

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ СЕВЕРНЫХ РЕГИОНОВ

Ефимова Н.В.¹, Горнов А.Ю.^{1,2}, Тихонова И.В.¹, Зароднюк Т.С.^{1,2}

¹ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», Ангарск;

²ФГБУН Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск, e-mail: medecolab@inbox.ru

В статье представлены результаты изучения заболеваемости органов дыхания у населения Севера. Заболеваемость и пораженности органов дыхания у жителей северных регионов имеет ряд особенностей: высокую заболеваемость по классу болезней органов дыхания у населения автономных округов и республик арктической зоны; большую пораженность хронической патологией верхних дыхательных путей у детей школьного возраста, особенно в группе лиц, проживающих в тундре; увеличение количества случаев хронических заболеваний к старшим возрастам. С помощью математической модели установлено, что для общей заболеваемости населения наиболее значимы параметры среды, входящие в блоки «обеспеченность и доступность ресурсов здравоохранения», «техногенная нагрузка», «климатические факторы» в соотношении 50:20:10. Формирование хронической патологии, требующей диспансерного учета, определяется указанными блоками в соотношении 32,7:39,3:9,4.

Ключевые слова: север, заболеваемость органов дыхания, население, факторы среды обитания, математическая модель.

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE RESPIRATORY MORBIDITY POPULATION OF NORTHERN REGIONS

Efimova N.V.¹, Gornov A.Yu.^{1,2}, Tikhonova I.V.¹, Zarodnyuk T.S.^{1,2}

¹East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk;

²Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS, Irkutsk, e-mail: medecolab@inbox.ru

The article presents the results of a study of respiratory diseases among the population of the North. The incidence and prevalence of respiratory organs among residents of northern regions has features. The high incidence of the class of respiratory diseases in the population of autonomous regions and republics of the Arctic zone, a large prevalence of chronic disorders of the upper respiratory tract of schoolchildren especially in a group of children living in the tundra, an increased incidence of chronic diseases in the senior classes have been identified. With the help of a mathematical model found that for the general population the incidence of the most significant parameters of the medium, the blocks included in the "security and availability of health care resources," "anthropogenic impact", "climatic factors" in the ratio of 50:20:10. Formation of a chronic disease requiring dispensary is determined by the said units in a ratio of 32.7: 39.3: 9.4.

Keywords: north, the incidence of respiratory diseases, population, environmental factors, mathematical model.

Исследования, проведенные в северных регионах, свидетельствуют о том, что наряду с природными и климатическими условиями на состояние здоровья населения большое влияние может оказывать антропогенное загрязнение окружающей среды [6,8]. Модифицирующее действие химических факторов даже при малой интенсивности способствует формированию неспецифических биологических эффектов, основой которых выступает нарушение гомеостаза организма. Острые респираторные инфекции обуславливают разнонаправленные расстройства иммунной реактивности и факторов неспецифической антиинфекционной резистентности [4].

Для оптимизации работы органов здравоохранения необходимо не только оценивать уровень заболеваемости той или иной нозологией, но и прогнозировать частоту заболевания

среди конкретной субпопуляции, что невозможно без применения математических моделей. В настоящее время широко используются методы моделирования временных рядов общей заболеваемости и по отдельным классам и нозологическим формам заболеваний с помощью динамических байесовских сетей, используемые для прогнозирования показателя в форме скрытых марковских моделей [9,10]. Известны способы моделирования заболеваемости с помощью искусственных нейронных сетей, метода аналогий (case-based reasoning) многофакторного корреляционно-регрессионного анализа [1,2]. Уровень развития техники позволил совершенствовать прогнозирование уровня заболеваемости с помощью методов эволюционного моделирования [9]. Главным достоинством применения эволюционных моделей для прогнозирования уровня заболеваемости является возможность прогнозирования накопления риска негативных эффектов в виде нарушений функций органов и систем организма, связанных с экспозицией факторов среды обитания.

Цель исследования – дать оценку заболеваемости органов дыхания детского населения и выявить роль факторов среды обитания в формировании хронической патологии в условиях севера.

Объем и методы исследования

Изучение впервые выявленной заболеваемости в различных возрастных группах населения проведено по данным статистических форм № 012 у за 2003–2014 год. Рассмотрены показатели впервые выявленной заболеваемости по классу болезней органов дыхания, а также по отдельным нозологическим формам (острые заболевания верхних дыхательных путей (ВДП), грипп). Проведен анализ данных медицинского осмотра с участием ЛОР-врача детей 7–17 лет (142 человека, 95 из них проживали в школе-интернате в течение учебного года и 47 с родителями в домашних условиях одной из территорий Арктической зоны (Ямальского района Ямало-ненецкого автономного округа). Для математической модели изучены характеристики факторов среды обитания. В связи с отсутствием постов наблюдения центров гидрометслужбы оценку загрязнения атмосферного воздуха проводили по расчетным данным валовых выбросов в воздушный бассейн. Для выявления наиболее значимых факторов, влияющих на заболеваемость, использован метод Шепарда [7].

Нами предложена интегро-дифференциальная модель, описывающая возрастную динамику заболеваемости по классу болезней органов дыхания. Формализация зависимости от наиболее значимых факторов формирования заболеваний органов дыхания в процессе роста и развития ребенка (с шагом в 1 год) выглядит следующим образом:

$$\dot{z}_L = a_1 \frac{1}{t} \int_0^T \Phi_\Sigma(\tau) d\tau + a_2 \frac{1}{t} \int_0^T V_{AVTO}(\tau) d\tau + a_3 t + a_4 \frac{1}{t} \int_0^T V_{STAC}(\tau) d\tau + a_5 Z_1 \cdot H$$

здесь z_L – частота хронических заболеваний ЛОР-органов (на 100 детей соответствующего возраста); Φ_Σ – суммарное воздействие формальдегида; V_{AVTO} – количество химических примесей, поступающих в атмосферный воздух с выхлопными газами автомобилей; V_{STAC} – валовые выбросы стационарных источников; t – время; Z_1 – первичная заболеваемость, H – коэффициент, характеризующий состояние иммунной системы в зависимости от естественного числа заболеваний, соответствующего возрасту [4]. Параметры $a_i \in A$, $i = \overline{1,5}$ отражают вклад выбранных факторов в формирование исследуемого показателя заболеваемости. Поиск значений весовых коэффициентов a_i из допустимого множества A осуществляется в результате минимизации целевого функционала вида

$$J_0 = \min_{a_i \in A} \int_0^T (z_L(t) - z_L^\exists(t))^2 dt$$

Здесь $z_L(t)$ – расчетные, $z_L^\exists(t)$ – фактические данные по заболеваемости.

Для характеристики точности математической модели используем суммарное отклонение (невязку) расчетных и экспертных вкладов и среднее отклонение по функционалу исходных и расчетных показателей заболеваемости:

$$D_{SR}^* = \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^T (z_L^*[j] - z_L^\exists[j])^2 - p_1 \sum_{k=1}^5 (c_k^0 - c_k^*)^2}{T}}$$

Динамику заболеваемости исследовали с помощью критерия Чеддока, регрессионно-корреляционные зависимости – коэффициента корреляции Спирмена. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Впервые выявленная заболеваемость населения по классу болезней органов дыхания на северных территориях практически во всех субъектах РФ в 1,5–2 раза выше, чем в среднем по стране (табл.1).

Таблица 1

Впервые выявленная заболеваемость населения северных территорий РФ за 2014 год

территории	Заболеваемость по классу в на 1000 населения			Все население на 100 тыс	
	все население	дети (БОД)	подростки	ОРЗ, ВДП	Грипп
Российская Федерация	333,4	1170,5	674,7	19474,7	9
Республика Карелия	481,5	1757,6	1099,5	36195,2	28,1
Республика Коми	484,6	1809,3	882,3	36777,3	10,1
Архангельская область	440,8	1679,7	991,3	33113,8	38,1
в том числе:					
Ненецкий автономный округ	665,4	2058,4	1148,1	38639,8	27,8
Архангельская область (без Ненецкого автономного округа)	432,3	1660,6	983,4	32905,2	38,5
Тюменская область	362,2	1181,9	690,8	30712	12,1
в том числе:					
Ханты-Мансийский автономный округ-Югра	385,3	1253,2	649,9	28052,9	9,5
Ямало-Ненецкий автономный округ	497,5	1570,1	855,9	36772,5	26,5
Тюменская область без автономных округов	284,8	923,3	659,8	31413,2	9,6
Республика Саха (Якутия)	493,9	1532,1	718	22604,2	18,4
Магаданская область	319,6	1285,5	516,1	20812,8	84,5
Чукотский автономный округ	504,8	1527,4	944,8	15357,7	4

Наибольшие показатели в 2014 году зарегистрированы в Ненецком и Чукотском автономных округах (АО) (665,4 и 504,8 случая на 1000 населения, соответственно). Минимальный уровень первичной заболеваемости отмечен в Тюменской области без учета округов: 284,8 ‰, что на 15 % меньше российского уровня. Частота острых инфекций ВДП среди всего населения в северных регионах также выше, чем в РФ, за исключением Чукотского АО, где показатель составил 15357,7 случаев на 100 тысяч населения, что ниже

чем по стране на 22 %, аналогичная ситуация сложилась в этом субъекте и с распространенностью гриппа, частота которого в 2,1 раза ниже, чем в РФ. Заболеваемость гриппом в 2014 году в Магаданской, Архангельской областях и Республике Карелия зарегистрирована в 8,4, 4,3, 2,1 раза чаще, чем в среднем по РФ. Значительный диапазон заболеваемости ОРВИ в изучаемых регионах связан, вероятно, не только с особенностями эпидемического процесса, как такового, но и доступностью медицинской помощи, проблемами диагностики отдельных нозологических форм [3,6].

Анализ заболеваемости детского и подросткового населения северных территорий свидетельствует, что в зону риска попадают Ненецкий, Ямало-ненецкий (ЯНАО), Чукотский АО, Республики Карелия и Коми, где показатели первичной заболеваемости по классу болезней органов дыхания в 1,3–1,7 раз выше, чем в РФ. Интересно сравнить частоту заболеваний в АО с показателями областей, включающих округа. В Архангельской области показатели ниже, чем в Ненецком АО, за исключением гриппа. В Тюменской области и Ханты-Мансийском автономном округе заболеваемость по изучаемым нозологиям не имеет статистически значимых различий, но достоверно ниже, чем в Ямало-ненецком АО, который расположен значительно севернее и входит в Арктическую зону РФ. Более углубленную характеристику заболеваемости с учетом хронической патологии и факторов среды обитания дадим на примере Ямальского района ЯНАО. Выявлено, что наиболее высокий уровень первичной заболеваемости болезнью органов дыхания имеет место в детской популяции (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика динамики первичной заболеваемости населения Ямальского района ЯНАО (2003–2014 гг.)

Показатель	Абсолютный прирост	Темп роста (убыли), %	Показатель наглядности, %
Первичная заболеваемость детей 0–14 лет	1106,5	67,1	167,1
Первичная заболеваемость подростков 15–17 лет	250,2	19,0	119,0
Первичная заболеваемость взрослого населения	131,4	13,9	113,9

Установлено, что в период исследования показатель первичной заболеваемости детей 0–14 лет увеличился с 1648,7 до 2755,2 %. Уровень первичной заболеваемости подростков был ниже, чем в детской популяции, но он также в период исследования увеличился с 1314,6

до 1564,8 %. Качественная оценка динамики показателей по величине коэффициента детерминации аппроксимации (R^2) свидетельствует о том, что изменения уровня первичной заболеваемости среди взрослых по шкале Чеддока относятся к заметным ($R^2=0,6$), у подростков – к высоким ($R^2=0,78$), у детского населения – к весьма высоким $R^2=0,91$.

Заболеваемость населения Ямальского района увеличилась в 1,4–1,5 раза по различным возрастным группам. Среди причин постановки на диспансерный учет детского и подросткового населения лидируют инфекционные и паразитарные заболевания (19,5 % от общего числа), болезни глаза и его придатков (15,2 %) и болезни органов дыхания (11,3 %). Отметим, что заболеваемость органов дыхания ассоциирована с уровнем химического загрязнения: $r = 0,68-0,71$, температурой $r = (-0,62)-(-0,75)$.

По результатам собственного клинического осмотра у детей и подростков, не имеющих на момент обследования острых заболеваний, выявлены местные клинические признаки патологических изменений слизистой носоглотки и диагностированы нозологические формы ЛОР-патологии. Выявлено $92,3 \pm 2,2$ случаев на 100 обследованных хронической патологии верхних дыхательных путей, из них у воспитанников интерната случаев в 3,7 раза больше, чем у школьников, проживающих в домашних условиях. Наиболее часто у обследованных школьников встречался передний сухой ринит – $21,1 \pm 3,4$ на 100 обследованных, вероятно, возникающий в результате длительного контакта с холодным сухим воздухом. Кроме того, часто выявлялись хронический тонзиллит ($11,9 \pm 2,7$ %) и хронический гранулезный фарингит ($11,3 \pm 2,7$ %). Необходимо отметить, что у $16,2 \pm 3,1$ % школьников зарегистрировано увеличение лимфоидной ткани, что, возможно, является местной защитной реакцией на частый контакт с инфекционным агентом. Наши данные свидетельствовали, что у школьников Ямальского района пораженность ВДП достоверно увеличивается к старшим классам, что определяет число лиц, находящихся на диспансерном учете. Анализ литературы свидетельствует, что в условиях умеренных широт рост частоты патологии ВДП в популяции отличается от северных регионов [3].

Показатели заболеваемости населения Ямальского района свидетельствуют, что проживание в условиях Арктики предъявляет к организму человека повышенные требования, что проявляется на популяционном уровне повышенной заболеваемостью, особенно хронической. В связи с этим к числу неотложных мер следует отнести выявление ключевых управляемых факторов, определяющих уровень заболеваемости и усиление лечебно-профилактической работы, учитывающей особенности региона.

Для решения указанной задачи разработана специализированная методика анализа данных, основанная на предложенных модификациях оператора Шепарда. Проведены факторный анализ показателей популяционного здоровья населения Ямальского района,

ранжирование факторов и выявлены компоненты, оказывающие наиболее мощное влияние на основные показатели. Так для общей заболеваемости населения наиболее значимы параметры среды, входящие в блоки «обеспеченность и доступность ресурсов здравоохранения», «техногенная нагрузка», «климатические факторы» в соотношении 50:20:10. Формирование хронической патологии, требующей диспансерного учета, определяется указанными блоками в соотношении 32,7:39,3:9,4. Результаты расчетов позволили скорректировать обучающие выборки, оценить точность измерения и провести верификацию качества базовых показателей, наметить пути увеличения точности реализуемых математических моделей

Таким образом, анализ заболеваемости и пораженности органов дыхания у жителей северных регионов позволяет выявить ряд особенностей: высокую заболеваемость по классу болезней органов дыхания у населения автономных округов и республик арктической зоны; большую пораженность хронической патологией ВДП детей школьного возраста, особенно в группе детей-тундровиков; увеличение количества случаев хронических заболеваний к старшим возрастам. В соответствии с полученными данными, опираясь на результаты численных экспериментов по математическим моделям, считаем, что необходима реорганизация амбулаторной ЛОР-помощи детям и подросткам путем оптимизации периодичности профилактических медицинских осмотров с участием оториноларинголога и иммунолога для постановки нуждающихся на диспансерное наблюдение и своевременной санации.

Исследования выполнены в рамках Программы Фундаментальных исследований РАН «Поисковые научные исследования в интересах развития арктической зоны Российской Федерации» АЗ РФ-44П.

Список литературы

1. Батурин В.А., Маторова Н.И., Ефимова Н.В., Урбанович Д.Е. Применение метода математического моделирования при оценке влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье детского населения // Медицина труда и промышленная экология. – 2003. – № 3. – С. 42-45.
2. Ефимова Н.В., Горнов А.Ю., Зароднюк Т.С. Опыт использования искусственных нейронных сетей при прогнозировании заболеваемости на селения (на примере г. Братска) // Экология человека. – 2010. – № 3. – С. 3-7.
3. Зарубин С.С., Дегтева Г.Н., Калинин М.А. Распространенность хронической лор-патологии у детей, посещающих дошкольные учреждения г. Архангельска // Российская

оториноларингология. – 2006. – № 5(24). – С.76-80.

4. Клиническая иммунология / под ред. А.В. Караулова. – М.: МИА., 1999. – С.318-321.
5. Степанова Н.В., Зиятдинова А.И., Валеева Э.Р., Семанов Д.А. Современные подходы к оценке состояния здоровья и риска развития заболеваний детского населения на основе эволюционной модели // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т.17, № 24.- С. 278-281.
6. Чашин В.П., Гудков А.Б., Попова О.Н., Одланд Ю.О., Ковшов А.А. Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. – 2014. – № 1. – С. 3-12.
7. Caira R., Dell'Accio F. Shepard-Bernoulli operators // Mathematics of computation. – 2007. – № 76 (257). – P. 299-321.
8. Gilman A., Ayotte P., Berner J., Dewailly E., Dudarev A.A., Bonefeld-Jorgensen E.C. et al. Public health and the effects of contaminants. In: Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)// Human health in the Arctic. Oslo, Norway; 2009: P. 143–89.
9. Sebastiani P., Mandl K.D., Szolovits P., Kohane I.S., Ramoni M.F. A Bayesian dynamic model for influenza surveillance // Statistics in Medicine. – 2006. – Vol. 25, № 11. – P. 1803-1816.
10. Siettos C.I., Russo L. Mathematical modeling of infectious disease dynamics // Virulence. – 2013. – Vol. 4, № 4. – P. 1-12.