

Новый подход к прогнозу заболеваемости населения патологией дыхательной системы

Н. К. Христофорова, С. В. Сенотрусова

Дальневосточный государственный университет, Владивосток

Представлены результаты анализа влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения патологией дыхательной системы. В качестве факторов загрязнения среды использовались выбросы поллютантов. Продемонстрированы формулы прогноза заболеваемости населения промышленных городов, учитывающие комплексное влияние загрязняющих веществ. Показано, что вклад факторов загрязнения атмосферы в формирование заболеваемости населения патологией дыхательной системы составляет порядка 50 %.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, заболеваемость населения, патология дыхательной системы.

Человеческий организм предъявляет весьма высокие требования к химическому составу и физическим свойствам воздуха. Этот состав и свойства должны обеспечить существование человека без перенапряжения его компенсаторных механизмов и тем более без патологических изменений в состоянии здоровья. При ингаляционном проникновении загрязняющих веществ неблагоприятное действие может проявляться в виде острых и хронических отравлений и другого рода заболеваний.

Сохраняя традиции в исследовании влияния загрязнения среды на здоровье, используется новый подход. Он состоит в том, что в отличие от исследований большинства авторов [1, 2], которые применяют информацию о концентрациях загрязняющих веществ в атмосфер-

© Христофорова Н. К., Сенотрусова С. В., 2005
ном воздухе, в работе проанализировано влияние выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников и автотранспорта на здоровье населения, как более объективного показателя (**цель** исследования). Такой подход обусловлен тем, что, с одной стороны, суммарные выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников и автотранспорта формируют концентрации в приземном слое, с другой

стороны, в большинстве промышленных городов мониторинг загрязнения атмосферы не проводится.

Исследовано длительное влияние поллютантов (1981—2003 гг.) на заболеваемость населения при годовом периоде осреднения. При анализе кратковременного влияния загрязнённого атмосферного воздуха на здоровье обычно используются средние за сутки значения показателей отдельных компонентов. Однако отдельные концентрации, измеренные в данный момент, являются случайными величинами, говорящими о загрязнении только в данный момент в данной точке измерений. Они отражают влияние выбросов вредных веществ, атмосферных процессов, определяющих перенос и рассеивание примесей, и содержат определённые погрешности как любые случайные величины. Достоверными для исследовательских целей могут быть только средние значения за длительный период времени (месяц, год). В случае использования кратковременных показателей качества нельзя в полной мере учесть степень загрязнения воздуха. Осреднённые характеристики за длительный промежуток времени более устойчивы к метеорологическим колебаниям и позволяют исключить влияние

климатических условий на заболеваемость. Сила наблюдений за длительный промежуток времени состоит в том, что такие исследования позволяют выделить тренд, учесть прямое и опосредованное действие факторов, показать, что процесс имеет хронический характер и построить модели прогноза заболеваемости [3].

Материал и методы

Использовались данные о заболеваемости населения городов Медицинского информационно-аналитического центра и Комитета природных ресурсов по Приморскому краю о структуре выбросов взвешенных веществ (ВВ), сернистого газа (SO₂), диоксида азота (NO₂), оксида углерода (CO), углеводородов (ПАУ) в атмосферу городов с 1981 по 2003 гг. Проанализировано более 2000 медицинских карт и отчётных форм о заболеваемости населения городов края и около 1500 наблюдений о выбросах поллютантов.

Исследование проведено во всех промышленных городах Приморского края. В качестве наблюдения рассмотрены города Лесозаводск и Дальнереченск, которые можно объединить в одну группу. Они находятся в центральной

части Приморского края, для которого характерен муссонный климат с континентальными свойствами. В Лесозаводске проживает 45 тыс., а в Дальнереченске — 32 тыс. человек. Города сходны по месторасположению и принципу хозяйственной специализации. В них развита лесная, деревообрабатывающая, пищевая и лёгкая промышленности, которые являются источниками стационарных выбросов. Источниками загрязнения атмосферы являются также предприятия жилищно-коммунального, сельского хозяйства, частный сектор, автомобильный и железнодорожный транспорт [4].

Для оценки влияния загрязнения среды на заболеваемость использовались методы корреляционного и регрессионного анализа. Значимыми величинами коэффициента корреляции на 5 % уровне являлось $r=0,42$; на 1 % уровне — $r=0,54$.

Результаты исследования и обсуждение

Получены значимые связи между выбросами поллютантов и общей заболеваемостью бронхолегочной патологией, а также заболеваемостью хроническим бронхитом, пневмонией, хроническими болезнями миндалин (табл. 1).

Таблица 1. Значимые коэффициенты корреляции между выбросами поллютантов и заболеваемостью населения Лесозаводска и Дальнереченска

Болезни	ВВ	SO ₂	CO	NO ₂	ПАУ
Общая заболеваемость патологией дыхательной системы	0,47/0,59	0,48/0,55	0,50/0,65	-/0,48	0,55/0,44
Хронический бронхит	0,68/0,50	-/-	0,50/0,66	-/-	0,57/0,69
Пневмония	0,43/0,44	-/-	0,67/0,58	-/-	0,69/0,60
Хронические болезни миндалин	0,46/0,45	0,84/-	0,61/0,56	0,44/0,46	0,87/-

Примечание. В числителе — данные г. Лесозаводска, в знаменателе — г. Дальнереченска.

Большая повторяемость значимых связей между выбросами взвешенных веществ и заболеваемостью населения патологией дыхательной системы неслучайна, поскольку существует множество источников поступления этих частиц. Они попадают в атмосферный воздух городов при сжигании топлива, с выбросами от дымовых труб промышленных предприятий, электростанций, котельных, всех видов транспорта, от цементных заводов, при добыче угля, от предприятий по производству строительных материалов, от пылящих золоотвалов и других производств, а также при поднятии ветром пыли с подстилающей поверхности.

Отличительной особенностью края является то, что в отличие от западных регионов России, где основным сжигаемым топливом является природный газ, Приморье получает тепло и энергию за счёт сжигания собственного угля (в основном бурого), т. е. низкокачественного топлива с высокой зольностью и большим поступлением взвешенных веществ в атмосферный воздух.

Высокая частота встречаемости значимых связей между выбросами поллютантов и заболеваемостью хроническими болезнями миндалин также неслучайна, ведь миндалины представляют собой скопление в глотке лимфоидной ткани, которая образует защитный барьер, и они первыми откликаются на раздражение воспалением. Большое количество значимых связей между выбросами взвешенных веществ и заболеваемостью пневмонией, хроническим бронхитом связано в первую очередь с вдыханием частиц менее 10 микрон, которые проникают глубоко в бронхиальное дерево и составляют от 40 до 70 % от суммы взвешенных веществ. Тонким частицам, несущим на своей поверхности токсичные и канцерогенные вещества, в настоящее время уделяется большое внимание. Известен синергизм действия на организм между взвешенными веществами и

сернистым газом, так пыль является носителем и агентом, а сернистый газ — токсичным агентом.

Выбросы оксида углерода значимо связаны со всеми исследуемыми видами патологии. Основным механизмом повреждающего действия угарного газа является образование карбоксигемоглобина, что вызывает метгемоглобинемию, в результате чего клетки, ткани и органы человека страдают от дефицита кислорода, возникает их гипоксия, которая является пусковым механизмом развития многих заболеваний.

Углеводороды — активные радикалы, которые легко связываются в более крупные агрегации полициклических ароматических углеводородов, являющихся в основном канцерогенами. Их больше там, где сгорает жидкое топливо и каменный уголь, т. е. топлива богатого органикой. Влияние выбросов оксида углерода и углеводородов на заболеваемость обнаруживается в подавляющем большинстве случаев одновременно. Такие результаты получены вследствие единого источника выбросов и одной природы — неполноты сгорания.

Диоксид азота так же, как и оксид углерода, вызывает гипоксию, что приводит к сосудистым, метаболическим нарушениям в клетках, тканях и органах, которые приводят к развитию патологических процессов.

В результате исследования установлено, что выбросы взвешенных веществ, сернистого газа, оксида углерода, диоксида азота, углеводородов в атмосферный воздух городов значимо связаны с общей заболеваемостью взрослых бронхолегочной патологией, хроническими болезнями миндалин; выбросы взвешенных веществ, оксида углерода, углеводородов — с пневмонией, хроническим бронхитом.

С целью идентификации источников выбросов и исключения зависимых связей при построении регрессионных уравнений построены матрицы коэффи-

Таблица 2. Матрица коэффициентов корреляции между выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух Лесозаводска и Дальнереченска

Показатели	ВВ	SO ₂	CO	NO ₂	ПАУ
ВВ	1/1	0,18/0,61	0,27/0,11	0,27/0,26	0,27/0,23
SO ₂		1/1	0,77/0,18	0,47/0,58	0,83/0,09
CO			1/1	0,62/0,40	0,93/0,85
NO ₂				1/1	0,41/0,26
ПАУ					1/1

Примечание. В числителе — данные г. Лесозаводска, в знаменателе — г. Дальнереченска.

коэффициентов корреляции между выбросами загрязняющих веществ в атмосферу городов (табл. 2).

Результаты корреляционного анализа для Лесозаводска нельзя однозначно интерпретировать. Выбросы взвешенных веществ не имеют значимых коэффициентов корреляции ни с одним из поллютантов. Оксид углерода коррелирует с ПАУ (0,93) и SO₂ (0,77), что свидетельствует о поступлении его в атмосферу города в процессе сжигания разных видов топлива. Анализ коэффициентов, полученных для Дальнереченска, показал, что источники поступления загрязняющих веществ также разнообразны. Значимая связь между выбросами CO и ПАУ (0,85) говорит о поступлении поллютантов от подвижных источников, между SO₂ и ВВ (0,61), SO₂ и NO₂ (0,58) свидетельствует о поступлении этих веществ в атмосферу в процессе сгорания твёрдого топлива.

Для оценки воздействия и прогноза заболеваемости населения использовалось уравнение пошаговой множественной регрессии, которое имеет следующий вид:

$$Y = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n + b,$$

где Y — зависимая переменная или предиктант (заболеваемость); x_1, x_2, \dots, x_n — независимые переменные (предикторы — параметры соответствующие выбросам загрязняющих атмосферу веществ от предприятий и автотранспорта); m_1, m_2, \dots, m_n — весовые коэффициенты, соответствующие неза-

висимым переменным; x_1, x_2, \dots, x_n ; b — значение постоянной.

Параметры, характеризующие прогнозистические возможности и устойчивость уравнения: R — коэффициент множественной корреляции; r^2 — коэффициент детерминированности; F — критерий Фишера; k — степени свободы.

Для построения регрессионных уравнений применялась программа автоматизированной обработки, которая позволила отобрать независимые предикторы в порядке их значимости. В окончательном уравнении использовались только те предикторы, которые обеспечивали статистически значимый вклад в изменчивость общей заболеваемости населения.

Модель множественной линейной регрессии призвана, с одной стороны, показать действие каждого поллютанта в наборе загрязняющих веществ, с другой стороны, дать количественное описание и прогноз заболеваемости при изменении содержания поллютантов. В первом случае строится предметная модель, во втором — предсказательная. Предметная модель может быть построена при условии некоррелированности (или слабой коррелированности) самих загрязняющих веществ. Предсказательная модель должна обладать хорошими прогностическими свойствами (высокий коэффициент детерминации), быть устойчивой относительно вариации исходных данных и соответствовать критерию Фишера.

В таблицах 3 и 4 приведены результаты статистических расчётов и весовые коэффициенты моделей прогноза заболе-

ваемости бронхо-легочной патологией,
хроническими болезнями миндалин,
пневмонией, хроническим бронхитом

Таблица 3. Параметры и статистические характеристики уравнений прогноза заболеваемости населения г. Лесозаводска

Параметры	m_1	m_2	m_3	b	R	r^2	F	k
Общая бронхолегочная заболеваемость								
Y_3			3879,8	6756,7	0,55	0,31	3,6	18
Y_1	79,6		3102,8	6881,7	0,57	0,32	1,6	17
Y_2	166,8	-3191,5	4209,5	8136,9	0,62	0,38	1,2	16
Хронические болезни миндалин								
Y_3			210,2	64,5	0,87	0,76	53,9	17
Y_1	5,9		206,8	43,8	0,88	0,77	26,9	16
Y_2	14,3	-255,2	233,0	163,3	0,91	0,82	23,1	15
Пневмония								
Y_3			134,5	144,5	0,69	0,47	15,5	17
Y_1	-23,9		148,3	228,0	0,85	0,73	21,7	16
Y_2	-27,4	104,9	137,6	178,9	0,86	0,74	14,5	15
Хронический бронхит								
Y_1	43,9			831,7	0,68	0,47	10,6	18
Y_2	38,7	153,0		745,3	0,69	0,48	5,1	17
Y_3	37,6	270,1	-69,1	727,5	0,71	0,51	3,5	16

Примечание. m_1 , m_2 , m_3 — весовые коэффициенты для взвешенных веществ, диоксида азота, углеводов

Таблица 4. Значения весовых коэффициентов и статистические параметры, рассчитанные для прогноза заболеваемости населения в г. Дальнереченске

Параметры	m_1	m_2	m_3	m_4	b	R	r^2	F	k
Общая бронхолегочная заболеваемость									
Y_2		665,7			13211,7	0,65	0,42	5,9	18
Y_1	518,9	498,5			13014,6	0,66	0,44	2,7	17
Y_3	571,1	348,2	6885,9		15423,9	0,83	0,69	4,4	16
Хронические болезни миндалин									
Y_2		378,9			-1008,3	0,56	0,32	7,9	17
Y_1	-753,0	475,1			43,7	0,68	0,46	6,8	16
Y_3	-708,6	600,8	3010,8		930,9	0,75	0,56	6,4	15
Пневмония									
Y_2		545,9			-1316,4	0,58	0,34	8,7	17
Y_1	-1038,0	678,7			133,9	0,69	0,48	7,3	16
Y_3	-972,7	863,8	4434,8		1440,7	0,77	0,59	7,2	15
Хронический бронхит									
Y_4				648,3	1860,3	0,69	0,48	9,4	19
Y_1	-60,5			765,1	1911,6	0,70	0,49	4,3	18
Y_3	-29,2		642,7	871,1	2144,8	0,73	0,54	3,1	17

Примечание. m_1 , m_2 , m_3 , m_4 — весовые коэффициенты для взвешенных веществ, оксида углерода, диоксида азота, углеводов

взрослого населения городов Лесозаводска и Дальнереченска.

При исследовании взаимосвязей между выбросами загрязняющих веществ и заболеваемостью населения в ряде случаев наряду с положительными коэффициентами корреляции встречались и отрицательные значения (табл. 4). Фактически это приводит к обратной пропорциональной зависимости исследуемых рядов. Такой результат имел место в некоторых предыдущих работах [5, 6].

Однако, коэффициенты детерминации моделей, полученных авторами, в отличие от настоящего исследования, достаточно низки для того, чтобы они были действительно предсказательными, модели скорее отражают тенденцию увеличения заболеваемости при увеличении загрязнения.

Статистическое моделирование позволило определить сочетание независимых переменных, которые вносят наибольший вклад в описание дисперсии за-

болеваемости населения Лесозаводска: это выбросы взвешенных веществ диоксида азота и углеводов. Модели общей заболеваемости патологией дыхательной системы (Y_1 и Y_2) имеют низкие значения F-критерия, поэтому не могут быть использованы с целью прогноза.

Среди исследуемых поллютантов наибольшая значимая связь получена между выбросами углеводов и заболеваемостью хроническими болезнями миндалин (0,87), вклад фактора в описание дисперсии предиктанта составил 76 %. Учёт трёх предикторов в уравнении регрессии позволяет ещё полнее описать дисперсию выборки исходных данных (82 %). Включение в уравнение других переменных не оправдано, так как они статистически зависимы между собой. Аналогично построены модели прогноза заболеваемости пневмонией и хроническим бронхитом, где комбинированный учёт факторов позволил полнее описать дисперсии исходных данных. Уравнения соответствуют критерию Фишера и могут быть успешно использованы для прогноза заболеваемости хроническими болезнями миндалин, пневмонией хроническим бронхитом населения Лесозаводска. Исследование показывает, что влиянием выбросов загрязняющих веществ можно объяснить 82 % дисперсии заболеваемости населения Лесозаводска хроническими болезнями миндалин, 74 % — пневмонией; 51 % — хроническим бронхитом; 38 % — болезнями органов дыхания.

Уравнения прогноза общей заболеваемости бронхолегочной патологией, хроническими болезнями миндалин, пневмонией, хроническим бронхитом населения г. Дальнереченска включают в себя по три предиктора (табл. 4).

В результате моделирования выделились статистически независимые переменные, учёт которых в уравнении регрессии позволил полнее описать

дисперсии заболеваемости. Построенные модели соответствуют критерию Фишера и их можно использовать для прогноза заболеваемости населения г. Дальнереченска. Получено, что влиянием выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух можно объяснить 69 % дисперсии заболеваемости населения г. Дальнереченска болезнями органов дыхания, 59 % — пневмонией, 56 % — хроническими болезнями миндалин, 54 % — хроническим бронхитом.

В литературе получила широкое распространение формула соотношения вклада в нарушение здоровья таких обобщённых факторов, как генетика (около 20 %), экология (около 20 %), образ жизни (порядка 50 %) и система здравоохранения (менее 10 %). На основании данного соотношения в России делаются ошибочные выводы о малой значимости экологических факторов для состояния здоровья. Действительно, данное соотношение точнее отражает долевой вклад основных факторов, определяющих уровень здоровья населения развитых стран, поскольку там за последние 20—30 лет значительно лучше решались насущные проблемы экологии и здравоохранения.

Однако в случае с Россией, где экологический кризис прогрессирует, вклад факторов загрязнения среды в состояние здоровья выглядит иначе. Для ресурсных районов более справедливы расчёты, определяющие долевой вклад факторов загрязнения среды в ухудшение здоровья и основные формы патологии в пределах от 40 до 60 % [7]. К тому же такое содержательное понятие как образ жизни и возможность его обеспечения в условиях нашей страны имеют также существенное отличие от такового в западных странах. Это важно подчеркнуть, поскольку, считая, что основной вклад в ухудшение здоровья вносит несоблюдение индивидуумом здорового образа жизни, мы тем самым констатируем, что

основная вина за неблагоприятные изменения состояния здоровья, более чем на 50 %, ложится на самого человека. Понятие «образ жизни» включает в себя не только и не столько так называемые вредные привычки человека, но и то, каким воздухом в силу объективных причин он вынужден постоянно дышать и в быту, и на отдыхе, и на производстве; какого качества воду он ежедневно потребляет; насколько загрязнены токсичными веществами продукты питания, выращиваемые на загрязнённых почвах; насколько доступны для каждого человека места и методы оздоровления, рекреации, а также экологически чистые зоны отдыха и профилактики здоровья.

По результатам моделирования рассчитаны средние дисперсии заболеваемости населения региона, в описание которых вносит свой вклад комплексное влияние факторов химического загрязнения. Средняя дисперсия заболеваемости населения региона патологией дыхательной системы, которую описывает комплексное воздействие атмосферных факторов, составляет 54 %.

Заключение

Таким образом, следует полагать, что вклад в ухудшение здоровья факторов, способствующих формированию заболеваемости населения бронхолегочной патологией, составляет порядка 50 %. Учи-

тывая то, что мы использовали интегральные показатели загрязнения среды (выбросы), которые имели большой период осреднения и, следовательно, параметрически включали в себя другие глобальные процессы, например, влияние социальных, климатических, метеорологических и других составляющих, воздействие факторов загрязнения может быть несколько ниже, но, тем не менее, остаётся достаточно высоким. Загрязнение среды становится лимитирующим фактором состояния здоровья, независимо от уровня жизни и доходов населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимова Ю. Е., Ушаков В. Л. Состояние здоровья населения промышленных городов в связи с загрязнением атмосферного воздуха // Окружающая среда и здоровье населения России: Атлас. М., 1995.
2. Безуглая Э. Ю., Завадская Е. К. Влияние загрязнения атмосферы на здоровье населения // Мониторинг загрязнения атмосферы в городах: Труды ГГО. СПб., 1998. Вып. 549. С. 171—199.
3. Сенотрусова С. В. Загрязнение атмосферы и заболеваемость населения (Приморский край). СПб, 2004.
4. Сенотрусова С. В., Свинухов В. Г. К экологической безопасности населения промышленных городов юга Дальнего Востока // Безопасность Евразии. 2003. Т. 16, № 6. С. 191—199.
5. Варакин А. П., Маслакова Т. А. и др. Статистическая модель регрессионного типа для описания взаимосвязи между заболеваемостью населения и загрязнением атмосферного воздуха // Экологические проблемы промышленных регионов: Мат. Всерос. конф. Екатеринбург, 2004. С. 122—124.
6. Окружающая среда и здоровье: подходы к оценке риска / Под ред. А. П. Щербо. СПб., 2002.
7. Гичев Ю. П. Современные проблемы экологической медицины. Новосибирск, 1996.

Hristoforova N. K., Senotrusova S. V.

The new approach to the forecast of morbidity of the population the pathology of respiratory system

Results of the analysis of influence of pollution of atmospheric air on morbidity of the population are submitted by a pathology of respiratory system. Emissions of polluting substances were used for the description of quality of an atmosphere. The equations of the forecast of morbidity of the population of industrial cities are designed. It is shown, that the contribution of factors of pollution of an atmosphere to formation of morbidity of the population by a pathology of respiratory system makes about 50 %.

Keywords: pollution of atmosphere, morbidity of the population.