

9. Горнов А.Ю. Вычислительные технологии решения задач оптимального управления. – Новосибирск: Наука, 2009. – 279 с.
10. Дьякович М.П., Бокмельдер Е.П., Горнов А.Ю. Психофизиологические и мотивационные составляющие трудового потенциала промышленных предприятий: оценка и управление // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2004. – №3. – С. 24-27.
11. Ефимова Н.В., Никифорова В.А., Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С. Использование математической модели при оценке влияния факторов окружающей среды на заболеваемость населения северных территорий Иркутской области // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2009. – №3(28). – С. 97-101.
12. Ефимова Н.В., Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С. Опыт прогнозирования заболеваемости населения на территориях нового освоения источников углеводородного сырья // Труды XVI междунар. конф. «Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии». – Украина. Ялта-Гурзуф, 2008. – С. 137-138.

*E-mail: tz@icc.ru.*

УДК 614.72

**Н.В. Ефимова**, д-р мед. наук, **Т.А. Елфимова**  
(Ангарский филиал НИИ медицины труда и экологии человека  
НЦ медицинской экологии ВСНЦ СО РАМН),  
**А.Ю. Горнов**, д-р техн. наук, **Т.С. Зароднюк**, **А.С. Аникин**  
(Институт динамики систем и теории управления СО РАН, Иркутск)

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ВЛИЯНИЯ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ КРАТКОСРОЧНОГО ИНГАЛЯЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФОНЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА<sup>1</sup>**

Апробирован трехэтапный подход к изучению влияния на здоровье населения краткосрочного ингаляционного воздействия на фоне длительного загрязнения атмосферного воздуха на примере г. Читы. Рассмотрен неблагоприятный период, когда вблизи города были отмечены массовые лесные пожары.

**Ключевые слова:** здоровье населения, загрязнение атмосферного воздуха, анализ данных, метод кригинга.

По данным ВОЗ, высокое загрязнение атмосферного воздуха городов ежегодно приводит к смерти от 200 до 570 тысяч человек, что составляет около 0.4-1,1% ежегодных смертей (APHEIS III, 2005). Несмотря на большое число работ по данному вопросу, методические подходы к оценке влияния краткосрочного чрезвычайно высокого загрязнения на здоровье населения разработаны недостаточно. Даже на территории большинства современных средних и крупных городов, а тем более мегаполисов на окружающую среду и человека одномоментно воздействует комплекс неблагоприятных факторов, что

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 09-07-00267 и РГНФ, проект № 09-02-00650).

определяет сложность решения указанной проблемы и требует междисциплинарного подхода.

На примере г. Читы нами апробирован трехэтапный подход к изучению влияния на здоровье населения краткосрочного ингаляционного воздействия на фоне длительного загрязнения атмосферного воздуха. В качестве модели краткосрочного загрязнения рассмотрен период апреля 2008 г., когда вблизи города были отмечены массовые лесные пожары.

На первом этапе дана эколого-гигиеническая оценка территории города и изучена зависимость динамики показателей здоровья от уровня загрязнения атмосферного воздуха за период не менее 10 лет. Установлено, что горно-котловинный рельеф местности в сочетании с особенностями климата способствуют застою воздуха, с чрезвычайно низкой рассеивающей способностью. При изучении уровня валовых выбросов установлено, что загрязнение воздуха города происходит преимущественно за счет выбросов взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода и диоксида азота, вклад которых в валовых выбросах составляет 38,1%, 31,5%, 17,9% и 7,2% соответственно. В изучаемый период среднегодовые концентрации превышали ПДК<sub>с.с.</sub>: взвешенных веществ – в 2,2 раза, диоксида азота – в 1,5, формальдегида – в 3, бенз(а)пирена – в 4,1, фенола – в 1,1 раза. При оценке суммарного загрязнения воздушного бассейна г. Читы (по М.А. Пинигину, 2000) установлено, что за изучаемый период чаще всего отмечался умеренный уровень загрязнения атмосферы – 55%, сильный – 33%, слабый – 11%.

Анализ динамики показателей контаминации и оценка зависимости потерь здоровья от содержания примесей в атмосферном воздухе свидетельствуют о целесообразности выявления экологической компоненты в данных о первичной заболеваемости и учета направленности их биологического действия, что совпадает с мнением С.А. Роре (1992, 2004), D.W. Dokery (2002) и других исследователей. Уровень показателей впервые выявленной заболеваемости населения был стабилен у детей и достоверно снижался у взрослых ( $R^2 = 0,55$ ,  $p < 0,05$ ). Впервые выявленные заболевания органов дыхания всего населения в г. Чите за изучаемый период описывалась уравнением:  $y = 264,4 - 4,46x \pm 23,4$  ( $R^2 = 0,3$ ,  $p > 0,05$ ) и свидетельствовали о некотором снижении заболеваемости, однако в группе детского населения отмечен рост показателя – темп прироста за этот период составил 4,8 % ( $y = 574,6 + 28,1x \pm 47,4$ ,  $R^2 = 0,6$ ,  $p < 0,05$ ).

При изучении зависимости заболеваемости от загрязнения атмосферного воздуха установлено, что связь между первичной заболеваемостью всего населения и взрослых по классу органов дыхания и среднегодовым содержанием взвешенных веществ ( $r_{xy} = 0,56$ ,  $r_{xy} = 0,43$ ,  $p < 0,05$ ), оксида углерода ( $r_{xy} = 0,74$ ,  $r_{xy} = 0,88$ ,  $p < 0,01$ ) подтверждена коэффициентами корреляции Пирсона. Кроме того, статистически значимое влияние средней силы на распространенность болезней органов дыхания населения оказывали взвешенные вещества ( $r_{xy} = 0,64$ ) и оксид углерода ( $r_{xy} = 0,68$ ).

На втором этапе проводилась оценка краткосрочного загрязнения атмосферного воздуха и ежедневных показателей потерь здоровья. Опасность

загрязнения воздушного бассейна оценивалась по коэффициентам и индексам опасности (НQ и НI), частоте превышения значений ПДК для отдельных веществ и индекса опасности для приоритетных классов болезней (НI органов дыхания и кровообращения). Исходя из информации о разовых и среднесуточных концентрациях, был рассчитан индекс опасности для условий одновременного поступления нескольких веществ одним и тем же путем. Учитывая направленность действия примесей, поступающих в атмосферный воздух, выделены приоритетные классы болезней, в формировании которых качество атмосферного воздуха может играть важную роль: болезни органов дыхания (БОД) и болезни органов кровообращения (ССЗ). Индекс опасности, обусловленный краткосрочным воздействием, составил в среднем 3,91. Максимальные уровни НI в дни массовых лесных пожаров в дни с опасной скоростью (8м/сек.) ветра северо-северо-западного направления достигали 19,1.

Для характеристики потерь здоровья использована информация о ежедневной обращаемости за скорой медицинской помощью. Рассматривались случаи обращения по поводу болезней следующих классов: органов дыхания и системы кровообращения, информация о ежедневной смертности среди населения от ведущих причин заболеваний. Установлено, что в среднем в день регистрировалось 0,22 случая смерти от заболеваний сердечно-сосудистой системы и 0,032 – от патологии органов дыхания. В дни с максимальным уровнем НI зафиксировано 3,0 случая смерти от ССЗ, 1,1 – от БОД. Обращаемость за скорой медицинской помощью по поводу изучаемых причин практически не отличалась и в среднем за три месяца составила 10,5 (ССЗ) и 10,2 (БОД) случая в сутки. Интересно отметить, что в день с максимальным НI увеличивается число обращений в 2,2 и 2,8 раза соответственно.

На стадии первичной оценки для выявления зависимости показателей заболеваемости и смертности от загрязнения атмосферного воздуха по данным ежедневных наблюдений использован метод трехмерного анализа данных, который осуществлялся с помощью распространенного программного пакета Surfer (Golden Software). Построение поверхностей выполнено с использованием наиболее популярного в обработке экспериментальных данных геостатистического метода кригинга, принадлежащего семейству методов наименьших квадратов. Попеременно в качестве отклика (Z) рассматривались показатели потерь здоровья: заболеваемость и смертность по классам ССЗ и БОД и их сумма. Как объясняющие переменные рассматривались следующие пары (f(x,y)): смертность и индекс опасности (НI) для органов кровообращения и дыхания; заболеваемость и НI.

Для каждого района, а потом и для города в целом были построены соответствующие трехмерные графики, показывающие взаимные изменения всех показателей. Установлено, что при умеренном повышении загрязнения атмосферного воздуха (НI=2-3) уровень обращаемости и смертности соответствует средней величине, в отдельные моменты наблюдаются флуктуации смертности, визуально воспринимаемые на трехмерном графике как «пики». При увеличении загрязнения до 5 и выше отмечается стойкое повышение

обращаемости за медицинской помощью до 4,5 случая в сутки. Смертность при этом также возрастает и стабилизируется на показателях 0,6 случая в сутки. Для более четкого восприятия зависимости смертности от двух переменных – загрязнение и обращаемость – целесообразно использовать также плоскостное изображение изучаемой зависимости, где изолинии отражают уровень наиболее значимого отклика системы на негативное воздействие (в нашем случае этим откликом служил коэффициент ежедневной смертности).

На третьем этапе проводится оценка толерантности популяции в целом и ее наиболее чувствительных групп к негативному воздействию. Выявлен нижний предел уровня краткосрочного загрязнения атмосферного воздуха примесями, обладающими действием, направленным на состояние органов дыхания и кровообращения ( $HI=3$ ), выше которого наблюдается устойчивое повышение ежедневной обращаемости за скорой медицинской помощью и смертности населения. Установлен лаг роста заболеваемости и смертности при увеличении химического прессинга на окружающую среду и население.

Таким образом, в связи с увеличивающимися нагрузками на окружающую среду и возрастающим числом экспонированного населения существует необходимость оперативной обработки данных, чтобы в короткие сроки можно было управлять сложившейся ситуацией.

*E-mail: medecolab@inbox.ru.*

УДК 612.019 (571.1)+543.21

**О.Л. Нифонтова**, д-р биол. наук, **Ю.Г. Бурькин**, канд. биол. наук,  
**Е.В. Майстренко**, канд. биол. наук, **А.В. Хисамова**, канд. биол. наук  
(НИИ биофизики и медицинской кибернетики,  
Сургутский государственный университет)

## **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА ТЮМЕНСКОГО СЕВЕРА**

Климатические условия Югры и этнический фактор у школьников-ханты моделируют арктический адаптивный тип. Этническая дифференциация начинается в младшем школьном возрасте и усиливается с началом периода полового созревания, что может быть описано с позиции теории хаоса и синергетики с использованием точных количественных методов системного анализа.

**Ключевые слова:** антропометрия, этнические популяции Севера, системный анализ, фазовое пространство.

Разработанные в НИИ биофизики и медицинской кибернетики подходы в рамках теории хаоса и синергетики [2] дополняют классические методы математической статистики и позволяют анализировать поведение сложноорганизованных биологических динамических систем в фазовых пространствах состояний. Алгоритмы системного анализа в рамках компарментно-кластерной теории био-