

УДК 616.2-02:613.1

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ НЕОТЛОЖНЫХ СОСТОЯНИЙ В СВЯЗИ С БОЛЕЗНЯМИ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

© 2011 г. А. В. Мироновская, Т. Н. Унгуряну, *А. Б. Гудков

Управление Роспотребнадзора по Архангельской области,

*Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

Изучены гигиенические аспекты возникновения неотложных состояний в связи с болезнями органов дыхания (БОД) на основании анализа временного ряда обращаемости за скорой медицинской помощью (СМП) населения г. Новодвинска. Оценка проведена методом авторегрессии и проинтегрированной скользящей средней – ARIMA (7,0,2; 0,0,0). По результатам исследования временного ряда составлена модель, позволяющая прогнозировать изменение обращаемости за СМП в связи с БОД при комбинированном воздействии погодных факторов (температура воздуха, скорость ветра, относительная влажность) с учетом предыдущих уровней обращаемости.

Ключевые слова: метеофакторы, загрязнение атмосферного воздуха, болезни органов дыхания, обращаемость за скорой медицинской помощью.

На организм человека, проживающего на Севере, отрицательное воздействие оказывают климатогеографические факторы, такие как холод, резко выраженная фотопериодичность, высокая относительная и низкая абсолютная влажность воздуха, напряженный аэродинамический режим, нестабильность атмосферного давления и состояния магнитосферы. Практически все эти факторы обладают выраженным пульмонотропным действием. Кроме того, в промышленных городах Архангельской области, например Новодвинске, организм человека подвергается мощному воздействию антропогенных факторов. Техногенные нарушения экологического равновесия в настоящее время в максимальной степени выражены в основной среде обитания человека – атмосфере. При этом самой открытой к контакту с неблагоприятными природно-климатическими и техногенными факторами является система дыхания, которая наиболее реактивна, так как не может быть защищена от внешних условий искусственным барьером [1, 2, 4, 5].

Не случайно болезни органов дыхания в структуре первичной заболеваемости в Архангельской области занимают первое ранговое место, превышая этот показатель в целом по Российской Федерации. При анализе частот первичной заболеваемости в разрезе территорий Архангельской области по классу «Болезни органов дыхания» территорией максимального риска является г. Новодвинск [7, 10].

Целью настоящей работы являлось установление закономерностей возникновения неотложных состояний в связи с болезнями органов дыхания на основании анализа временного ряда обращаемости за скорой медицинской помощью (СМП) в Новодвинске и разработка модели для прогнозирования обращаемости в зависимости от изменения погодных условий и загрязнения атмосферного воздуха.

Методы

Основу исследования составили карты вызовов СМП в городе Новодвинске за 2003–2005 годы и данные ГУ «Архангельский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями» по среднесуточным величинам метеорологических параметров: температуры атмосферного воздуха ($^{\circ}\text{C}$), относительной влажности (%), скорости ветра (м/с), атмосферного давления (гПа) и среднесуточным и максимально-разовым концентрациям основных загрязняющих атмосферу веществ ($\text{мг}/\text{м}^3$): взвешенных веществ, диоксида серы, сероводорода, сероуглерода, оксида углерода, диоксида азота, формальдегида, метилмеркаптана.

Проведено ретроспективное экологическое описательное эпидемиологическое исследование. Анализ временного ряда обращаемости за

СМП осуществлен с использованием метода авторегрессии и проинтегрированной скользящей средней – ARIMA (7,0,2; 0,0,0). Сезонные компоненты не включены, так как их изменение учитывается при помощи изменения регрессоров погодных условий.

Анализ временного ряда был проведен по следующим этапам:

1. Графическое представление и описание поведения временного ряда, построение и анализ автокорреляционной функции. Для анализа зависимости текущего уровня обращаемости от предыдущих уровней произведен расчет автокорреляционной функции. Автокорреляционная функция коэффициентов парной автокорреляции характеризует связь значений показателя, в данном случае вызовов СМП по поводу болезней органов дыхания (БОД), во временном ряду в зависимости от временного интервала (лага) между ними. Наряду с коэффициентами парной автокорреляции выполнен расчет коэффициентов частной автокорреляции для более точной оценки связи между парами значений показателя, разделенными соответствующими лагами, при исключении влияния на них промежуточных значений показателя в пределах лага.

2. Выделение и удаление закономерных составляющих временного ряда: тренда, сезонных, циклических составляющих.

3. Подбор, построение математической модели для прогнозирования обращаемости, представленной временным рядом.

4. Проверка адекватности модели, анализ остатков.

В связи с тем, что в воскресенье и праздничные дни в Новодвинске концентрации загрязняющих веществ не измерялись, пропуски были заполнены средней величиной за два предыдущих и последующих дня.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета программ SPSS 13.0.

Результаты

В ходе графического анализа временного ряда возникновения неотложных состояний в связи с БОД на основе обращаемости населения г. Новодвинска за СМП установлены следующие закономерности (рис. 1): ряд имеет сложную структуру, сезонная компонента неярко выражена.

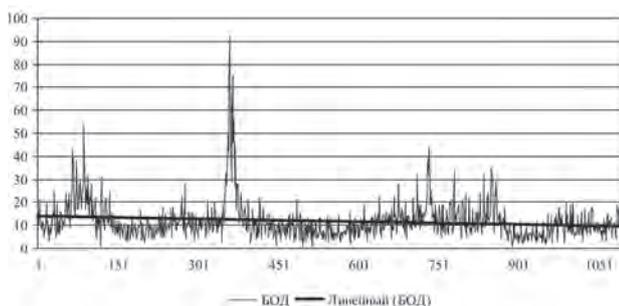


Рис. 1. Суточное распределение абсолютного числа вызовов скорой медицинской помощи населением г. Новодвинска по поводу болезней органов дыхания и линия тренда

В течение каждого года наблюдаются всплески обращаемости за СМП, что связано с эпидемиями острых респираторных вирусных заболеваний, гриппа, причем пиковые значения превышают среднегодовые уровни обращаемости до 6,5 раза. За исследуемый период наблюдается тенденция к снижению числа вызовов: с 14 вызовов в сутки до 11, что объясняется естественной убылью населения. В ходе анализа автокорреляционной функции зависимости текущего уровня обращаемости за СМП по поводу БОД от предыдущих установлено, что для обращаемости, характерна ярко выраженная зависимость текущего уровня от предыдущего – ряд нестационарен (рис. 2), распределение числа вызовов СМП отличается от нормального ($p < 0,001$; $Z = 5,5$).

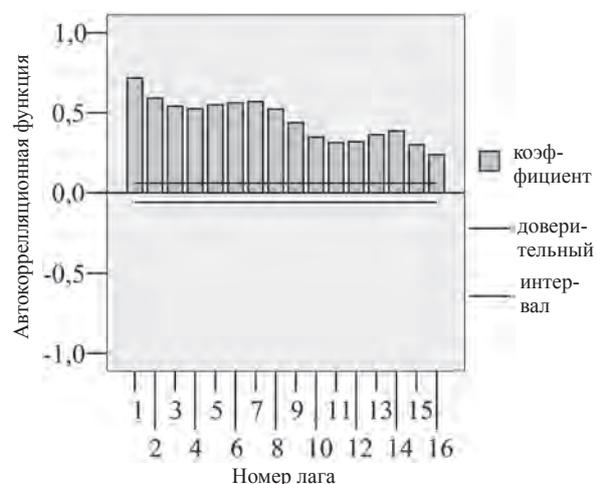


Рис. 2. Коррелограмма автокорреляционной функции суточного числа вызовов скорой медицинской помощи населением г. Новодвинска по поводу болезней органов дыхания

Непосредственное использование стандартных методов пакета SPSS не позволило получить модель, удовлетворяющую требованиям применимости регрессионных методов. Поэтому для уменьшения размаха пиковых значений было проведено логарифмическое преобразование исходного ряда по формуле: $X_t = \ln(2 \text{ БОД}_t + 50)$, где X_t – преобразованный ряд числа вызовов за СМП по поводу БОД_t; БОД_t – число вызовов за СМП по поводу БОД. Для дальнейшего исследования проводился анализ преобразованного временного ряда – X_t . Подобного рода преобразования известны в практике анализа временных рядов. Изменение этого ряда более спокойное, и преобразованный ряд обращаемости в целом лучше поддается статистическому анализу.

Начальным этапом исследования было построение регрессионной модели, где в качестве независимых переменных включены погодные условия. По результатам проведенного регрессионного анализа установлено, что связь между обращаемостью за СМП по поводу БОД и погодными условиями составляет 0,342. Вариация обращаемости на 11,7 % ($R = 0,342$; $R^2 = 0,117$; $p < 0,001$) объясняется изменчивостью включенных в модель независимых переменных –

метеофакторов. Наибольшую степень влияния на обращаемость оказывает температура атмосферного воздуха ($\beta = -0,299, p < 0,001$).

Следующим этапом исследования было изучение влияния загрязнения атмосферы на обращаемость за СМП. По результатам регрессионного анализа установлено, что связь между обращаемостью за СМП по поводу БОД и загрязнением атмосферы составляет в среднем 0,19. Вариация обращаемости в среднем на 4,0 % ($R = 0,19; R^2 = 0,4; p < 0,001$) объясняется изменчивостью включенных в модель независимых переменных – концентраций загрязняющих веществ. Для оценки вклада загрязнения в обращаемость в связи с БОД использованы разовые концентрации, так как регрессионные модели со среднесуточными концентрациями, расчетными индексами опасности загрязняющих атмосферу веществ имеют меньшее информативное значение.

Далее было осуществлено построение наиболее оптимальной модели для прогнозирования обращаемости в связи с БОД. Произведен отбор независимых переменных, имеющих статистически значимые коэффициенты регрессии. Таким образом, в уравнение регрессии в качестве независимых переменных включены: температура атмосферного воздуха, относительная влажность, скорость ветра и концентрации диоксида серы. Анализ полученных результатов множественного регрессионного анализа показал, что изменение концентраций диоксида серы значимо не влияет на общую модель. Систематическая компонента (тренд) – изменение обращаемости с течением времени, обусловленное убылью населения, при исключении из модели также не оказывала значительного влияния на прогностическую модель. В связи с этим в окончательную модель включены только погодные условия (табл. 1).

Таблица 1

Показатели прогностической регрессионной модели зависимости преобразованного ряда обращаемости за скорой медицинской помощью населения г. Новодвинска по поводу болезней органов дыхания от метеофакторов

Переменная	R = 0,342; R ² = 0,117; F = 48,007; p < 0,0001; a=4,181				
	в	95,0% доверительный интервал для в		β	р
		Нижняя граница	Верхняя граница		
Температура	-0,005	-0,006	-0,004	-0,300	0,000
Скорость ветра	0,014	0,005	0,023	0,088	0,002
Относительная влажность	0,001	0,000	0,002	0,064	0,035

Примечание. R – коэффициент корреляции для модели; R² – коэффициент детерминации; F – критерий Фишера; p – статистическая значимость; a – константа уравнения регрессии; в – нестандартизованный коэффициент регрессии; β – стандартизованный коэффициент регрессии.

Временной ряд остатков преобразованного ряда обращаемости после корректировки на погодные условия все еще имеет сильную зависимость текущего уровня от предыдущего. Для исключения данной зависимости построена модель с использованием метода авторегрессии и скользящего среднего – ARIMA (7,0,2; 0,0,0). Сезонные компоненты не включены, так как их изменение учитывается при помощи изменения регрессоров погодных условий. Результаты проведенного анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели прогностической авторегрессионной модели преобразованного ряда обращаемости за скорой медицинской помощью населения г. Новодвинска по поводу болезней органов дыхания

Обращаемость	Коэффициент регрессии	Стандартная ошибка коэффициента регрессии	Критерий Стьюдента	Значимость критерия Стьюдента
С лагом один день	1,527	0,035	44,101	0,000
С лагом два дня	-1,238	0,058	-21,203	0,000
С лагом три дня	0,323	0,067	4,815	0,000
С лагом четыре дня	0,049	0,068	0,732	0,464
С лагом пять дней	0,080	0,067	1,187	0,236
С лагом шесть дней	0,034	0,057	0,592	0,554
С лагом семь дней	0,091	0,033	2,795	0,005
Сглаженная на один день	1,169	0,017	70,069	0,000
Сглаженная на два дня	-0,933	0,016	-59,368	0,000

Для определения применимости полученной модели проведен автокорреляционный анализ, по результатам которого установлено, что зависимость текущего уровня остатков обращаемости за СМП от предыдущего отсутствует, временной ряд остатков фактически является белым гауссовским шумом, коэффициенты автокорреляции значимо не отличаются от нуля (рис. 3). Для анализа нормальности распределения остатков обращаемости построен график остатков на нормальной вероятностной бумаге, проведен тест Колмогорова – Смирнова. Остатки обращаемости подчиняются закону нормального распределения ($p = 0,305; Z = 0,969$).

В результате проведенного статистического анализа построена модель, которую можно использовать для прогноза обращаемости за СМП по поводу БОД в зависимости от погодных условий и уровней недельной обращаемости:

$$BOД_t = 0,5 (\exp X_t - 50);$$

$$X_t = 4,181 - t \times 0,005 + W \times 0,014 + H \times 0,001 + e_t,$$

$$\text{где } e_t = \sum_{i=1}^7 r_i \times e_{t-i} + \sum_{i=1}^2 s_i \times \epsilon_{t-i},$$

где BOД_t – ожидаемое число вызовов за СМП по поводу БОД; X_t – преобразованный ряд числа вызовов за СМП по поводу БОД; t – температура воздуха; W – скорость ветра; H – относительная

влажность; e_t — остатки от преобразованного ряда $БОД_t$ после учета погодных условий; γ_i — коэффициенты авторегрессии с лагом от 1 до 7 дней; e_{t-i} — остатки от преобразованного ряда $БОД_t$ i дней назад после учета погодных условий, где $i = 1, 2, \dots, 7$; s_i — коэффициенты скользящих средних с лагом от 1 до 2 дней; ϵ_{t-1} — остатки от преобразованного ряда $БОД_t$ после учета погодных условий усредненные на i , где $i = 1, 2$.

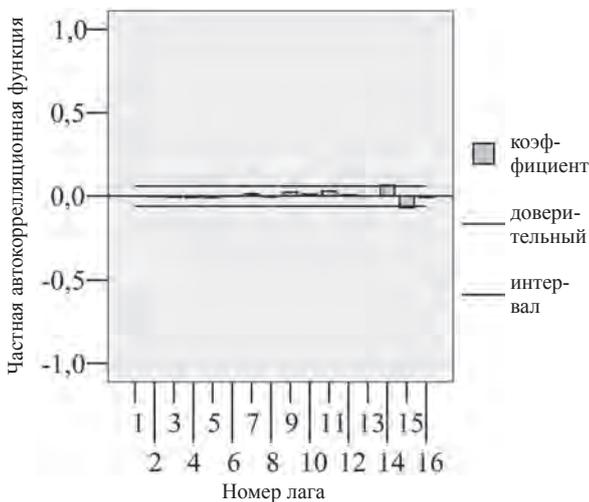


Рис. 3. Коэффициенты частной корреляции остатков преобразованного ряда обращаемости за скорой медицинской помощью населения г. Новодвинска по поводу болезней органов дыхания

Обсуждение результатов

На основании проведенного анализа временного ряда обращаемости населения Новодвинска за СМП в связи с БОД установлено, что для данного временного ряда характерны систематическое изменение обращаемости (тренд), обусловленное снижением обращаемости с течением времени, и периодические компоненты, связанные с сезонными изменениями (погодными условиями) и недельной зависимостью текущего уровня обращаемости от предыдущих уровней. Компонента, обусловленная влиянием изменения концентраций загрязняющих веществ, существенно не влияет на временной ряд. Для создания модели, пригодной для прогнозирования обращаемости за СМП, были извлечены все вышеперечисленные компоненты для приведения временного ряда обращаемости к стационарному.

В ходе проведенного исследования выявлено, что возникновение неотложных состояний в связи с БОД обусловлено в большей степени погодными условиями. При длительном пребывании на открытых территориях Севера у человека развивается комплекс характерных морфологических и функциональных изменений, заключающийся, в частности, в повышении объемов легочной вентиляции, увеличении площади альвеолярной поверхности легких на 16 %, что закономерно сопровождается приростом их капиллярной поверхности до 24 % и объема капилляров на 39 %. Этому специфичному для высоких широт комплексу

изменений были даны различные наименования: «синдром полярного напряжения», «магаданская пневмония», «экзогенная гипоксия Севера» [6].

У лиц, родившихся и проживающих на Севере, регистрируется сокращение резервных возможностей стимуляции фагоцитарной защиты [9]. Развитие воспаления в органах дыхания у северян отличается преобладанием деструктивных поражений, генерализацией и очень частым переходом в хронический процесс.

В формировании заболеваемости БОД важным фактором выступает влажность воздуха, особенно наглядно это проявляется у детей и взрослых. Значимыми и весомыми для всех групп населения являются также показатели количества осадков и пасмурных дней, которые находятся в прямой зависимости от заболеваемости (чем больше осадков, тем выше заболеваемость). Также установлена достоверно значимая связь между увеличением заболеваемости БОД и скоростью ветра. Сильный ветер, оказывая давление на поверхностные ткани организма, вызывает утомление, он препятствует правильному дыханию, вызывает одышку. По данным литературы [3], именно повышенная влажность и усиленный ветровой режим усиливают охлаждающую способность воздуха, являясь наиболее неблагоприятными факторами в развитии БОД.

Наиболее значимым для патологии здоровья северян природным критерием выступает среднемесячная температура атмосферного воздуха. Низкие температуры воздуха, тепловой дискомфорт приводят к значительному снижению уровня производительности труда, повышают первичную заболеваемость населения болезнями верхних дыхательных путей [8]. В исследовании T. Abe et. al. [12], проведенном в Токио, выявлена связь увеличения числа вызовов по поводу бронхиальной астмы с понижением температуры. При изучении обращаемости за СМП по поводу обострений бронхиальной астмы N. Mireku et. al. [11] установлено, что увеличение числа вызовов связано с метеорологическими факторами — колебаниями влажности и температуры.

Представленный материал позволяет утверждать, что в периоды учащения неотложных состояний у больных в связи с БОД складываются свои особые, специфические клинико-экологические отношения, во многом отличные от таковых на других территориях. Так, если сравнить представленные выше данные анализа неблагоприятного воздействия различных сочетаний экстремальных метеотехногенных факторов при развитии неотложных состояний, то станет понятно, что неблагоприятная динамика обращений за скорой помощью в Новодвинске больше связана с экстремальностью погодных-климатических условий северных широт. Полученные факты необходимо учитывать при разработке системы прогнозирования развития неотложных состояний и их профилактики в конкретных условиях сезонной экологической ситуации на северной урбанизированной территории.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера : экологофизиологические механизмы / Н. А. Агаджанян, Н. Ф. Жвавый, В. Н. Ананьев. — М. : КРУК, 1998. — С. 77–124.
2. Банникова Р. В. Здоровье отдельных контингентов в условиях климатоэкологической напряженности Севера / Р. В. Банникова, Г. Н. Дёгтева, А. Л. Санников. — Архангельск : Изд-во Архангельского медицинского института, 1998. — 163 с.
3. Веремчук Л. В. Гигиеническая оценка влияний климатических факторов на распространение заболеваемости органов дыхания в Приморском крае / Л. В. Веремчук, П.Ф. Кику // Гигиена и санитария. — 2005. — № 5. — С. 23–28.
4. Гудков А. Б. Внешнее дыхание человека на Европейском Севере : монография / А. Б. Гудков, О. Н. Попова. — Архангельск : Изд-во СГМУ, 2009. — 238 с.
5. Денисевич Е. П. Факторы риска и особенности течения пневмоний у детей на Европейском Севере России / Е. П. Денисевич // Экология человека. — 2008. — № 2. — С. 22–25.
6. Марачев А. Г. Морфофункциональные основы адаптации и патологии легких, сердца и красной крови человека в условиях Крайнего Севера : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Марачев А. Г. — М., 1980. — 60 с.
7. Региональный доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке и защите прав потребителей в Архангельской области в 2008 г. — Архангельск, 2009. — 222 с.
8. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области в 2008 году : сборник. — Архангельск : Комитет по экологии Архангельской области, 2009. — 302 с.
9. Щеголева Л. С. Резервные возможности иммунного гомеостаза у человека на Севере : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Щеголева Л. С. ; [ИФПА УрО РАН]. — Архангельск, 2005. — 37 с.
10. Щепин О. П. Современное состояние и тенденции заболеваемости населения Российской Федерации /

О. П. Щепин, Е. А. Тишук // Здоровоохранение Российской Федерации. — 2001. — № 6. — С. 3–7.

11. *Changes in weather and the effects on pediatric asthma exacerbations* / N. Mireku [et. al.] // *Ann Allergy Asthma Immunol.* — 2009. — Vol. 103(3). — P. 220–224.

12. *The relationship of short-term air pollution and weather to ED visits for asthma in Japan* / T. Abe [et. al.] // *The American journal of emergency medicine.* — 2009. — Vol. 27(2). — P. 153–159.

HYGIENIC ASPECTS OF EMERGENCY CONDITIONS DUE TO RESPIRATORY TRACT DISEASES

A. V. Mironovskaya, T. N. Unguryanu, *A. B. Gudkov

*Administration of Federal Service on Inspectorate in the Field of Rights Consumer Protection and Human Well-being in the Arkhangelsk region,
Northern State Medical University, Arkhangelsk

Hygienic aspects of emergency conditions due to respiratory tract diseases in Novodvinsk were studied by time series analysis. Autoregression and integrated moving average ARIMA (7,0,2; 0,0,0) were used. As a result of time series studying a model was worked out that makes it possible to predict the emergency conditions due to respiratory tract diseases under the influence of combined impact of weather factors (air temperature, wind speed, relative humidity) with due account taken of previous levels of appealability.

Key words: meteorological factors, air pollution, respiratory tract diseases, emergency appealability.

Контактная информация:

Мироновская Анастасия Владимировна — ведущий специалист-эксперт отдела санитарного надзора Управления Роспотребнадзора по Архангельской области
Адрес: 163000, г. Архангельск, ул. Гайдара, д. 24
Тел. (8182) 65-27-93
E-mail: miro_av@mail.ru