболеваемости населения при другой степени загрязнения атмосферного воздуха (либо при допустимом уровне загрязнения атмосферного воздуха).

## АТТРИБУТИВНЫЙ ПОПУЛЯЦИОННЫЙ РИСК (АПР)

Атрибутивный популяционный риск (АПР) – количественная оценка избыточной заболеваемости во всей популяции (РЗ) по отношению к заболеваемости в популяции, подвергшейся воздействию определенной степени загрязнения атмосферного воздуха (РЗ<sub>д</sub>), уравнение:

$$\text{АПР} = \text{РЗ} - \text{РЗ}_{\text{д}}$$

Количество дополнительных вредных эффектов в экспонированной популяции (популяционный риск) рассчитывается как произведение вероятности развития неблагоприятного эффекта у экспонированного индивидуума на численность экспонированного контингента населения.

При оценке неканцерогенного риска закладывается принцип пороговости действия, согласно которому негативные эффекты или ответы со стороны здоровья проявляются, начиная с реперного уровня.



Республиканское унитарное предприятие  
«Научно-практический центр гигиены»



220012, г. Минск  
ул. Академическая, 8



+375 17 347-73-70



rspch@rspch.by



+375 17 272-33-45



rspch.by  
certificate.by

### Образовательный центр «МОЦНА»:

- курсы повышения квалификации;
- обучающие семинары;
- стажировки на рабочих местах.



+375 17 399-87-34



edu@rspch.by

### Лаборатория технологий анализа рисков здоровью



+375 17 3791379



rspc@rspch.by



Информация о всех разработках Центра  
доступна по ссылке:  
<https://rspch.by/ru/DevelopedDocuments>