

УДК 502.1

Е.Г. Булдакова, Н.Н. Даль

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНОЙ
И МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ МОДЕЛЕЙ
ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ
СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ
ВОРКУТИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА**

Проведен анализ заболеваемости населения с использованием методики «функций благополучия» и вычислен их риск изменения.

Ключевые слова: солнечная радиация, экология, геохимическая обстановка, изоболоческая модель.

Число потенциальных экологических факторов бесконечно. Однако по степени воздействия на экосистему они значительно отличаются. Наиболее значимые факторы — это интенсивность солнечной радиации, температура, влажность воздуха, интенсивность атмосферных осадков, а также различные формы антропогенного влияния, представляющие наибольшую опасность в современных условиях. Антропогенное загрязнение приводит к резкому изменению природной геохимической обстановки, оказывает негативное влияние и на состояние человеческого организма.

Примером влияния антропогенных факторов на здоровье человека могут служить показатели смертности населения, продолжительности жизни, заболеваемости дыхательных путей, сердечно-сосудистых заболеваний и другие.

Для количественной оценки влияния антропогенных факторов используются методы математического моделирования, в частности регрессионный анализ, который достаточно

сложен в многофакторном варианте с нелинейным характером вредного воздействия. Одним из подходов к рассмотрению данного вопроса являются аддитивная, мультипликативная и изоболоческая модели для оценки суммарного воздействия экологических факторов на организм человека [1]. Согласно этим моделям действие любого фактора на биосистему следует оценивать по вызываемым изменениям значений функции отклика. При учете n факторов, имеющих различную размерность, значения этих факторов нормируют. Для аппроксимации функций отклика биосистемы на любой фактор среды авторы предлагают использовать модифицированное уравнение Ферхюльста-Перла (1).

$$f / f_{0(x)} = 1 - \frac{1}{1 - ae^{bx}} \quad (1)$$

где x — нормированные значения фактора; $f/f_{0(x)}$ — значения функции отклика $f(x)$, нормированные относительно её фонового значения $f_0(x)$. График функции (1) при различных сочетаниях параметров a и b может

приближаться к отрезку прямой, принимать вид вогнутой, выпуклой или S-образной кривой.

Согласно аддитивной модели значения функции благополучия (или иной функции отклика) на действие нескольких факторов суммируются, в мультипликативной модели рассматривается произведение значений частных функций отклика, изоболоческая модель позволяет количественно выразить особенности действия каждого из факторов и учесть специфическое взаимодействие каждой конкретной комбинации факторов.

Для оценки влияния антропогенных факторов на здоровье человека, следует учитывать, что ухудшением экологической обстановки считается рост заболеваемости населения. Поэтому в качестве функции отклика можно рассматривать функцию обратную к функции (1)

$$f_{0(x)} / f = 1 - \frac{1}{ae^{bx}} \quad (2)$$

где X — нормированные значения фактора i -ого фактора ($X = X_i / ПДК_{x_i}$); $f_{(x)}$ — значения заболеваемости, $f_{0(x)}$ — фоновое значение заболеваемости. В качестве фонового значения было выбрано минимальное число заболеваний в период с 1994 по 2006 год.

Значения функции (2) изменяются от 0 до 1. Наибольшее значение этой функции соответствует наиболее благоприятной экологической обстановке.

Один из рассмотренных факторов, оказывающий негативное воздействие на здоровье человека, атмосферный воздух, т.к. проблема загрязнения атмосферного воздуха — одна из наиболее острых экологических проблем Воркутинского промышленного района.

В последние годы наблюдается тенденция уменьшения валовых объемов выбросов загрязняющих веществ и количества источников вредных вы-

бросов. Так с 1998 по 2006 год количество предприятий, имеющих выбросы, сократилось с 48 до 34, а количество выбросов с 342 и 579,941 до 271 и 777,467 тонн (67,5 % от выбросов в 1998 году). Это снижение выбросов связано, прежде всего, с сокращением производства, закрытием и реструктуризацией предприятий. Тем не менее, интегральный индекс загрязнения атмосферного (ИЗА) воздуха, начиная с 2001 года, возрастает, и в 2007 году ИЗА составил 8,7, что характеризует высокую степень загрязнения воздуха.

При изучении структуры заболеваемости населения Воркуты было выявлено, что приоритетный вклад в нее вносят болезни системы кровообращения. Загрязнение окружающей среды в сочетании с суровыми климатическими условиями создает дополнительную нагрузку на защитные механизмы организма, увеличивая риск этого заболевания.

В результате исследования были получены формулы частных функций отклика, выражающие зависимость заболеваемости системы кровообращения от вредных выбросов в атмосферу. При построении частных функций отклика рассмотрены зависимости заболеваний от вредных выбросов со сдвигом данных в один год, в два года и год в год. Следует отметить, что наибольший коэффициент детерминации имеют функции, полученные для категории «подростки» со сдвигом в год, а для взрослых и детей со сдвигом в два года.

В таблице представлены функции отклика при аппроксимации зависимости числа заболеваний от показателей выбросов с коэффициентом детерминации не менее 0,3.

Графики функций отклика заболеваемости систем кровообращения на загрязненность атмосферного воздуха представлены на рис. 1.

Функции отклика

Фактор	Группы населения		
	дети	подростки	взрослые
Взвешенные частицы	$f_0/f_{x1} = 1 - \frac{1}{3.2218e^{-0.2176x1}}$ $R^2 = 0.30$	$f_0/f_{x1} = 1 - \frac{1}{0.5384e^{0.6857x1}}$ $R^2 = 0.50$	
Формальдегид	$f_0/f_{x2} = 1 - \frac{1}{3.1347e^{0.2498x2}}$ $R^2 = 0.52$		$f_0/f_{x2} = 1 - \frac{1}{0.9284e^{0.4827x2}}$ $R^2 = 0.50$
Бен[а]пирен		$f_0/f_{x3} = 1 - \frac{1}{6.005e^{-0.6184x3}}$ $R^2 = 0.50$	$f_0/f_{x3} = 1 - \frac{1}{5.7517e^{-0.5679x3}}$ $R^2 = 0.40$

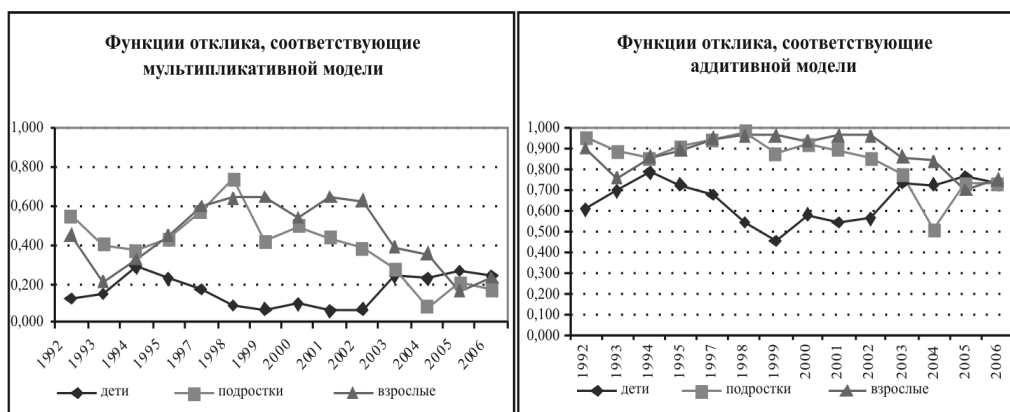


Рис. 1. Динамика функций отклика соответствующих мультипликативной и аддитивной моделям

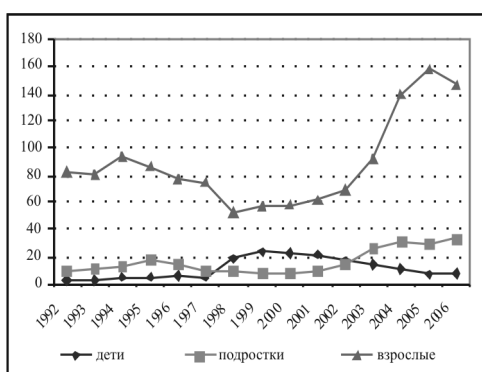


Рис. 2. Динамика заболеваемости систем кровообращения (на 1000 чел.)

Для групп «взрослые» и «подростки» эти функции имеют тенденцию к убыванию, а для группы «дети» — к возрастанию. Это вполне удовлетворяет эмпирическим данным. Начиная с 2000 года детская заболеваемость имеет тенденцию к снижению, а у подростков и взрослых — к возрастанию (рис. 2).

Одной из важнейших категорий, отражающих меру опасности экологического положения, способную неблагоприятно воздействовать на здоровье человека является риск. Риск можно рассматривать как вероятность

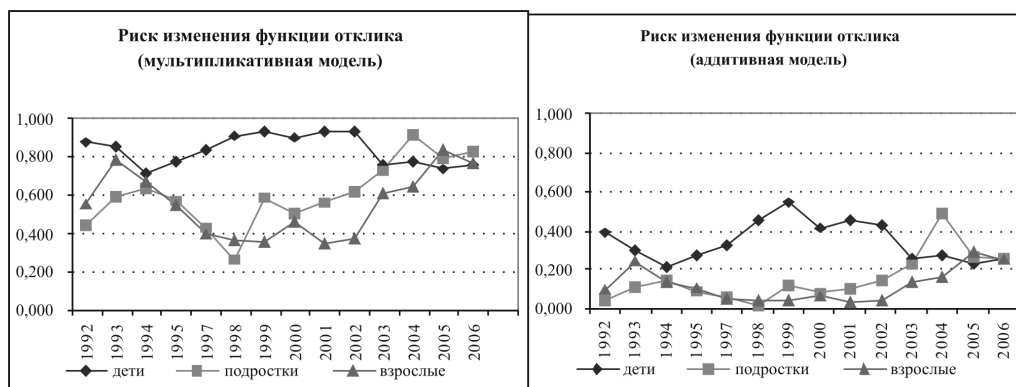


Рис. 3. Динамика риска изменения функций отклика

неблагоприятного события, в нашем случае — снижение заболеваемости не произойдет. Соответственно, величину риска изменения значений функции отклика, следует оценить как $R(x) = 1 - (f_0/f(x))$.

Динамика рисков изменения функций отклика представлены на рис. 3.

Наибольший риск изменения соответствует функции отклика для группы населения «подростки». Возможно, это объясняется тем, что многие заболевания (сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной системы) в условиях Севера возникают в более раннем возрасте и протекают тяжелее, чем в средних широтах.

Таким образом, степень ухудшения качества среды может быть оценена с

помощью функций отклика. Функции отклика на n экологических факторов позволяют судить о реальной роли каждого из факторов в результирующем воздействии.

Использование функций отклика может послужить основой, с одной стороны, для проведения целенаправленных природоохранных мероприятий по снижению загрязнения окружающей среды, а с другой стороны, для проведения профилактических мероприятий в отношении формирования хронических заболеваний с учетом характера токсических и потенциально-токсических соединений в атмосфере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлаков С.Д., Шувалов Ю.В. Оценка влияния условий среды и труда на безопасность жизнедеятельности человека при освоении минерально-сырьевых ресурсов крайнего севера: Монография. — СПб, 2002. — 268 с.
2. Ежегодные отчеты Центра гигиены и эпидемиологии в Республике Коми, филиал г. Воркута.

3. Государственные доклады о состоянии окружающей среды в Республике Коми 2001—2006 гг.
4. Угарова Н.А. Новый подход к оценке изменения устойчивости городской среды, Экология и промышленность России, октябрь 2004 г.
5. Сводный отчет Воркутинского горкомитета по охране окружающей среды. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Булдакова Е.Г. — кандидат технических наук, доцент кафедры ПМиМ,
 Даль Н.Н. — старший преподаватель кафедры ПМиМ,
 Филиал Санкт-Петербургского государственного горного института им. Г.В. Плеханова (технического университета) «Воркутинский горный институт», fspggi@vorkuta.com