

## ОЦЕНКА РИСКА РАЗВИТИЯ БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ У ДЕТЕЙ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ВЫБРОСОВ МНОГОТОПЛИВНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Петров С.Б.<sup>1</sup>, Пономарева О.В.<sup>1</sup>, Чагаева Н.В.<sup>1</sup>, Петров Б.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФБГОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет» Минздрава России, Киров, e-mail: sbpetrov@mail.ru

В работе приведены результаты исследования по изучению риска развития болезней органов дыхания у детского населения в зоне влияния атмосферных выбросов многотопливного предприятия теплоэнергетики. Исследование выполнено на территории г. Кирова, регионального центра северо-востока европейской части России, в зоне влияния атмосферных выбросов городской теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) № 4. С помощью кластерного анализа в зоне влияния были выделены 3 района, статистически значимо отличающихся по расчетным приземным концентрациям веществ, входящих в состав выбросов ТЭЦ: взвешенным веществам, диоксиду серы, оксидам углерода и азота. Группу наблюдения составили 398 детей в возрасте от 3 до 7 лет, проживающих в районе с наибольшими значениями расчетных концентраций, группу контроля составили 400 детей в возрасте от 3 до 7 лет, проживающих в районе с минимальными значениями расчетных концентраций. Установлено, что в районе с интенсивным загрязнением атмосферными выбросами многотопливного предприятия теплоэнергетики наблюдаются статистически значимо высокие по сравнению с контрольным районом значения частоты таких заболеваний, как острый фарингит и ларингит, острый трахеит, острый бронхит, пневмонии, а также острые респираторные вирусные инфекции (ОРВИ). Уровень относительного риска (RR) составил для острого фарингита и ларингита – 1,61; для острого трахеита – 1,28; острого бронхита – 2,08; для пневмонии – 2,92; для ОРВИ – 1,37.

Ключевые слова: атмосферные выбросы, болезни органов дыхания, детское население, заболеваемость, городская среда обитания, риск здоровью.

## EVALUATION OF THE RISK OF RESPIRATORY DISEASES IN CHILDREN IN THE ZONE OF INFLUENCE OF ATMOSPHERIC EMISSIONS OF MULTI-FUEL THERMAL POWER PLANT

Petrov S.B.<sup>1</sup>, Ponomareva O.V.<sup>1</sup>, Chagaeva N.V.<sup>1</sup>, Petrov B.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kirov State Medical University, Kirov, e-mail: sbpetrov@mail.ru

The results of studies on the risk of respiratory diseases in children population in the zone of influence of atmospheric emissions of multi-fuel thermal power plant. The study was performed in the city of Kirov, the regional centre of the North-East of the European part of Russia, in the zone of influence of atmospheric emissions from city combined heat and power (CHP) plant No. 4. Using cluster analysis in the zone of influence was divided into 3 areas, a statistically significant different in the estimated ground level concentrations of substances in the composition of emissions from CHP – particular matter, sulfur dioxide, carbon and nitrogen oxides. The monitoring group comprised 400 children aged 3 to 7 years living in the area with the largest values of the estimated concentrations, the control group consisted of 400 children aged 3 to 7 years living in the area with the minimum values of the estimated concentrations. It is established that in the area of intensive pollution of atmospheric emissions of multi-fuel thermal power plant observed statistically significantly high compared to control area frequency of diseases such as acute pharyngitis and laryngitis, acute tracheitis, acute bronchitis, pneumonia, and acute respiratory viral infections (ARVI). The relative risk (RR) accounted for acute pharyngitis and laryngitis – 1,61; acute tracheitis – 1,28; acute bronchitis is 2.08; for pneumonia – 2,92; for ARVI – 1,37.

Keywords: atmospheric emissions, diseases of the respiratory system, pediatric population, morbidity, urban environment, health risk.

Исследования по изучению влияния экологических факторов на здоровье детского населения в настоящее время относятся к числу наиболее актуальных научных направлений. Среди загрязнителей воздушного бассейна современных городов большой удельный вес

принадлежит атмосферным выбросам предприятий теплоэнергетического комплекса. В состав атмосферных выбросов предприятий теплоэнергетики входят взвешенные вещества, диоксид серы, оксиды азота и оксид углерода, отнесенные Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) к наиболее опасным для городского населения веществам, способствующим повышению уровня заболеваемости болезнями органов дыхания и кровообращения [1; 2].

**Цель** исследования: эколого-эпидемиологическая оценка риска развития болезней органов дыхания у детей в зоне влияния предприятия теплоэнергетики.

**Материалы и методы.** Когортное ретроспективное исследование выполнено на территории города Кирова, одного из региональных промышленных центров северо-востока России, в зоне влияния атмосферных выбросов городской теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) № 4, многотопливного предприятия теплоэнергетики, где в качестве топлива используются природный газ, уголь, торф и мазут. Расчет приземных концентраций веществ, входящих в состав выбросов ТЭЦ: взвешенных частиц, диоксида серы, оксида углерода и оксидов азота, выполнен в соответствии с Приказом Минприроды России № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» с помощью программы собственной разработки «Экорасчет» (свидетельство о гос. регистрации № 2017612644). Районирование зоны влияния атмосферных выбросов ТЭЦ в зависимости от уровня загрязнения воздуха выполнено при помощи кластерного анализа [3]. Выделено 3 района (кластера), статистически значимо отличающихся по уровню приземных концентраций веществ, входящих в состав атмосферных выбросов ТЭЦ. Район № 1 включал часть зоны влияния, расположенную на удалении от 1,2 до 2,4 км от ТЭЦ в северном, северо-восточном и восточном направлении (что соответствует направлению ветров с наибольшей повторяемостью на данной территории). Район № 2 включал часть зоны влияния, расположенную на удалении 2,4–4 км в северном, северо-восточном и восточном направлении и 1,2–4 км для остальных румбов. Район № 3 составила часть зоны влияния, расположенная на расстоянии свыше 4 км от предприятия теплоэнергетики. Максимальные значения концентраций веществ, входящих в состав атмосферных выбросов ТЭЦ, осредненных за 3-летний период, наблюдались на площади района № 1, минимальные значения – в районе № 3. Отбор детей в исследование проводился в 2 этапа. Критериями включения в исследование на первом этапе являлись: возраст от 3 до 7 лет, постоянное проживание (с рождения) в районах № 1 и № 3 зоны влияния выбросов ТЭЦ, посещение дошкольного детского учреждения (детского сада), расположенного на территории районов № 1 и № 3. Второй этап включал процедуру рандомизации с формированием групп наблюдения и контроля. Группу наблюдения составили дети района № 1 в количестве 398

человек, в группу контроля вошли дети, проживающие в районе № 3 в количестве 400 человек. Медианный возраст  $M_e(Q_1-Q_3)$  в группе наблюдения составил 5 (4-6) лет, в контрольной группе – 5 (4-5) лет. Группа наблюдения состояла из 208 (52,26%) девочек и 190 мальчиков (47,74%). Контрольную группу составили 181 (45,25%) девочка и 219 (54,75%) мальчиков. Сбор информации о болезнях органов дыхания проведен путем ретроспективного анализа сведений из амбулаторных карт. Статистическая обработка данных включала методы описательной и аналитической статистики. Количественные признаки представлены медианой и межквартильным размахом  $M_e(Q_1 - Q_3)$ . Качественные данные представлены относительными величинами (%) в виде 95% доверительных интервалов CI95%. Оценка статистической значимости количественных данных выполнена с помощью критерия Манна – Уитни, качественных данных – с помощью критерия Хи-квадрат. В качестве критического уровня статистической значимости различия выборочных данных ( $p$ ) выбрано значение  $p < 0,05$  [3]. Сравнительная оценка риска развития болезней органов дыхания в группах наблюдения и контроля выполнена расчетом коэффициента относительного риска (RR) и 95% доверительных интервалов RR (CI95% RR), доли добавочного риска (ARF) и 95% доверительных интервалов ARF (CI95% ARF), а также по предложенной нами методике расчета интегрального индекса риска (ИИР), где  $ИИР = 5 \lg RR_1 + 5 \lg RR_2 + \dots + 5 \lg RR_n$ , где  $RR_n$  - коэффициенты относительного риска по отдельным нозологическим формам. Статистическая обработка выполнена при помощи пакетов программ Microsoft Excel и Statistica 8.0.

**Результаты и обсуждение.** Анализ топливного баланса ТЭЦ за 15-летний период позволил выявить 3 основных сценария работы многотопливного предприятия теплоэнергетики по соотношению разных видов топлива: сценарий I, с долей твердого топлива (каменного угля и торфа) более 50%; сценарий II, характеризующийся долей твердого топлива менее 20% и, соответственно, значительным преобладанием природного газа в топливном балансе; сценарий III, являющийся переходным между сценариями II и I и характеризующийся увеличением доли твердого топлива до 30–35%. В таблице 1 приведены расчетные данные приземных концентраций веществ, входящих в состав атмосферных выбросов многотопливной ТЭЦ при реализации сценария работы III для районов наблюдения и контроля.

Таблица 1

Расчетные приземные концентрации атмосферных выбросов ТЭЦ, мг/м<sup>3</sup>

	Район наблюдения	Район контроля	p
Взвешенные вещества	0,046 – 0,059*	0,008 – 0,01	<0,05
Диоксид серы	0,06 – 0,08*	0,01 – 0,013	<0,05
Оксид углерода	0,006 – 0,008*	0,001 – 0,002	<0,05

Оксиды азота (NO <sub>x</sub> )	0,04 – 0,06*	0,008 – 0,009	<0,05
<b>Индекс опасности</b>	<b>2,93 – 3,78*</b>	<b>0,53 – 0,62</b>	<b>&lt;0,05</b>

\*различие с контрольным районом статистически значимо.

В состав атмосферных выбросов многотопливной ТЭЦ входят взвешенные вещества (летучая зола и сажа), диоксид серы, оксид углерода и оксиды азота. Данные вещества оказывают существенное патологическое влияние на систему органов дыхания. Современные представления о патогенном воздействии взвешенных веществ на органы дыхания связаны с их способностью стимулировать длительное избыточное образование в легких активных форм кислорода (АФК). Свободные радикалы, обладая высокой химической активностью, вызывают асептическое воспаление в органах дыхания [4]. Диоксид серы обладает резким раздражающим и общетоксическим действием. При действии малых концентраций наблюдается воспаление слизистых верхних дыхательных путей бронхов, выражающееся в приступах сухого кашля, ощущении жжения и боли в носу и горле. Токсическое действие диоксида серы значительно усиливается при одновременном присутствии во вдыхаемом воздухе оксидов азота и оксида углерода [5]. Диоксид азота, проникая в легкие, будучи сильным окислителем, непосредственно поражает ткани бронхолегочной системы. В экспериментах доказано угнетение механизмов противоинфекционной защиты легких, в том числе фагоцитарной [6]. Оксид углерода оказывает непосредственное токсическое действие на клетки, нарушая тканевое дыхание и уменьшая потребление тканями кислорода. Патогенетическое значение в развитии болезней органов дыхания имеют рефлекторный и аллергический механизмы, раздражающее и цитотоксическое действие адсорбированных на поверхности пылевых частиц газообразных соединений [6]. В районе наблюдения имеется статистически значимо большие значения расчетных приземных концентраций атмосферных выбросов ТЭЦ по сравнению с контрольным районом. Индекс опасности (ИИ) статистически значимо выше в районе наблюдения, и по верхней границе 95% доверительного интервала превышает значения приемлемого риска (ИИ=3) [7].

В таблице 2 представлены данные по частоте острых воспалительных заболеваний верхних дыхательных путей, ОРВИ и пневмонии у детей групп наблюдения и контроля.

Таблица 2

Болезни органов дыхания, % (CI95%)

	Группа наблюдения	Группа контроля	p
Острый фарингит и ларингит	29,51 – 38,83*	17,24 – 25,26	<0,05
Острый трахеит	32,19 – 41,68*	24,31 – 33,19	<0,05
Острый бронхит	17,33 – 25,38*	7,28 – 13,22	<0,05
ОРВИ	44,84 – 54,66*	31,54 – 40,96	<0,05
Пневмония	5,37 – 10,71*	1,15 – 4,35	<0,05

\*различие с контрольной группой статистически значимо.

Как показывает таблица, группы наблюдения и контроля статистически значимо отличаются по частоте ОРВИ и пневмонии. Статистически значимые различия наблюдаются также при сравнении частот острых воспалительных заболеваний верхних дыхательных путей по всем нозологическим единицам.

В таблице 3 представлены доверительные интервалы частоты ОРВИ по возрастным группам.

Таблица 3

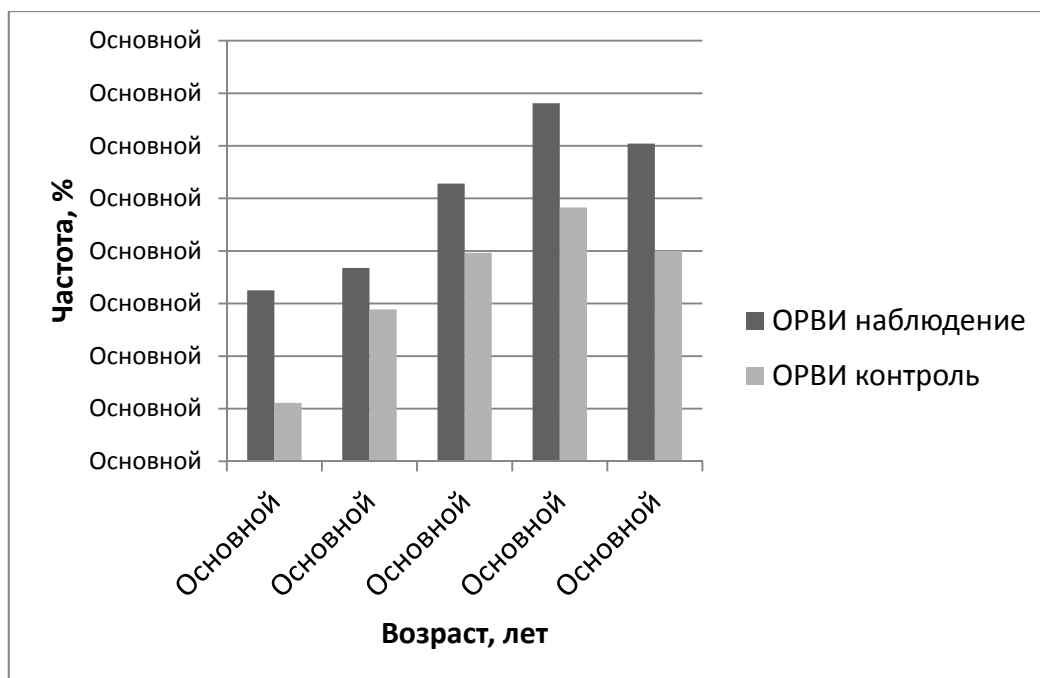
Частота ОРВИ в зависимости от возраста (%; CI95%)

Группа	Возраст, лет			
	3	4	5	6
Наблюдение	22,03 – 42,97*	26,44 – 47,12*	42,23 – 63,39*	58,47 – 77,71*
Контроль	4,17 – 18,05	19,33 – 38,45	29,51 – 49,81	37,75 – 58,81
p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

\*различие с контрольной группой статистически значимо.

Наибольшие значения частоты ОРВИ наблюдаются в возрасте 5 и 6 лет. Между группами наблюдения и контроля определены статистически значимые различия по частоте ОРВИ в каждой возрастной категории.

На рисунке представлена диаграмма сравнения частоты заболевания ОРВИ в группах наблюдения и контроля по возрастным категориям.



Частота ОРВИ по возрастным категориям

Обращает на себя внимание снижение частоты ОРВИ в категории детей возраста 7 лет, как в группе наблюдения, так и в контрольной группе. Данное явление можно объяснить

увеличением к данному возрасту количества детей, имеющих специфический иммунитет после перенесенных заболеваний.

В таблицах 4 и 5 представлены доверительные интервалы по частоте острого бронхита и пневмоний в возрастных группах.

Таблица 4

Частота острого бронхита в зависимости от возраста (% , CI95%)

Группа	Возраст, лет			
	3	4	5	6
Наблюдение	15,99 – 24,01	15,56 – 23,52*	13,11 – 20,59*	28,28 – 37,68*
Контроль	18,06 – 26,38	4,17 – 9,17	5,81 – 11,43	10,34 – 17,81
p	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05

\*различие с контрольной группой статистически значимо.

Во всех возрастных группах, кроме детей в возрасте 3 лет, имеются статистически значимые различия по частоте острого бронхита в анамнезе детей групп наблюдения и контроля.

Таблица 5

Частота заболевания пневмониями в зависимости от возраста (% , CI95%)

Группа	Возраст, лет			
	3	4	5	6
Наблюдение	3,83 – 8,67*	10,34 – 17,24*	4,23 – 9,25*	3,94 – 8,82*
Контроль	0	2,38 – 6,50	0,42 – 3,02	1,62 – 5,28
p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

\*различие с контрольной группой статистически значимо.

Как показывает таблица, частота заболеваний пневмониями имеет статистически значимые отличия в группах наблюдения и контроля по всем возрастным категориям.

В таблице 6 представлены данные по частоте заболеваний острым бронхитом по группам здоровья детей.

Таблица 6

Частота заболевания острым бронхитом в зависимости от группы здоровья (% , CI95%)

Группа	Группа здоровья			
	I	II	III	p
Наблюдение	7,83 – 21,27	17,43 – 27,69	21,26 – 64,46	<0,05
Контроль	3,33 – 14,07	7,26 – 14,96	0,36 – 32,84	>0,05
p	>0,05	<0,05	<0,05	-

\*различие с контрольной группой статистически значимо.

Как видно из таблицы, имеются статистически значимые различия по частоте заболевания острым бронхитом между группами наблюдения и контроля для групп здоровья детей II и III. Выявлены статистически значимые различия по частоте заболевания острым

бронхитом между группами здоровья I, II и III внутри группы наблюдения. Внутри контрольной группы статистически значимых различий между группами здоровья не наблюдается.

В таблице 7 представлена частота заболеваний пневмониями для трех групп здоровья детей в группах наблюдения и контроля.

Таблица 7

Частота заболевания пневмониями в зависимости от группы здоровья (%; CI95%)

Группа	Группа здоровья			
	I	II	III	p
Наблюдение	1,21 – 9,69	5,27 – 12,03*	3,44 – 25,14	<0,05
Контроль	-	1,24 – 5,6	-	-
p	-	<0,05	-	-

\*различие с контрольной группой статистически значимо.

В группе наблюдения частота заболеваний пневмониями имеет статистически значимые различия для групп здоровья детей и принимает минимальное значение в группе здоровья I (5,45%) и наибольшее значение в группе здоровья III (14,29%). Поскольку в контрольной группе пневмонии наблюдались только у детей группы здоровья II, оценка статистической значимости различий по частоте пневмоний между группами наблюдения и контроля была выполнена только для группы здоровья II.

В таблице 8 представлены значения относительного риска и доли добавочного риска болезней органов дыхания для группы наблюдения по сравнению с контрольной группой.

Таблица 8

Относительный риск и доля добавочного риска, RR(CI95%), ARF(CI95%)

	Относительный риск	Доля добавочного риска
Острый фарингит и ларингит	1,61 (1,27 – 2,03)	37,81 (21,51 – 50,73)
Острый трахеит	1,28 (1,05 – 1,57)	22,16 (4,86 – 36,31)
Острый бронхит	2,08 (1,47 – 2,94)	52,01 (32,17 – 66,04)
Пневмония	2,92 (1,49 – 5,72)	65,8 (33,1 – 82,51)
ОРВИ	1,37 (1,17 – 1,62)	27,13 (14,22 – 38,11)
<b>ИИР</b>	<b>6,17</b>	-

Как показывает таблица, по всем нозологическим единицам болезней органов дыхания наблюдаются статистически значимый относительный риск  $RR > 1$ . Наибольшие значения относительного риска определены для заболеваний острым бронхитом и пневмониями. Согласно значениям относительного риска, вероятность заболевания острым бронхитом в группе наблюдения в 2, а пневмониями почти в 3 раза выше, чем в контрольной группе. Интегральный индекс риска (ИИР) имеет высокое значение – 6,17 балла. По всем нозологическим единицам наблюдаются довольно высокие статистически достоверные

значения доли добавочного риска (этиологической доли), особенно для острого бронхита и пневмоний. Так, для острого бронхита доля добавочного риска в группе наблюдения по отношению к контрольной группе составляет более 52%, для пневмоний – 62%, что может говорить о значительном влиянии загрязнения атмосферного воздуха выбросами ТЭЦ на риск развития данных нозологий.

### **Заключение**

Таким образом, из приведенного исследования видно, что частота и риск развития заболеваний органов дыхания у детского населения в зоне влияния атмосферных выбросов многотопливных предприятий городского теплоэнергетического комплекса имеют статистически значимые отличия в зависимости от положения места проживания относительно предприятия. В наибольшей степени риску развития заболеваний органов дыхания подвержено детское население селитебных зон, расположенных в районе размещения многотопливного предприятия теплоэнергетики - на относительно небольшом расстоянии (1-2 км) от предприятия по направлению господствующих ветров, с высокой интенсивностью загрязнения атмосферного воздуха.

### **Список литературы**

1. Куликов М.А. Риск воздействия атмосферных выбросов электростанций на здоровье населения / М.А. Куликов, Е.И. Гаврилов, В.Ф. Демин, И.Е. Захарченко // Теплоэнергетика. – 2009. - № 1. - С.71-76.
2. Рахманин Ю.А. Современные проблемы экологии человека и гигиены окружающей среды в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения России // Здравоохранение Российской Федерации. - 2008. - № 1. - С. 13-14.
3. Богорсукова Н.Я. Применение кластерного анализа при изучении динамики численности населения районов Краснодарского края / Н.Я. Богорсукова, А.А. Халафян, В.Н. Ракачев // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. - 2014. - № 2 (41). - С. 142-146.
4. Величковский Б.Т. Дискуссионные вопросы о влиянии частиц нано-метрового диапазона на органы дыхания / Б.Т. Величковский, Г.Г. Кругликов // Пульмонология. - 2011. - № 3. - С. 5–8.
5. Батян А.Н. Основы общей и экологической токсикологии / А.Н. Батян, Г.Т. Фрумин, В.Н. Базылев. - СПб.: СпецЛит, 2009. – 352 с.
6. Петров С.Б. Эколого-эпидемиологическая оценка влияния взвешенных веществ в атмосферном воздухе на распространенность болезней органов дыхания в городской детской



популяции / С.Б. Петров, Е.Н. Онучина // Здоровье населения и среда обитания. - 2011. - № 6. - С. 17–20.

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