

ГОРОДСКАЯ СРЕДА

УДК 551.5
ББК 26.23:51.9

Э. Ю. Безуглая, Е. К. Завадская, Т. П. Ивлева,
И. Г. Маринич, Л. С. Карпова, Т. И. Сысоева

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДОВ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ГРИППОМ И ОРЗ

Рассматривается влияние загрязнения атмосферы на заболеваемость детей и взрослых гриппом и ОРЗ в городах России. Используется индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающий средние за год концентрации наиболее загрязняющих атмосферу веществ с учетом вредности их воздействия на здоровье, а также средние показатели заболеваемости для четырех возрастных групп: дети 0–2 года, 3–6 лет, 7–14 лет и взрослые старше 15 лет.

По результатам статистического анализа связи между количеством случаев гриппа и ОРЗ и ИЗА по 30 городам за 1986–2004 гг., изучено влияние загрязнения воздуха на заболеваемость в разных возрастных группах.

Показано, что изменения в количестве случаев заболеваемости гриппом и ОРЗ в одной возрастной группе часто подтверждаются изменениями в другой группе.

Отмечена четкая зависимость заболеваемости гриппом и ОРЗ от загрязнения атмосферы для детей и взрослых в 67 % городов. Определены коэффициенты корреляции между величинами ИЗА и количеством случаев заболеваемости в отдельных городах.

Состояние проблемы. В последние годы особенно остро встал вопрос о том, насколько значительно влияние загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух городов, на состояние здоровья населения, какие болезни особенно часто возникают под воздействием веществ, попавших в окружающую среду. Желание узнать ответы на эти вопросы привело к возникновению большого числа работ, выполняемых во всем мире. Во многих работах отмечается нарастание экологических проблем и острая необходимость исследований в области изучения влияния антропогенного загрязнения атмосферы на здоровье населения промышленных городов.

Загрязнение атмосферы оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека через кожу, желудочно-кишечный тракт и особенно сильно – через органы дыхания. Химические вещества, находящиеся в газообразном состоянии, а также в виде аэрозолей, интенсивно поглощаются в первую очередь органами дыхания и часто действуют незамедлительно. Но воздействие загрязняющих веществ не заканчивается на этом. Они проникают в кожу, во внутренние органы и влияют на здоровье всего организма человека.

Для определения основных приоритетов проблемы и оптимизации стратегии управления окружающей средой с 1987 г. Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) проводятся исследования, направленные на получение количественных оценок влияния на здоровье загрязненного воздуха, содержащего: взвешенные частицы, озон, диоксид серы и диоксид азота. В последующие годы в городах Европы были выполнены исследования, результаты которых обобщены в Сводном обзоре ВОЗ¹. В работе² приведены результаты исследований воздействия твердых взвешенных частиц (PM 10 и PM 2,5), озона и диоксида азота на здоровье детей, а также влияние их на смертность населения в городах Европы. В исследованиях указывается, что бронхиальная патология усиливается при загрязнении воздуха диоксидом азота, концентрации которого зависят в большой степени от солнечной активности и фотохимических реакций в атмосфере. Используя выводы многих работ, ВОЗ в 2005 г. установила новые рекомендуемые критерии качества воздуха для городов³.

Большинство современных работ направлено на выявление влияния конкретных примесей, содержащихся в атмосферном воздухе, на здоровье человека, или чаще – на смертность населения. Однако, как нам представляется, в подобных исследованиях присутствуют два самостоятельных объекта: атмосфера и человек. В атмосферном воздухе под влиянием антропогенных факторов и метеорологических условий происходит формирование полей концентраций примесей многих веществ, выбрасываемых различными предприятиями и автотранспортом. На территории города создается не идеализируемое поле какого-то отдельного вещества, а смесь многих веществ, воздействующая на человека.

Человек в условиях города также находится под влиянием множества различных факторов. С одной стороны, на него оказывает влияние загрязнение атмосферного воздуха, качество вод окружающих рек и озер, вода, которую он потребляет, продукты питания – вся окружающая среда. С другой стороны, он находится в окружении общества, подвергается стрессам, связанным с общественной и личной жизнью и т. д.

Поэтому выделение и определение роли загрязнения атмосферы в возникновении и развитии болезней чрезвычайно затруднено. Нами использован подход расчета комплексного показателя, позволяющий учесть влияние всех загрязняющих веществ, содержащихся в атмосферном воздухе, и установить связь между загрязнением и заболеваемостью конкретной болезнью.

В статьях Э. Ю. Безуглой⁴ по данным системы АГИС-здоровье, осуществлявшей сбор информации в период 1985–1990 гг., исследовалась

степень воздействия загрязнения атмосферы на возникновение злокачественных новообразований у взрослых и на заболеваемость болезнями дыхательных путей у взрослых и детей. При этом, в отличие от европейских исследований, доказывалось, что интерпретировать те или иные проявления заболеваемости отдельными «классическими» веществами трудно, нужно учитывать не только концентрации веществ, но и их сочетание, которое можно представить одним числом через комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Комплекс химических компонентов, находящихся в атмосфере, часто оказывает влияние на здоровье даже в более низких суммарных концентрациях, чем каждое вещество отдельно.

Методика расчетов ИЗА впервые была опубликована в работе Э. Ю. Безуглой⁵. Подробнее на способе расчета ИЗА остановимся ниже.

В указанных выше работах⁶ было показано, что по данным 84 городов загрязнение воздуха оказывает заметное влияние на здоровье жителей городов. Коэффициент корреляции между ИЗА и числом случаев заболеваемости злокачественными новообразованиями взрослых равен 0,69, а между ИЗА и числом случаев болезней органов дыхания – 0,56. При увеличении ИЗА на 2 единицы, количество случаев заболеваемости органов дыхания у взрослых возрастает на 14 %, у детей – на 12 %, а количество случаев заболеваемости злокачественными новообразованиями – на 20 %.

В исследовании С. В. Сенотрусовой⁷ для оценки воздействия загрязнения окружающей среды на здоровье использованы сведения о заболеваемости населения по данным 20 тыс. медицинских карт и отчетных форм, а также о выбросах вредных веществ и концентрациях примесей в воздухе городов Приморского края за двадцать лет. Определено, что комплекс веществ, таких как диоксид азота, взвешенные вещества, оксид углерода и углеводороды, поступающие в атмосферу с выбросами промышленных предприятий, оказывает значимое влияние на заболеваемость населения региона язвенной болезнью, хроническим гастритом и общие патологии желудочно-кишечного тракта. Комбинированное влияние выбросов вредных веществ способствует заболеваемости населения болезнями кровообращения и крови, а также болезнями эндокринной системы, заболеваемостью хроническим бронхитом, пневмонией и болезнями миндалин.

В период лесных пожаров вблизи Санкт-Петербурга в августе 2002 г.⁸ вследствие поступления в атмосферу города продуктов горения заметно участились случаи обращения к врачам людей с хроническими болезнями системы кровообращения, злокачественными новообразованиями, а у многих были отмечены приступы бронхиальной астмы.

В данном исследовании впервые рассматривается влияние изменений загрязнения атмосферного воздуха на изменение числа случаев заболеваемости детей и взрослых гриппом и ОРЗ в городах России.

Используемые данные. Для изучения влияния загрязнения атмосферы на здоровье была собрана исходная информация о загрязнении атмосферы. Особенности этой информации подробно рассмотрены в работе Э. Ю. Безуглой и Е. К. Завадской⁹. Сети мониторинга, места измерений, местоположение предприятий на территории города, высота источ-

ников промышленных выбросов, климатические факторы определяют особенности загрязнения воздуха.

При существующей специфике работы станций сети мониторинга в России данные о загрязнении атмосферы могут быть использованы только для изучения длительного воздействия на здоровье человека, приводящего часто к хроническим заболеваниям. Основным показателем степени загрязнения воздуха города является интегральный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), упомянутый выше.

ИЗА учитывает не только концентрации (n) различных веществ, но и вредность их воздействия на здоровье. Он рассчитывается следующим образом:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n (x_i / \text{ПДК}_i)^{C_i}, \quad (1)$$

где X_i – средняя за год концентрация i -того вещества, C_i – коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха i -тым веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы, I_n – ИЗА, безразмерная величина.

Значения C_i составляют 0,85, 1,0, 1,3 и 1,5 для веществ 4, 3, 2 и 1 классов опасности. Диоксид серы относится по степени вредности к 3 классу опасности ($C_i=1$), к ней приводится вредность всех веществ. Для веществ 1 класса опасности C_i равно 1,5, для 4 класса опасности – 0,85.

В конкретном городе не на всех станциях измеряются концентрации одинакового набора веществ, их количество также различается. При такой ситуации данные расчета суммарного ИЗА не могут сравниваться между собой. Чтобы значения I_n были сравнимы для разных городов или за разные интервалы времени в одном городе, необходимо рассчитывать их из одинакового количества ($n=m$) веществ.

Вначале рассчитываются парциальные значения I_i для каждого вещества в отдельности, затем составляется вариационный ряд, в котором $I_1 > I_2 > \dots > I_m$ для m веществ, имеющих наибольшие значения индексов. Обычно выбирается пять веществ ($m=5$) с наибольшими значениями индексов, по которым рассчитывается суммарный индекс загрязнения атмосферы I_m .

Таким образом, используемый в России индекс загрязнения атмосферы позволяет учитывать наибольшие концентрации примесей, измеренные в городе, и представить суммарный уровень загрязнения воздуха в городе за год одним числом. Значение ИЗА показывает, какому уровню загрязнения в единицах ПДК диоксида серы соответствуют фактически наблюдаемые уровни, т. е. во сколько раз суммарный уровень загрязнения воздуха превышает ПДК диоксида серы. Вследствие того, что ИЗА рассчитывается по среднегодовым значениям концентраций вредных примесей он *может быть показателем хронического воздействия загрязнения воздуха на здоровье населения*.

Как показывают наблюдения, в городах России, величину суммарного ИЗА определяют, в основном, высокие средние за год концентрации бензопирена, формальдегида, диоксида азота, взвешенных веществ, реже

фенола и аммиака. При этом следует учитывать, что в состав взвешенных веществ входит целый ряд органических, неорганических соединений и тяжелые металлы.

Для выполнения работы были использованы суммарные за каждый год количества случаев болезней гриппом и ОРЗ. Данные о заболеваемости были представлены для четырех возрастных групп: дети 0–2 года (Z_2), 3–6 лет (Z_3), 7–14 лет (Z_4) и взрослые – старше 15 лет (Z_1). Показатели заболеваемости даны в значениях на 100 человек.

Характеристики загрязнения атмосферного воздуха даны в величинах ИЗА. Всего использованы сведения по 30 городам за 1986–2004 гг.

Изменения ИЗА и заболеваемости за девятнадцать лет показывают снижение уровня загрязнения за рассматриваемый период (рис. 1).

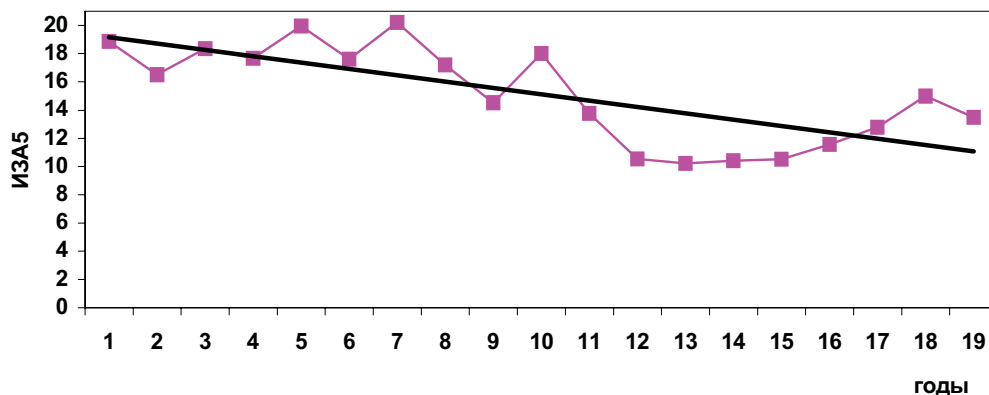


Рис. 1. Динамика изменения ИЗА по всем городам

Средние значения ИЗА (J) в рассматриваемых городах находились в пределах от 3,9 (Мурманск) до 46,5 (Чита).

Динамика изменения заболеваемости взрослых гриппом и ОРЗ также показывает снижение. Заболеваемость была в пределах от 9,4 (Якутск) до 20,5 (Челябинск). Заболеваемость детей была минимальна в середине рассматриваемого периода. Она изменялась у детей до 2 лет – в пределах от 90,5 (Южно-Сахалинск) до 195,2 (Мурманск), детей 3–6 лет – в пределах от 75,2 (Улан-Удэ) до 162,8 (Мурманск); детей 7–14 лет – в пределах от 27,5 (Улан-Удэ) до 82,5 (Мурманск). Значительные колебания в заболеваемости и ИЗА позволили изучить влияние загрязнения воздуха на заболеваемость в большом диапазоне анализируемых величин.

Как показал анализ данных, динамика ИЗА (J) и заболеваемости детей и взрослых (Z_1, Z_2, Z_3, Z_4) за многолетний период от года к году в отдельных городах хорошо согласуется. Из рис. 2 видно, что в Барнауле, Екатеринбурге, Магадане и Мурманске изменения заболеваемости гриппом и ОРЗ в рассматриваемой возрастной группе подтверждаются не только изменениями ИЗА, но и изменениями в других группах.

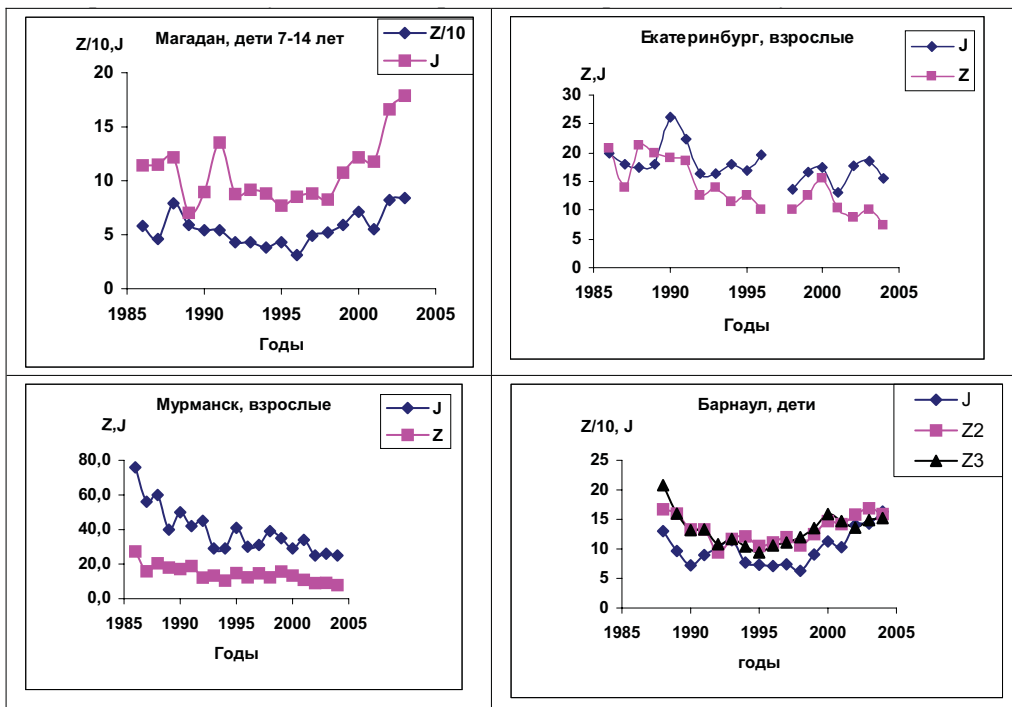


Рис. 2. Средние значения ИЗА (J) и количество случаев заболеваемости гриппом и ОРЗ (Z) детей и взрослых

Результаты анализа данных. Для каждой возрастной группы населения был выполнен корреляционный анализ связи между ИЗА (J) и заболеваемостью (Z). Анализ проводился отдельно для каждого города и для 4-х групп всех городов. Рассчитывались уравнения регрессии вида

$$Z = A + BJ. \quad (2)$$

Свободный член уравнения регрессии (A) показывает количество случаев заболеваемости, не связанных с загрязнением атмосферы, а величина $(1-A/Z)$ дает представление о том, какая часть всех случаев болезней непосредственно обусловлена загрязнением городского воздуха.

Были рассчитаны коэффициенты корреляции (КК) между J и Z для каждого из 30-ти городов. КК выше 0,3 были получены для группы взрослых в 19-ти из 30-ти городов, в группе детей (0–2 года и 3–6 лет) – для 20-ти городов. Отмечено 29 случаев, когда коэффициент корреляции был более 0,5. Значения КК более 0,3 одновременно в трех группах детей наблюдались в 54 случаях.

Коэффициенты корреляции по всем группам населения изменялись в пределах 0,3–0,9. В возрастной группе подростков 7–14 лет связь с загрязнением атмосферы с коэффициентом корреляции более 0,3 обнаружена лишь в 11 городах. Это указывает на влияние множества других факторов на заболеваемость в этой возрастной группе.

В некоторых городах, например в Барнауле, Волгограде, Магадане и Хабаровске связь оказалась очень тесной. КК достигали 0,64–0,70.

Для всех четырех групп населения одновременное наличие связи между заболеваемостью и загрязнением отмечено в 11 городах, причем во всех этих городах коэффициенты корреляции хотя бы в одной возрастной группе были более 0,5. Ниже приведены некоторые примеры, отражающие связь загрязнения атмосферы и заболеваемости в различных возрастных группах (рис. 3).

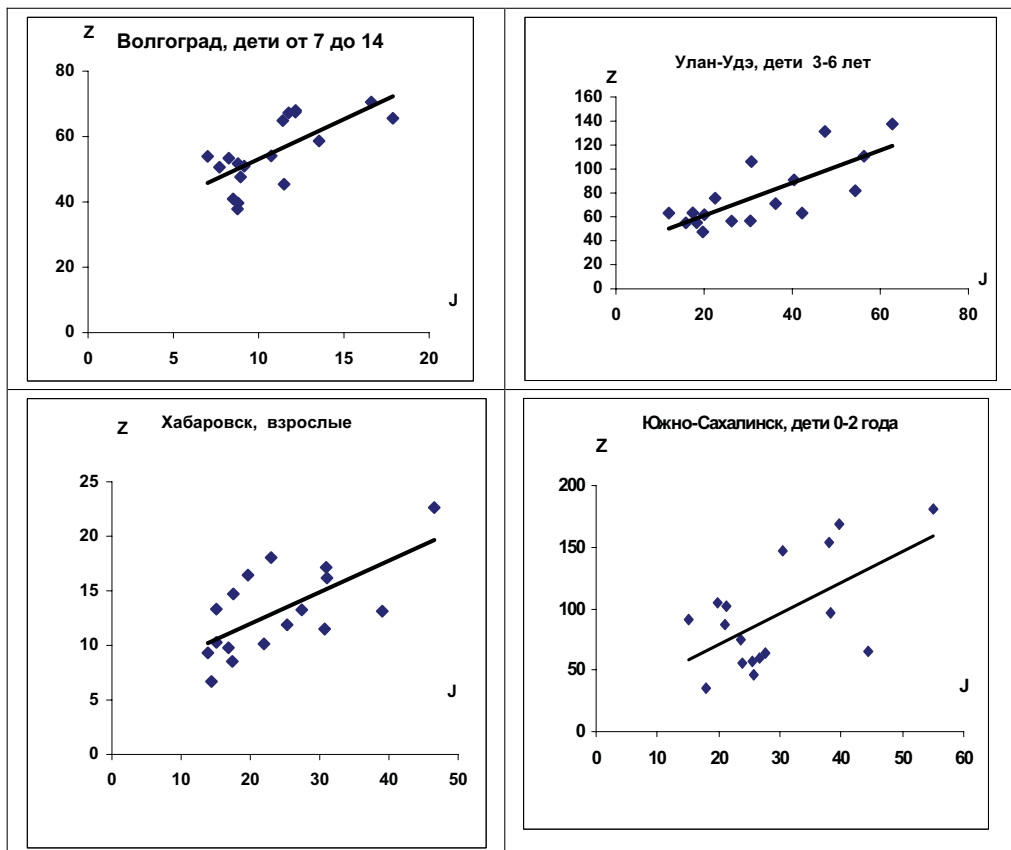


Рис. 3. Связь заболеваемости гриппом и ОРЗ взрослых и детей (Z) с загрязнением атмосферы – ИЗА (J)

С достаточной достоверностью можно сделать вывод: чем выше уровень загрязнения атмосферы города, тем более тесная связь наблюдается между ИЗА и заболеваемостью детей.

Часть изменений заболеваемости гриппом и ОРЗ, связанная с изменениями ИЗА, составляет в группе для детей 32–33 %, для взрослых – 48 % от средней заболеваемости. В группе взрослого населения величина изменения заболеваемости гриппом и ОРЗ от ИЗА достигает 65 % в Кемерово и 68 % в Улан-Удэ, в группе детей – 77 % в Южно-Сахалинске и 55 % в Улан-Удэ. Связь изменчивости заболеваемости, не обусловленная загрязнением атмосферы, по средним за весь период показателям видна из рис. 4. Она составляет менее 0,2 от общей заболеваемости. Обратная ей величина $(1-A/Z)$ – есть изменчивость, связанная с загрязнением атмосферы.

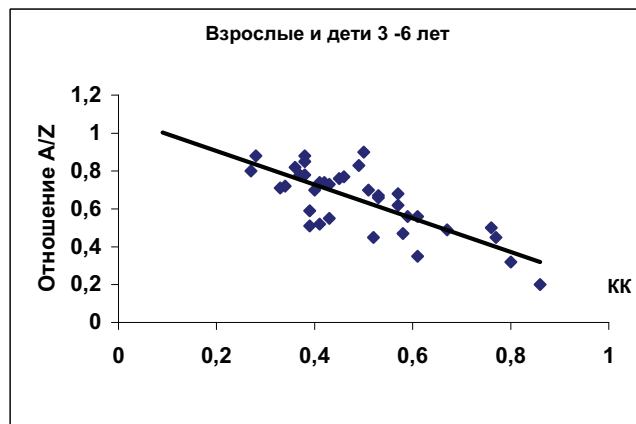


Рис. 4. Зависимость отношения свободного члена (A) уравнения к средней заболеваемости (Z) от коэффициента корреляции ($КК$) между уровнем загрязнения ($ИЗА$) и заболеваемостью (Z) взрослых и детей 3–6 лет (b)

Уравнения регрессии имеют вид

для детей 0–2 года:

$$Z = 2,8 J + 106, \quad (3)$$

для детей 3–6 лет:

$$Z = 2,4 J + 96, \quad (4)$$

для взрослых:

$$Z = 0,25 J + 12. \quad (5)$$

Как видно, для групп детей уравнения имеют сходный вид. Коэффициенты корреляции между $ИЗА$ и количеством случаев заболеваемости детей в возрасте 0–2 года, 3–6 лет и взрослых равны соответственно 0,53, 0,47 и 0,33.

Следует отметить, что при $ИЗА$ больше 20 в группе взрослых связь $ИЗА$ с заболеваемостью имеет другой характер. Данные таких городов должны были рассмотрены отдельно, однако их недостаточно, чтобы рассчитать уравнение. Как показывают данные отдельных городов, связь J с Z в них более тесная, чем в городах, где J меньше 20. Уравнение (5) дано для городов, где $ИЗА$ меньше 20-ти. Это можно увидеть, например, из рис. 2 и 3, где показаны изменения $ИЗА$ и заболеваемости в Барнауле, Екатеринбурге, Хабаровске и Улан-Удэ. При ухудшении общей экологической обстановки в городах России и в частности качества атмосферного воздуха, иммунитет жителей, как взрослых, так и детей, ослаблен. Вследствие этого зависимость динамики заболеваемости от изменений загрязнения атмосфере усиливается. Для группы детей 7–14 лет не удалось получить надежной статистической связи.

Используя полученные результаты, можно оценить, какое количество случаев заболеваемости возможно при $ИЗА=14$, что соответствует очень высокому уровню загрязнения воздуха. По предварительным расчетам следует ожидать при таком $ИЗА$ – 15 случаев заболеваемости взрослых на 100 жителей, 145 случаев заболеваемости детей в группе 0–2 года и 130 случаев заболеваемости детей в группе 3–6 лет.

По данным 84 городов за 1986–1990 гг. по уравнению, приведенному в работе Э. Ю. Безугловой и Е. К. Завадской¹⁰, показано, что при ИЗА=14 можно ожидать 25 случаев на 100 заболеваемости взрослых болезнями органов дыхания. По данным Санкт-Петербурга¹¹ в 1996 г. при ИЗА=10 количество случаев первичной заболеваемости взрослых болезнями органов дыхания составило 14. Эти примеры говорят о том, что приведенные значения сравнимы между собой. Поэтому расчетные значения можно принять для прогнозирования возможных уровней заболеваемости.

В заключение рассмотрим зависимость заболеваемости населения гриппом и ОРЗ от ИЗА по средним значениям за 19 лет в различных возрастных группах (рис. 5, 6).

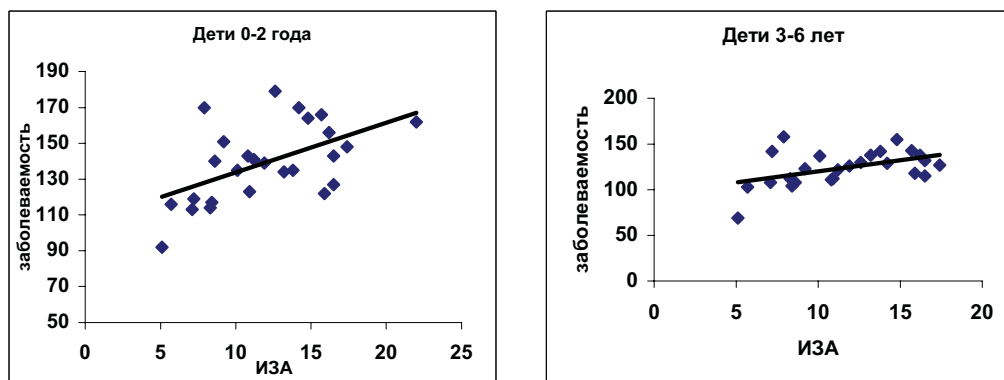


Рис. 5. Связь ИЗА с количеством случаев заболеваемости детей разных возрастных групп

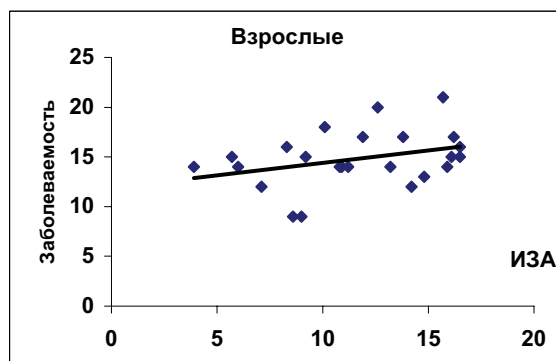


Рис. 6. Связь ИЗА с количеством случаев заболеваемости взрослых

Итак, в результате статистического анализа годовых характеристик загрязнения атмосферы в 30 городах (ИЗА) и заболеваемости различных возрастных групп населения гриппом и ОРЗ за период 1986–2004 гг. получены следующие выводы:

1. Отмечается тесная зависимость количества случаев заболеваемости гриппом и ОРЗ детей и взрослых от загрязнения атмосферы. В 67 % случаев коэффициенты корреляции между ИЗА и заболеваемостью гриппом и ОРЗ были больше 0,3. В отдельных случаях КК достигал 0,8.

2. Чем выше уровень загрязнения атмосферы, тем теснее связь между загрязнением атмосферы и заболеваемостью гриппом и ОРЗ в городах для различных возрастных групп. Рост заболеваемости населения грип-

пом и ОРЗ в загрязненных городах происходит более интенсивно, чем в городах с лучшим качеством воздуха.

3. При увеличении значения ИЗА, по данным наблюдений, в городе до 14, что соответствует очень высокому загрязнению воздуха, можно ожидать рост заболеваемости детей 0–2 года до 145 на 100 человек, детей 3–6 лет – до 130 на 100 человек и взрослых – до 15 на 100 человек.

4. Связь между ИЗА и заболеваемостью имеет сходный характер лишь в группе взрослых в тех городах, где значения ИЗА меньше 20. Для городов Сибири и Дальнего Востока, где ИЗА достигают значений бо льших 20, обнаруживается другой характер зависимости. Это требует дальнейшего более детального изучения.

¹ Quantification of Health Effects Related to SO₂, NO₂, O₃ and Particulate Matter Exposure. Report from the Nordic expert meeting. – Oslo, 1995. – NILU OR 63/96.

² Там же.

³ WHO Air Quality Guidelines Global Update 2005. Report on a working group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. – P. 30.

⁴ Безуглая, Э. Ю., Завадская, Е. К., Расторгуева, Г. П., Смирнова, И. В. Исследования загрязнения атмосферы и связи с влиянием их на здоровье населения // Современные исследования Главной геофизической обсерватории : К 150-летию со дня основания : Юбилейный сборник. Том 1. – 1999. – С. 144–161; Bezuglaya, E. Yu. Monitoring of Air Pollution for Estimating Urban Pollution Morbidity. First Global and European Conference. City 93. EPH 93 Antwerp, Belgium. – 1993. – P. 10–11.

⁵ Bezuglaya, E. Yu. Measurement of toxic pollutants in Russian cities and their effect on human health. Measurement of Toxic and Related Air Pollution. USEPA/A and WMA International Symposium. – 1994.

⁶ Безуглая, Э. Ю., Завадская, Е. К., Расторгуева, Г. П., Смирнова, И. В. Исследования загрязнения атмосферы и связи с влиянием их на здоровье населения // Современные исследования Главной геофизической обсерватории : К 150-летию со дня основания : Юбилейный сборник. Том 1. – 1999. – С. 144–161; Bezuglaya, E. Yu. Monitoring of Air Pollution for Estimating Urban Pollution Morbidity. First Global and European Conference. City 93. EPH 93 Antwerp, Belgium. – 1993. – P. 10–11.

⁷ Сенотрусова, С. В. Влияние загрязнения окружающей среды на заболеваемость населения промышленных городов : автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра биол. наук. – Владивосток, 2005. – 38 с.

⁸ Безуглая, Э. Ю., Расторгуева, Г. П., Смирнова, И. В. Влияние лесных пожаров в августе 2002 года на уровень загрязнения воздуха и здоровье населения // Инженерные системы АВОК Северо-Запад. – 2003. – № 1(9). – С. 29–33.

⁹ Безуглая, Э. Ю., Завадская, Е. К. Влияние загрязнения атмосферы на здоровье населения // Труды ГГО. – 1998. – Вып. 549. – С. 171–199.

¹⁰ Там же.

¹¹ Состояние и прогноз здоровья населения Санкт-Петербурга в изменяющихся экологических условиях. – СПб., 1998. – 162 с.