

УДК 574.2.24:612:616.2(571.63)

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ БОЛЕЗНЕЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

П.Ф.Кикю, Л.В.Веремчук, Н.Д.Татаркина

Владивостокский филиал ФГБУ Дальневосточного научного центра физиологии и патологии дыхания Сибирского отделения РАМН – НИИ медицинской климатологии и восстановительного лечения, 690105, г. Владивосток, ул. Русская, 73г

РЕЗЮМЕ

Проведена эколого-гигиеническая оценка распространения болезней органов дыхания в Приморском крае. Создана модель «Влияние факторов среды обитания на распространение болезней органов дыхания» с использованием методологии системного анализа и статистических многомерных методов (канонический и информационно-энтропийный анализ, математические плеяды Терентьева). Установлено, что в Приморском крае на распространение болезней органов дыхания сильное негативное влияние оказывают климатические условия в совокупности с загрязнением воздуха, которое еще более усугубляет неблагоприятное воздействие окружающей среды. Заболевания органов дыхания у детей развиваются под влиянием синергизма взаимоотношений климатических и техногенных факторов. Уровень заболеваемости болезнями органов дыхания зависит от непосредственного воздействия разовых выбросов в атмосферу SO_2 , NO_x .

Ключевые слова: болезни органов дыхания, моделирование, многомерный анализ.

SUMMARY

STRUCTURAL MODEL OF HABITAT FACTORS INFLUENCE ON THE PREVALENCE OF RESPIRATORY DISEASES IN PRIMORSKY KRAI

P.F.Kiku, L.V.Veremchuk, N.D.Tatarkina

Vladivostok Branch of Far Eastern Scientific Center of Physiology and Pathology of Respiration of Siberian Branch RAMS – Research Institute of Medical Climatology and Regenerative Treatment, 73g Russkaya Str., Vladivostok, 690105, Russian Federation

The ecologic and hygienic estimation of respiratory diseases prevalence in Primorsky Krai was done. The model «Habitat factors influence on the spread of respiratory diseases» was created with application of the system analysis and statistical multivariate methods (canonical and information-entropy analyses, Terent'ev's mathematical pleiads). It is established that in Primorsky Krai climatic conditions alongside with air pollution which only worsens the situation have a negative influence on the prevalence of respiratory diseases. Respiratory diseases in children develop under the influence of climate and technology factors relations. The level of respiratory diseases depends on the direct influence of single emissions of SO_2 , NO_x into the atmosphere.

Key words: respiratory diseases, modelling, multivariate analysis.

При всей изученности воздействия среды обитания на развитие болезней органов дыхания (БОД) структурный механизм данного воздействия является наиболее сложной задачей медико-экологических исследований. Главной трудностью можно назвать необходимость учета всей совокупности воздействующих факторов окружающей среды, имеющих разную силу, интенсивность и природу. Применение многоуровневой структуры воздействия позволяет выявить тонкий механизм причинно-следственных взаимоотношений человека и среды обитания [3, 4, 5, 7].

Методы многомерного анализа (множественной корреляции, факторный, компонентный и другие) позволяют выявить зависимость между изучаемыми признаками. Созданы также различные программные пакеты (STATISTICA-6) для структурирования изучаемых связей в стохастических процессах (кластерный анализ, деревья классификации, структурные уравнения, нейронные сети) [1, 2, 6]. При всей технологичности данных программ в многопрофильных межсистемных исследованиях, как правило, отбрасываются слабые зависимости. В наших исследованиях был использован широко применяемый в популяционной биологии метод корреляционных плеяд П.В.Терентьева, который позволяет полноценно работать с различными связями (сильные и слабые) [8].

Материалы и методы исследования

Для структуризации воздействия факторов среды на экологозависимую заболеваемость бронхолегочной патологией в качестве базы данных были использованы статистические показатели по заболеваемости БОД (форма №12) за 2000-2010 годы и информация по рельефу, растительности, гидросфере, климату, общему экологическому состоянию окружающей среды, загрязнению воздушного бассейна, социально-экономическим факторам (82 показателя) по 32 административным территориям. Процедура исследования состояла из нескольких этапов. Так как начальная база имела вид некорректной матрицы, сложной и малоэффективной для многомерного анализа (82×498), была проведена группировка факторов по общности воздействия (общая среда – 49 показателей, климатические показатели – 18, загрязнение воздуха – 15). Группировка показала количественное различие числа факторов в каждом блоке (от 15 до 49 показателей), что является нежелательным, так как такой разброс затрудняет сопоставление результатов. Поэтому была проведена редукция (сокращение) количества входящих

переменных с одновременным уравниванием их количества в блоках. Редукция проводилась в такой последовательности: выделение переменных, прошедших тест на распределение Гаусса; выделение парных коэффициентов корреляции Пирсона, имеющих уровень значимости $p < 0,05$; выделение наиболее сильных блочных связей путем расчета канонической зависимости между блоками факторов; сортировка факторов (внутри сильных блоков) с наибольшими каноническими весами. Проведение первых двух этапов сократило число переменных до 91, которые в свою очередь были разбиты на 6 относительно равных по количеству показателей блоков: естественная природная среда – 15 переменных, загрязнение воздуха – 15, климат – 18 переменных.

Третьим этапом явилось выделение наиболее сильных блоков факторов среды воздействующих на заболеваемость (табл. 1). Для этого в программе STATISTICA-6.1 был проведен канонический анализ зависимостей между переменными (блоки факторов).

Таблица 1

Каноническая зависимость заболеваемости БОД от факторов окружающей среды в Приморском крае

Заболеваемость БОД (все группы населения)				
Блоки факторов	Ранг воздействия	R	χ_2	p
Климатические показатели	1	0,63	237,4	<0,01
Загрязнение воздуха	2	0,36	87,1	<0,05

Выявлена слабая зависимость с естественной природной средой (общей), поэтому она была исключена из исследования. Однако делать вывод о том, что совокупная естественная среда (природная) не влияет на формирование БОД, неправомерно, потому что связь все-таки существует, только в данном подборе большого количества переменных (82) влияние естественной среды слабее в сравнении с другими блоками (климат и загрязнение воздуха). В результате в Приморском крае заболеваемость БОД в большей степени (ранг 1) зависит от климата ($R=0,63$; $\chi_2=237,4$ и $p < 0,01$), затем от загрязнения воздуха ($R=0,36$; $\chi_2=87,1$ и $p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения зависимости БОД были проанализированы климатические показатели, формирующие погодную ситуацию, колебания которых вызывают негативную реакцию у метеотропных больных (температура воздуха, влажность, скорость ветра, осадки, количество дней с туманами, ясной и пасмурной погодами). В качестве показателей загрязнения воздуха были взяты мониторинговые данные (общий выброс в

воздух, пылевые выбросы, SO_2 , NO_x , CO).

Поскольку *межсистемные* связи (человек – среда) слабо коррелированы, пороговым значением по методу П.В.Терентьева для «головных» зависимостей был принят коэффициент $r_0 > 0,2$, который сформировал последовательность подграфов, принимаемых в качестве плеяд. Для *межфакторных* зависимостей внутри каждой системы (зависимости между признаками среды) принимался высокий порог $r_0 > 0,5$, так как внутри системы признаки достаточно детерминированы между собой.

Для определения силы и степени взаимодействия плеяд были использованы основные характеристики плеяд: G – мощность плеяды (число признаков, членов плеяды); G/k – относительная мощность плеяды (k – общее число признаков); D – крепость плеяды (средняя арифметическая абсолютных величин внутриплеядных коэффициентов корреляции). Кроме перечисленных характеристик плеяды мы использовали, на наш взгляд, необходимый показатель полноты взаимосвязей P . Эта характеристика указывает, насколько факторы взаимосвязаны друг с другом. Чем выше (в %) показатель P , тем более мощно связаны между собой факторы в плеяде:

$$P = \frac{S}{\sum(G-G!)} \times 100,$$

где S – число фактических взаимосвязей, вошедших в плеяду; в знаменателе – максимальное число взаимосвязей при определенном количестве признаков (G), вошедших в плеяду; $!$ – факториал; \sum – знак суммы.

При графическом отображении полученных результатов с заболеваемостью БОД четко выделились две плеяды – климатическая и загрязнение воздуха (рис.).

Первая плеяда имела мощность $G=7$; относительную мощность $G/k=0,58$ (k – общее число 12 исследуемых признаков); крепость $D=0,37$; полноту взаимосвязей $P=33,3\%$; уровень значимости $P < 0,05$. Вторая плеяда: $G=5$; $G/k=0,42$; $D=0,7$; $P=50\%$; $P < 0,05$. Таким образом, первая плеяда, в которую вошли климатические показатели, имеет большую мощность ($G=7$ и $G/k=0,58$). То есть климатические условия по воздействию на БОД как бы преобладают относительно загрязнения воздуха. Однако крепость второй плеяды $D=0,7$ (загрязнение воздуха) и детерминированность в плеяде $P=50\%$ гораздо выше, чем в первой. Данная зависимость говорит о более агрессивном действии загрязнения воздуха на человека. Поэтому вторая плеяда имеет сильное ($r=0,67$) (через SO_2 и NO_x) воздействие на климатические условия и совместно с прессорным действием климатических показателей усугубляет негативное влияние на все группы населения. Напрямую, непосредственно («головные связи») загрязнение действует только на детское население края. Полученные результаты позволяют сделать выводы, что непосредственное негативное воздействие на БОД оказывают климатические показатели при мощном влиянии загрязнения воздуха (мощная плеяда загрязнения воздуха), которое

по силе воздействия превышает климатическую плеяду. Дети более чувствительны к загрязнению, поэтому у них может развиваться бронхолегочная патология под влиянием выбросов в атмосферу SO₂, NO_x.

При детализация зависимостей (рис.) установлено, что состояние бронхолегочной системы у всех групп населения в первую очередь обусловлено негативным

влиянием температуры воздуха (K1). У подростков и взрослых, помимо температуры воздуха, подключается патогенное воздействие осадков (K4). Подростки отрицательно реагируют на увеличение количества пасмурных дней (K3), а дети – на повышенную скорость ветра (K2). Более подробно результаты представлены в таблице 2.

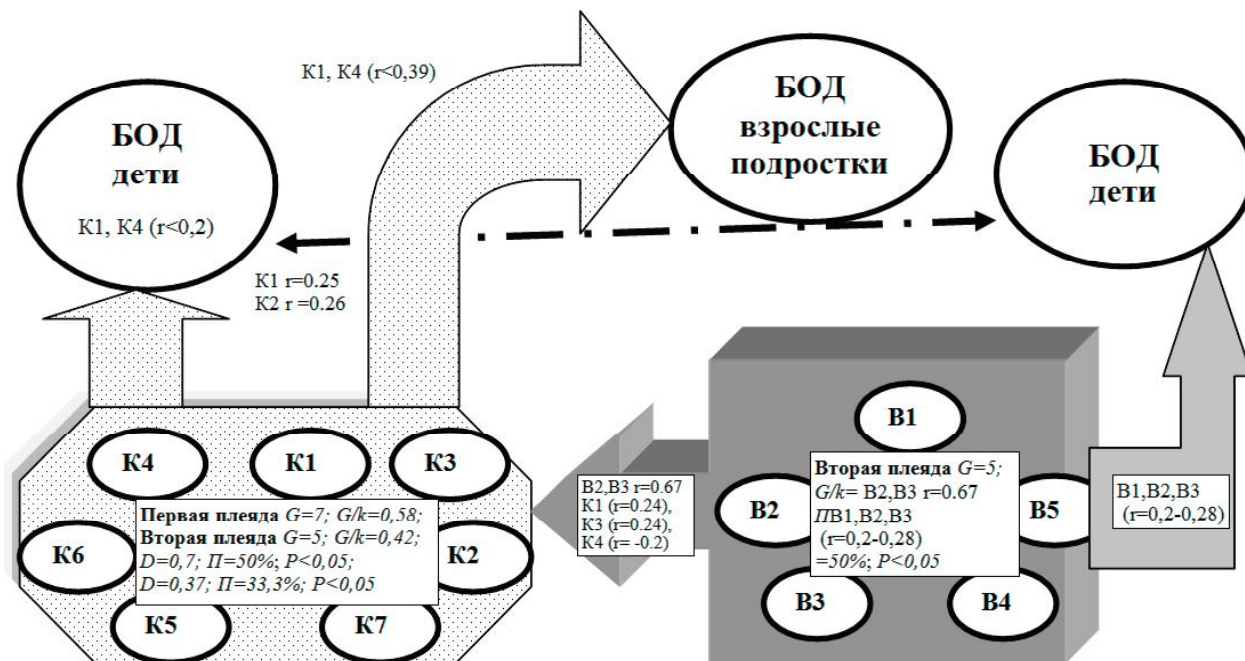


Рис. Структура воздействия климатических факторов и загрязнения воздуха на заболеваемость БОД в Приморском крае.

Примечание: БОД – болезни органов дыхания; климатические показатели (K1 – температура воздуха; K2 – скорость ветра; K3 – количество пасмурных дней; K4 – количество дней с осадками ≥ 1 ; K5 – влажность; K6 – количество дней с туманами; K7 – количество ясных дней); загрязнение воздуха (B1 – общий техногенный выброс в воздух; B2 – SO₂; B3 – NO_x; B4 – CO; B5 – пыль).

Для уточнения территориальной (локальной) направленности и силы воздействия в процессе исследования было использовано второе начало термодинамики (закон энтропии). Были проведены дополнительные расчеты методом информационно-энтропийного анализа состояния взаимоотношений в системе «здоровье – среда» для каждого населенного пункта в отдельности (32 модельные точки). В качестве базы данных использовались климатические, техногенные показатели и заболеваемость БОД населения Приморского края. В качестве оценивающего показателя был взят R% (коэффициент избыточности). По каждому населенному пункту в распространении БОД степенной тренд установил территориальную тенденцию устойчивого влияния климатических и экологических факторов У детей БОД в целом по краю формируются под мощным влиянием климата. Подростки и взрослые на локальном уровне (населенные пункты) находятся под большим экологическим прессингом.

Таким образом, проведенное исследование распространения экологозависимых заболеваний на популяционном уровне показало четкую структурную иерархию. На верхнем уровне находятся устойчивые процессы воздействия (для БОД – климатические), которые непосредственно, регулярно действуют на орга-

низм человека с негативным эффектом. На следующем уровне – факторы загрязнения, неустойчивые по времени и интенсивности воздействия, но мощные по степени патогенного влияния на человека. На локальном уровне преобладание техногенного загрязнения указывает на значимость в развитии БОД разовых выбросов. В сочетании обоих уровней и степени патогенности воздействующих факторов формируется уровень распространения популяционной заболеваемости.

Выводы

В результате структурно-системного моделирования медико-экологических процессов распространения БОД было установлено следующее.

1. В Приморском крае на распространение БОД сильное негативное влияние оказывают климатические условия в совокупности с загрязнением воздуха, которое еще более усугубляет неблагоприятное воздействие окружающей среды.
2. БОД у детей развиваются под влиянием синергизма взаимоотношений климатических и техногенных факторов.
3. Уровень БОД зависит от непосредственного воздействия разовых выбросов в атмосферу SO₂, NO_x.

Таблица 2

Корреляционные сочетания (плеяды Терентьева) в структуре воздействия климата и загрязнения воздуха на заболеваемость БОД в Приморском крае

Корреляционные сочетания		Коэффициент корреляции (R)
БОД дети	БОД подростки	0,39
БОД дети	Температура воздуха	0,26
БОД дети	скорость ветра	0,25
БОД дети	Общий выброс в воздух	0,25
БОД дети	SO ₂	0,28
БОД дети	NO _x	0,20
БОД подростки	Температура воздуха	0,24
БОД подростки	Количество пасмурных дней	0,24
БОД подростки	Oc≥1	-0,20
БОД взрослые	Температура воздуха	0,18
БОД взрослые	Oc≥1	-0,17
Температура	влажность	-0,49
Температура	Количество пасмурных дней	0,40
Температура	Скорость ветра	0,36
Температура	Oc≥1	-0,52
Температура	SO ₂	0,28
Влажность	Количество пасмурных дней	-0,35
Влажность	Скорость ветра	-0,30
Влажность	Oc≥1	0,27
Влажность	Количество дней с туманами	-0,22
Влажность	CO	0,37
Количество ясных дней	Количество пасмурных дней	-0,42
Количество ясных дней	Скорость ветра	-0,54
Количество ясных дней	Количество дней с туманами	-0,28
Количество ясных дней	CO	0,27
Количество ясных дней	NO _x	-0,28
Количество пасмурных дней	Общий выброс в воздух	-0,38
Количество пасмурных дней	Скорость ветра	0,30
Количество пасмурных дней	Пылевые выбросы	-0,35
Количество пасмурных дней	CO	-0,44
Скорость ветра	Oc≥1	-0,26
Скорость ветра	Туман	0,40
Скорость ветра	Общий выброс в воздух	0,49
Скорость ветра	Пылевые выбросы	0,36
Скорость ветра	SO ₂	0,67
Скорость ветра	NO _x	0,66
Количество дней с туманами	SO ₂	0,30
Общий выброс в воздух	Пылевые выбросы	0,93
Общий выброс в воздух	SO ₂	0,91
Общий выброс в воздух	CO	0,60
Общий выброс в воздух	NO _x	0,87
Пылевые выбросы	SO ₂	0,76
Пылевые выбросы	CO	0,50
Пылевые выбросы	NO _x	0,76

ЛИТЕРАТУРА

1. Прикладной статистический анализ / С.В.Алексахин [и др.]. М.: Приор, 2001. 224 с.
 2. Боровиков В.И. Анализ данных для профессионалов в пакете «Statistica». М.: Финансы и статистика, 2000. 254 с.
 3. Веремчук Л.В., Иванов Е.М., Кичу П.Ф. Среда обитания и заболеваемость органов дыхания в При-

морском крае. Владивосток: Дальнаука, 2008. 218 с.
 4. Кичу П.Ф., Ананьев В.Ю., Горбуркова Т.В. Распространение болезней органов дыхания в биоклиматических зонах Приморского края // Экология человека. 2011. №6. С.43-48.
 5. Методологические аспекты интеграционного взаимодействия в оценке природно-обусловленных рисков здоровью / В.А.Конюхов [и др.] // Здоровье на-

селения и среда обитания. 2002. №8. С.29–33.

6. Медик В.А., Токмачев М.С. Математическая статистика в медицине: учебное пособие. М.: Финансы и статистика, 2007. 800 с.

7. Оценка значимости климатогеографических условий как факторов риска для здоровья / Р.С.Рахманов [и др.] // Гиг. и сан. 2010. №2. С.44–46.

8. Терентьев П.В. Дальнейшее развитие метода корреляционных плеяд // Применение математических методов в биологии / под. ред. П.В.Терентьева. Л.: ЛГУ, 1960. С.27–36.

REFERENCES

1. Aleksakhin S.V., Baldin A.V., Nikolaev A.B., Stroganov V.Yu. *Prikladnoy statisticheskiy analiz* [Applied statistical analysis]. Moscow: Prior; 2001.

2. Borovikov V.I. *Analiz dannykh dlya professionalov v pakete «Statistica»* [Data analysis for professionals in the software «Statistica»]. Moscow: Finansy i statistika; 2000.

3. Veremchuk L.V., Ivanov E.M., Kiku P.F. *Sreda obitaniya i zaboлеваemost' organov dykhaniya v Primorskom*

krae [Habitat and respiratory diseases in Primorsky Krai]. Vladivostok: Dal'nauka; 2008.

4. Kiku P.F., Anan'ev V.Yu., Gorborukova T.V. *Ekologiya cheloveka* 2011; 6:43–48.

5. Konyukhov V.A., Vereshchagin N.N., Kuksanov V.F., Makarova T.M., Zebzeev V.V., Vasil'ev A.A., Il'yushenkov A.V. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya* 2002; 8:29–33.

6. Medik V.A., Tokmachev M.S. *Matematicheskaya statistika v meditsine: uchebnoe posobie* [Mathematical statistics in medicine: tutorial]. Moscow: Finansy i statistika; 2007.

7. Rakhmanov R.S., Gadzhiihragimov D.A., Medzhidova M.A., Kudryavtseva O.A. *Gigiena i sanitariya* 2010; 2:44–46.

8. Terent'ev P.V. *Dal'neyshee razvitie metoda korrelyatsionnykh pleyad. V: Terent'ev P.V. (red.) Primenenie matematicheskikh metodov v biologii* [Further development of correlation pleiads method. In: Terent'ev P.V., editor. Application of mathematical methods in biology]. Leningrad: LGU; 1960: pp.27–36.

Поступила 10.02.2012

Контактная информация

Павел Федорович Кикю,

д-р мед. наук, канд. техн. наук, профессор,
зам. директора по научной и лечебной работе,
690105, г. Владивосток, ул. Русская, 73г.

E-mail: lme@list.ru

Correspondence should be addressed to

Pavel F. Kiku,

Deputy Director on Scientific and Medical Work,
Research Institute of Medical Climatology and Regenerative Treatment,
73g Russkaya Str., Vladivostok, 690105.

E-mail: lme@list.ru