



УДК 62.50

Е.П. Бокмельдер, канд. физ.-мат. наук

(Институт математики, экономики и информатики
Иркутского государственного университета),

М.П. Дьякович, д-р биол. наук, **Н.В. Ефимова**, д-р. мед. наук
(Ангарский филиал НИИ медицины труда и экологии человека
НЦ МЭ ВСНЦ СО РАМН),

А.Ю. Горнов, д-р техн. наук, **Т.С. Зароднюк**

(Институт динамики систем и теории управления СО РАН, Иркутск)

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ РЕШЕНИИ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНЫХ И МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ¹

Представлен опыт исследования медико-социальных и медико-экологических процессов на основе динамических моделей в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных. Были использованы разработанные авторами программные комплексы и специализированная библиотека стандартных программ, реализованная на языке С.

Ключевые слова: математическое моделирование, оптимальное управление, вычислительные технологии, социальные процессы.

Данные государственной статистики свидетельствуют о том, что в условиях сложной социально-экономической ситуации в России сохраняющиеся традиционные методы социального управления не изменяют влияния основных факторов, способствующих росту заболеваемости и смертности населения, и в первую очередь трудоспособного. Решение проблемы преломления этой негативной тенденции только за счет увеличения объемов медицинской помощи, оказываемой населению, бесперспективно. Принятию управленческих решений в этой сфере должны предшествовать анализ существующей ситуации, научно-обоснованный прогноз ее динамики на краткосрочную и среднесрочную перспективу, опирающийся на современные информационные технологии. Таким образом, междисциплинарные исследования в области анализа и моделирования динамики здоровья населения с учетом эколого-гигиенических, социально-экономических причин, а также поведенческих реакций населения представляются весьма актуальными.

В статье рассматриваются подходы к математическому моделированию при исследовании поведения эколого-социально-экономических систем. Реализация

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 09-07-00267; РГНФ, проект № 09-02-00650).

этих подходов позволила авторам на протяжении десяти лет успешно решать различные медико-социальные и медико-экологические задачи. С позиций системного анализа задачи подобного рода предполагают управление происходящими процессами для снижения вредного воздействия факторов, способных дезорганизовать или даже разрушить рассматриваемую систему. Как правило, управляющим воздействием является вложение определенных материальных средств в мероприятия, направленные на борьбу с вредными воздействиями так и на профилактику их возникновения. Возникла задача оптимального управления процессом (управлять проще и эффективнее) с учетом ограниченности денежных ресурсов. Таким образом, целевой функционал задач отражал два стремления: улучшить тенденцию развития рассматриваемого медико-социального процесса и одновременно экономить денежные вложения.

Использование модели позволяло решить несколько задач: провести идентификацию модели на основании собранных данных официальной статистической отчетности; дать прогноз изучаемого процесса на среднюю перспективу при неизменяющейся величине материальных вложений. С помощью численных экспериментов модели проверялись на адекватность (т.е. подбирались параметры модели, при которых ее решение соответствует реальному состоянию), затем осуществлялся поиск оптимального управления, позволяющего минимизировать целевой функционал. Численные эксперименты с моделями легли в основу оптимального управления динамикой медико-социальных процессов в условиях ограниченных денежных ресурсов, с учетом возможных изменений социально-экономических факторов. Разработке моделей динамики предшествовали количественное описание объекта управления, а также внешних факторов, определяющих его динамику, анализ возможных управляющих воздействий, определение ограничений на состояние объекта управления и на сами управления. Для построения статических моделей нами использованы методы регрессионного нелинейного анализа и нейромоделирования (искусственные нейронные сети) и подходы, основанные на применении оператора Шепарда [1, 2].

Исследование медико-социальных и медико-экологических процессов производилось на основе динамических моделей в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных [3 – 6]. В некоторых задачах применялись усложненные модели, позволяющие учесть дополнительные эффекты изучаемых явлений – такие как возрастная или профессионально-стажевая специфика [7, 8]. Возникающие при этом формальные задачи системного анализа включали структурную и параметрическую идентификацию; оптимальное управление; фазовое оценивание и нормирование воздействий. Численное решение указанных задач производилось с использованием разработанных нами программных комплексов OPTCON-I (MS DOS), OPTCON-III (Windows 95/98/2000/XP/Vista), вычислительного сервера OPTCON-II [9] и специализированной библиотеки стандартных программ, реализованной на языке С.

Одной из первых рассматривалась задача моделирования процессов распространения наркомании с оптимизацией государственных финансовых инвестиций, ориентированных на борьбу с этим явлением [3]. Моделирование состояния

здоровья рабочих предприятий с вредными и опасными условиями труда выполнялось с целью максимально эффективного распределения ресурсов, вкладываемых предприятиями в охрану труда и оздоровление [10]. Оценка влияния социально-экономических факторов на смертность трудоспособного населения республики Бурятия с помощью моделирования выполнялось для выработки рекомендаций органам государственной власти [1, 7]. Моделирование заболеваемости населения северных территорий Иркутской области было использовано для выявления и оценки влияния факторов окружающей среды на процесс формирования заболеваемости городских и сельских жителей [11]. Для медико-экологической оценки возможного влияния трассы магистрального газопровода было использовано моделирование здоровья населения, проживающего в зоне освоения источников углеводородного сырья, на основе результатов эколого-гигиенических и санитарно-эпидемиологических исследований [12].

Полученные результаты позволили определить факторы-мишени для управляющих воздействий, а также показать возможности моделирования динамических систем для адекватного выбора и оптимизации таких воздействий. Результаты моделирования могут быть использованы представителями властных структур, специалистами в области управления общественным здоровьем, медико-демографической, социально-экономической и медико-экологической ситуациями для выработки оптимальных управляющих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьякович М.П., Бокмельдер Е.П. Оценка влияния социально-экономических факторов на смертность трудоспособного населения Республики Бурятия с помощью моделирования // Проблемы социальной гигиены и организации здравоохранения. – 2009. – №5. – С.19-22.
2. Горнов А.Ю., Кузьменко Е.Т., Аникин А.С., Зароднюк Т.С. Применение алгоритмов аппроксимации экспериментальных данных в задаче выявления значимых медико-социальных факторов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2008. Спецвыпуск. – С. 92-96.
3. Feichtinger G., Gornov A.Yu., Bockmelder E.P. An Approach to Mathematical Modelling of Age-Specific Social and Economic Processes // Труды XII Байкальской междунар. Конф. "Методы оптимизации и их приложения". – Т. 2. – Иркутск, 2001. – С. 216-221.
4. Dyakovich M., Bokmelder E., Gornov A. Worker's health dynamic control model // Int. Conf. «Mathematical Modelling Social Economic Dynamics». – Moscow, 2004. – P.100.
5. Бокмельдер Е.П., Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С., Дьякович М.П. Моделирование уровня смертности и вычислительные эксперименты // Труды XIV Байкальской междунар. школы-семинара «Методы оптимизации и их приложения». – Иркутск, 2008. – Т.2. – С. 99-106.
6. Бокмельдер Е.П., Горнов А.Ю., Дьякович М.П. Управляемая модель динамики смертности трудоспособного населения Республики Бурятия // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2009. – №3. – С. 8-13.
7. Горнов А.Ю., Бокмельдер Е.П., Фейхтингер Г. Моделирование и численное решение социально-экономических задач с учетом возрастной специфики. Междунар. симпозиум «Обобщенные решения в задачах управления». – Переславль-Залесский, 2002. – С. 160-165.
8. Дьякович М.П., Бокмельдер Е.П., Горнов А.Ю. Распределенная управляемая модель состояния здоровья рабочих крупного предприятия Иркутской области // Материалы междунаучно-практической конф. «Математическое моделирование социально-экономических процессов». – М., 2004. – С. 58-61.

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 ВОЗДУХА¹

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

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