

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА СМЕРТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ В Г. КРАСНОЯРСКЕ

Черных Д.А., Тасейко О.В.

Институт вычислительных технологий СО РАН, Красноярский филиал, г. Красноярск
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

Климатические изменения в настоящее время являются одним из значимых факторов влияния на здоровье людей в городах и промышленных центрах. Зависимость между температурой воздуха и уровнем смертности в последние годы изучается достаточно интенсивно. Существует множество научно-исследовательских работ о пагубном влиянии антропогенной нагрузки и климатических факторов на здоровье человека [1-5]. Увеличение числа подобных работ говорит об актуальности данной проблематики. В совокупности эти факторы могут нанести еще больший вред, оказывая синергетическое воздействие и поэтому, в наши дни существует необходимость в предотвращении возможных последствий на региональном уровне [6].

Красноярск характеризуется резко-континентальным климатом и наличием высоких температур летом и экстремально низких зимой [7]. В связи с такими климатическими особенностями, а также наличием промышленных агломераций для Красноярска актуален анализ синергетического влияния климатических параметров и факторов окружающей среды на уровни смертности населения. Для решения данной проблемы существует необходимость в разработке методологии оценки рисков от многофакторного воздействия на смертность населения, с использованием многомерных статистических моделей, в частности, многомерной регрессионной модели Пуассона, которая бы учитывала особенности региона и структуру населения.

Климатические факторы.

На всемирной конференции по изменению климата в Москве в 2003 г. д-р А. Хаймес от имени ВОЗ заявил: «Мы должны признать более высокий приоритет вопросов здоровья населения в политических дискуссиях об изменениях климата» [8].

Аномальная жара и зной уносят жизни людей и вызывают обострение имеющихся заболеваний. Последствия воздействия жары на здоровье проявляются во всех возрастных группах и в результате целого ряда факторов, но есть определенные категории людей, которые подвержены более высокому риску заболеваемости и смертности, обусловленных жарой:

1. пожилые люди;
2. дети и младенцы;
3. лица с хроническими заболеваниями;
4. лица, принимающие определенные виды лекарств;
5. лица, более уязвимые в силу своего социально-экономического статуса;
6. лица определенных профессий.

Степень риска зависит от индивидуальных особенностей, уровня воздействия жаркой погоды и аномальной жары и от приспособленности к жарким погодным условиям [9]. Тем не менее, особый интерес представляет концентрация загрязняющих веществ в период высоких аномальных температур, так как в эти дни происходит суммирование негативного влияния на здоровье летней жары и высоких концентраций загрязняющих веществ. Но, при такой тесной связи между температурой и загрязнением,

определить степень влияния загрязненного атмосферного воздуха на смертность на фоне тепловых волн очень сложно. Во время зимнего периода анализ данных за 2003-2005 гг. показал: концентрация взвешенных веществ в воздухе увеличивается со снижением температуры. Связь между температурой и концентрацией PM10 носит длительный характер – 6 дней и более, что объясняется худшими условиями рассеивания в зимнее время. Концентрация озона, наоборот, увеличивалась с повышением температуры в зимний период [10].

Загрязнение атмосферного воздуха.

Помимо климатических параметров, на организм человека, также пагубно влияют факторы окружающей среды. Воздействие изменения климата в городах сочетается с неблагоприятным воздействием на здоровье населения загрязненного атмосферного воздуха. В условиях влияния метеорологических факторов на здоровье населения, особенно на территориях с техногенным загрязнением, необходимо оценить модифицирующий эффект от влияния загрязняющих атмосферный воздух веществ (взвешенные вещества, диоксид серы, диоксид азота, оксид азота, оксид углерода и других веществ, включенных в программу мониторинга) [11].

Антропогенное загрязнение окружающей среды оказывает выраженной воздействию на формирование популяционного здоровья населения. Вклад антропогенных факторов в формировании отклонений здоровья составляет от 10% до 57%. Оценка значимости загрязнения среды по биологически ответам организма человека по показателям здоровья более объективна, чем сопоставление концентраций отдельных загрязнителей с гигиеническими нормами, так как интегрально учитывает влияние всех, в том числе неидентифицированных загрязнителей, их комплексное и комбинированное действие на организм человека [12].

Объект и методы исследования.

Объектом исследования являлась смертность жителей г. Красноярска от наиболее распространенных заболеваний, характеризующихся чувствительностью к климатическим факторам за период с 2010 по 2014 гг.:

- инфаркты (I20 – I25);
- инсульты (I60 – I69);

Для решения поставленной задачи использовалась база данных показателей смертности, предоставленная Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю. Ежедневная смертность в г. Красноярске изучалась за 5 лет (с 1 января 2010 по 31 декабря 2014 года).

Группы населения, для которых проводится оценка влияния факторов окружающей среды на показатели здоровья:

- от 0 до 17 лет;
- от 18 до 29 лет;
- от 30 до 44 лет;
- от 45 до 59 лет;
- от 60 до 74 лет
- от 75 лет и старше.

Отдельное изучение возрастных групп трудоспособного населения (от 30 до 64 лет) и старше трудоспособного (свыше 64 лет), а также детей и подростков важно с точки зрения последующего анализа возрастных различий и является общепринятым в подобных исследованиях в Российской Федерации [5]. В предыдущих исследованиях было выявлено, что такое деление смертности населения по возрасту не достаточно и поэтому количество возрастных групп было увеличено для более детального рассмот-

рения зависимости смертности от изучаемых факторов [13]. Также смертность была разделена по полу по каждой возрастной группе и причине смерти.

Зависимость смертности от загрязнения атмосферного воздуха и климатических факторов рекомендуется изучать с помощью Пуассоновской регрессионной модели [11]

$$\ln(\mu_t) = \beta_0 + \beta_1 \cdot X_{1,t} + \dots + \beta_k \cdot X_{k,t},$$

или

$$\mu_t = e^{\beta_0} \cdot e^{\beta_1 \cdot X_{1,t}} \cdot \dots \cdot e^{\beta_k \cdot X_{k,t}},$$

где μ_t – прогнозируемый параметр (пуассоновская переменная);

$x_{1,t} \dots x_{k,t}$ – влияющие переменные;

$\beta_1 \dots \beta_k$ – параметры модели;

β_0 – свободный член. Пуассоновская переменная в данном случае характеризует количество смертей от климатозависимых заболеваний. Влияющие переменные – это метеорологические параметры, такие как температура, влажность, экстремальные перепады температур в течение суток, температурные волны и концентрации загрязнителей в атмосферном воздухе. Параметры модели устанавливают значимость вклада соответствующих влияющих переменных. Свободный член не связан с влияющими переменными и характеризует фоновые колебания пуассоновской переменной.

В связи с тем, что допускается наличие лага между неблагоприятным явлением и смертностью, модель предусматривает расчет коэффициента при различных лагах от нуля до максимального допустимого лага.

Для оценки коэффициента предполагаемой пуассоновской модели также использовались среднесуточные показатели смертности, концентраций загрязняющих веществ и метеорологических параметров за период с 2010 по 2014 гг.:

1. Концентрации загрязняющих веществ:

- диоксид азота (NO_2);
- формальдегид (Formaldehyde);
- пыль (Particulate matter). Данные о ежедневной концентрации загрязняющих веществ города Красноярска были предоставлены Федеральным государственным бюджетным учреждением «Среднесибирское управление по Гидрометеорологии и Мониторингу Окружающей Среды».

2. Для оценки метеорологических параметров использовались данные государственной наблюдательной сети метеостанции «Опытное поле», которая является фоновой для территории г. Красноярска [14]:

- температура атмосферного воздуха;
- относительная влажность;
- экстремальные перепады температур в течение суток;
- температурные волны.

Степень влияния конкретного фактора на смертность в рассчитанных моделях оценивается с помощью коэффициента регрессии. Коэффициент регрессии β_i показывает, на какую величину в среднем изменяется результирующий признак y при изменении факторного признака x на единицу [15].

В таблице приведены параметры пуассоновской регрессионной модели для оценки влияния факторов окружающей среды на смертность лиц в возрастной группе 30-44 от инфарктов у мужчин. Временной лаг отражает отставание негативного эффекта во времени (1 лаг – 1 день).

Таблица. Расчетные коэффициенты модели прогноза смертности населения от инфарктов у мужчин в возрастной группе 30-44

Влияющие переменные	Оценка параметра, β_i	Лаг, дни	Стандартная ошибка	p-value
Свободный член	-3,1	-	2,9	0,3*
Взвешенные вещества (PM)	2,6	10	1,2	0,02
Перепад температуры (DiffT)	-0,07	9	0,03	0,03
Перепад температуры (DiffT)	-0,1	15	0,04	0,004
Влажность (Hum)	-0,05	-	0,02	0,003
Волны (W)	0,1	-	0,05	0,05

* – Зависимость статистически не значима ($p > 0,05$).

Для полученных параметров Пуассоновская регрессионная модель примет вид

$$\ln(\mu_t) = -3,1 + 2,6 \cdot PM_{t-10} - 0,07 \cdot DiffT_{t-9} - 0,1 \cdot DiffT_{t-15} - 0,05 \cdot Hum_t + 0,1 \cdot W_t$$

В данной возрастной группе у мужчин зависимость смертности наблюдается от двух факторов: взвешенные вещества и температурные волны. При этом наибольший вклад в смертность населения вносят загрязнения взвешенными веществами при лаге 10. Это означает, что реакция организма от воздействия воздуха, загрязненного взвешенными веществами наблюдается на десятый день.

На рис. видно, что расчетная смертность хорошо описывает фактическую смертность от инфарктов у мужчин в возрастной группе 30-44. Это показывает, что, используемая модель работает корректно. Шкала Чеддока позволяет показателям тесноты связи дать качественную оценку [16]. В данном случае расчетная и фактическая смертность имеет заметную статистическую связь при $r = 0,68$.

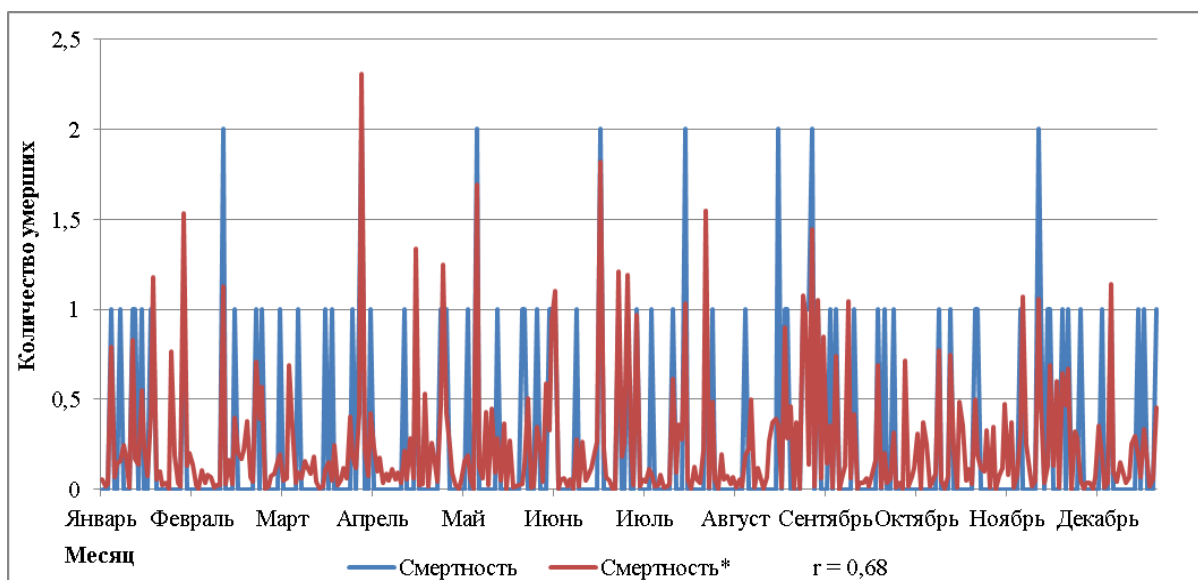


Рис. Фактическая и расчетная смертность от инфарктов у мужчин в возрастной группе 30-44

Заключение

Пуассоновская регрессионная модель позволила выявить следующие результаты:

– Наибольший вклад в смертность населения вносят загрязнения атмосферного воздуха. Это показано по большей части в смертностях от всех причин и всех возрастных групп.

– Влиянию факторам окружающей среды в большей степени подвержены мужчины.

– Смертность населения от инфарктов наиболее подвержено влиянию исследуемым факторам.

– Возрастные группы 45-59 и 60-74 также подвергаются существенному негативному влиянию факторов окружающей среды. Отсутствует воздействие факторов окружающей среды на показатели смертности в возрастных группах 18-29 и 0-17;

– Исследуемые факторы, по большей части, воздействуют на смертность населения с небольшим отставанием.

С помощью Пуассоновской регрессионной модели удалось спрогнозировать смертность достаточно близкой к фактической смертности. Это доказывает рабочую гипотезу о том, что Пуассоновская регрессионная модель подходит для аналогичных исследований по оценке влияния факторов окружающей среды на смертность населения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Красноярского края в рамках научного проекта №18-47-240006.

Литература

1. Gabriel K.M.A., Endlicher W.R. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg // *Environmental pollution*. 2011. Vol. 159(8-9). Pp. 2044-2050.
2. Associations between elevated atmospheric temperature and human mortality: A critical review of the literature / S.N. Gosling, J.A. Lowe, G.R. McGregor, M. Pelling et al. // *Climatic Change*. 2009. Vol. 92(3-4). Pp. 299-341.
3. McMichael A.J., Woodruff R.E., Hales S. Climate change and human health: Present and future risks // *The Lancet*. 2006. Vol. 367(9513). Pp. 859-69.
4. Sheridan S.C., Kalkstein A.J., Kalkstein L.S. Trends in heat-related mortality in the United States, 1975-2004 // *Natural Hazards*. 2009. Vol. 50(1). Pp. 145-60.
5. Влияние температуры воздуха на смертность населения Архангельска в 1999-2008 годах / Ж.Л. Варакина, Е.Д. Юрасова, Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников и др. // *Экология человека*. 2011. № 6. С. 115-127.
6. Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Семутникова Е.Г. Климатические условия и качество атмосферного воздуха как факторы риска смертности населения Москвы // *Медицина труда и промышленная экология*. 2008. № 7. С. 29-35.
7. Швер Ц.А., Герасимова А.С. Климат Красноярска. Ленинград : Гидрометеиздат, 1982. 231 с.
8. Изменения климата и здоровье человека – воздействия, уязвимость и адаптация / А. Хайнес и др. // *Всемирная конференция по изменению климата*. 2003. С. 75-77.
9. О направлении Плана действий по защите здоровья населения от воздействия аномальной жары : Письмо Минздравсоцразвития России от 18 апр. 2012 г. N 14-3/10/2-3936, 2012. 44 с.
10. Ревич Б.А., Шапошников Д.А. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых регионах России // *Проблемы прогнозирования*. 2012. № 2. С. 122-138.

11. МР 2.1.10.0057-12.2.1.10. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска. : утв. 17.01.2012. 36 с.
12. Лещук С.И., Очиржапова Д.Ц. Оценка влияния загрязненного атмосферного воздуха на здоровье населения // Вестник Сибирской академии права, экономики и управления. 2012. № 1(5). С. 64-67.
13. Черных Д.А., Тасейко О.В. Оценка риска повышения смертности от температурных волн для населения города Красноярска // Экология человека. 2018. № 2. С. 3-8.
14. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – мировой центр данных [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://meteo.ru/>
15. Нашченко Н.И. Лекции по эконометрике : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Прикладная информатика (в экономике)»; Н.И. Шанченко. Ульяновск : УлГТУ, 2008. 139 с.
16. Репова М.Л. Эконометрика: метод, указания и задания к выполнению контрольной работы. Архангельск : Арханг. гос. техн. ун-т, 2010. 32 с.

УДК 574.56

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КОВИНСКОГО ЗАЛИВА БОГУЧАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Шишкин А.С., Пономарева Т.В., Ефимов Д.Ю., Мурзакматов Р.Т.
Институт леса имени В.Н. Сукачева СО РАН, г. Красноярск

Введение. В процессе оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) водохранилища Богучанской ГЭС разработана программа мониторинга с установлением контрольных участков, методики наблюдений, квалификации исполнителей, стоимости работ [1]. Составлен прогноз состояния почв, растительности, животного населения. Водоохранилище заполнено на проектную отметку 208 м в июле 2015 г. Постоянные наблюдения ведутся с мая 2014 г. Прошло четыре вегетационных периода, которые позволяют скорректировать сделанные прогнозы и определить новые тенденции формирования водохранилища на одном из мониторинговых участков – Ковинском заливе.

Материалы и методы. Подбор участков мониторинга проводился по принципу представленности всего природного разнообразия водохранилища и видов воздействия, а также с учетом двух административных территорий (рис.). Объекты наблюдений располагаются на геоморфологических профилях, которые расположены поперек акватории водохранилища и заливов притоков. При этом использовалась экологическая классификация водохранилищ [2]. Профиль разбивается на однородные отрезки по условиям рельефа и растительности. В связи с отсутствием заказчика мониторинговые работы за счет средств Института леса СО РАН ведутся только в Ковинском заливе и на Недокуринском расширении (приток р. Курейская).

В процессе выполнения полевых работ проводился пересчет плавающих торфяных островов (ежегодно более 200) с делением на размеры (крупные более и мелкие менее 100 м²), а также выделением «черных», всплывших после заполнения водохранилища, «черных», повторно зарастающих, и «зеленых», поднимающихся с нарастанием уровня воды. Кроме того, острова делились по доминирующей растительности на рогозовые,