

## НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СИТУАЦИЮ

© 2009 И.П. Шиманчик

Самарский государственный архитектурно-строительный университет, г. Самара  
Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

В статье предлагаются некоторые подходы к моделированию медико-экологической ситуации и интерпретируются результаты их использования.

Ключевые слова: *моделирование, медико-экологическая ситуация, анализ*

Под медико-экологической ситуацией понимается сложившееся на определенный момент времени и территории и изменяющееся в ней распределение численности населения по медико-патологическим состояниям, на которые прямо или косвенно влияют экологические факторы. Территориальный аспект этого понятия означает исследование медико-экологической ситуации в населенных пунктах. С 70-х годов большую роль в решении медико-экологических проблем начали играть математические методы. Одним из наиболее популярных математических методов в современных научных исследованиях вообще и в медико-экологических, в частности, остается корреляционно-регрессионный анализ. Опыт показывает, что наиболее удобными являются парные регрессионные модели, а из множественных – те, в которых участвует не более 2 или 3 переменных. В качестве уравнений связи уровня заболеваемости (далее обозначается  $y$ ) ( $x_i$ ) и внешних факторов (далее  $x_j$ ) могут применяться как линейные, так и нелинейные формы зависимости. Однако многие нелинейные модели сводятся к линейным, поэтому общая теория будет рассматриваться для линейных систем [1-3].

Важным фактором, влияющим на уровень заболеваемости, является наличие в почве, воде, сельскохозяйственных растениях различных химических элементов в разнообразных количествах. Однако построение многофакторной модели не всегда рационально в силу высокой трудоемкости модели и ее недостаточной точности. В связи с этим в настоящем исследовании был применен метод приведенных концентраций химических элементов. Основным смыслом этого метода заключается в том, что для организма человека разные химические элементы имеют различный диапазон нормальной концентрации шириной  $s_j$  мг/л, который определяется по формуле  $s_j = s_j^{сепх} - s_j^{низ}$ .

Следовательно, показатель веса, определяющего ценность  $i$ -го элемента для организма, можно определить по формуле  $w_i = 1/s_i$ . Для существующих данных о концентрациях химических элементов по природно-территориальным комплексам становится возможным вычислить приведенную концентрацию химических веществ:

$$C_{прив} = \sum_{i=1}^n w_i c_i$$

где  $C_{прив}$  – приведенная концентрация, ед.массы/ед.пространства;  $c_i$  – концентрация  $i$ -го химического элемента ПТК, ед.массы/ед.пространства

Разберем пример применения описанного метода на примере Кинель-Черкасского района Самарской области. По данным проведенных исследований сельскохозяйственных угодий района [4, 5] имеются данные по концентрации в почвах фосфора и калия за период с 1990 по 2001 гг. По данным источников [6, 7] ширина диапазона нормальных концентраций для фосфора  $s_1 = [0,9-1,32] = 0,42$  ммоль/л, значение  $w_1 = 1/0,42 = 2,38$ , а для калия  $s_2 = [3,5-5,1] = 1,6$  ммоль/л, значение  $w_2 = 1/1,6 = 0,625$ . Тогда формула приведенной концентрации будет иметь вид

$$C_{прив}(t) = w_1 c_1(t) + w_2 c_2(t) = 2,38 c_1(t) + 0,625 c_2(t)$$

Исходные данные для построения регрессионной модели приведены в табл. 1.

Уравнение парной линейной регрессии заболеваемости населения по приведенной концентрации двух элементов имеет вид  $y(x) = -6959,59x + 19265,84$  при значениях коэффициента корреляции  $r_{xy} = -0,808$ . Связь между показателями обратная, высоко значимая. Вариация заболеваемости населения Кинель-Черкасского района на 65% объясняется изменением приведенной концентрации химических элементов, так как значение коэффициента детерминации  $R^2 = 0,653$ .

Таким образом, в среднем увеличение приведенной концентрации на 1 единицу снижает заболеваемость на 6960 случаев в год. Статистическую значимость полученного уравнения регрессии оценим с помощью F-критерия Фишера при уровне значимости  $\alpha=0,05$  и числе степеней свободы ( $k_1=1$ ,  $k_2=10$ ). Так как  $F_{\text{факт}} > F_{\text{крит}}$ ,  $18,86 > 4,96$ , то гипотеза о случайной природе коэффициента корреляции и уравнения регрессии отвергается, уравнение статистически значимо. Значимость коэффициента регрессии при приведенной концентрации проверим при помощи t-критерия Стьюдента при уровне значимости  $\alpha=0,05$  и числе степеней свободы остаточной дисперсии  $k_2=10$ . Так как  $t_{\text{факт}} > t_{\text{крит}}$ ,  $4,32 > 2,22$ , то коэффициент регрессии сформировался не случайно, а под систематическим воздействием фактора приведенной концентрации.

**Таблица 1.** Исходные данные для построения зависимости между уровнем заболеваемости и приведенной концентрацией элементов, кг/га (в среднем по Кинель-Черкасскому району)

Год	Приведенная концентрация, кг/га	Заболеваемость населения, случаев
1990	21,411	40795
1991	22,256	44114
1992	21,359	41126
1993	20,473	44562
1994	19,154	46897
1995	19,194	49871
1996	20,947	45710
1997	20,283	59764
1998	19,605	59884
1999	19,164	67089
2000	18,286	70216
2001	17,902	71247

Для уточнения картины заболеваемости были проведены расчеты по установлению связи между основными геохимическими параметрами территории и уровнем заболеваемости за длительный период (1990-2001 гг.) с помощью многофакторной линейной регрессии. В результате анализа группы «кардиологические заболевания» отмечается наиболее высокий уровень корреляции между заболеваемостью и концентрацией азота в почвах (0,830; прямая), а также с концентрацией серы (-0,841; обратная). Значительная корреляция (-0,746; обратная) между кардиологическими заболеваниями и кобальтом, однако ее значение ниже, связь оценивается как существенная. Среди построенных однофакторных и двухфакторных регрессий по группе «кардиологические заболевания» наибольшая

детерминация (81,2%) и коэффициент значимости по критерию Фишера при мощности критерия 0,95 наблюдается в уравнении  $Y(X_2, X_4) = 21403,2 - 295,88X_2 - 4128,54X_4$  при средней ошибке аппроксимации в 8,13%. Анализ стандартизованных коэффициентов показывает, что изменение концентрации калия на величину одного среднеквадратического отклонения влияет слабее, чем изменение концентрации серы на ту же величину (-0,343 калий против -0,956 сера). Влияние обратное, сонаправленное.

Среди химических элементов, влияющих на развитие новообразований выделяется азот (0,915; связь прямая), и сера (-0,883; связь обратная). Корреляция между рядом заболеваемости новообразованиями и концентрацией кобальта (-0,578; обратная) низка, что особенно интересно, так как большинство исследователей на других территориях получают иные результаты [8-10]. Несмотря на то, что накоплено огромное количество данных, устанавливающих влияние меди на новообразования, автор приходит к выводу, что одним этим элементом объясняется всего лишь 59,9% вариации онкологической заболеваемости, хотя корреляция между заболеваемостью новообразованиями и медью (0,771; прямая) высокая [11].

Помимо регрессии по калию и сере, объясняющей 89% вариации заболеваемости, нами была проведена попытка построения четырехмерной регрессии по калию ( $X_2$ ), сере ( $X_4$ ), марганцу ( $X_5$ ), кобальту ( $X_8$ ). Объясняющие факторы покрывают 91,1% дисперсии заболеваемости, уравнение  $Y = 3964,87 - 39,84X_2 - 627,80X_4 - 8,85X_5 - 517,72X_8$  значимо по Фишеру и Стьюденту с ошибкой аппроксимации 5,5%. Стандартизованные коэффициенты регрессии говорят о том, что все перечисленные факторы влияют на снижение заболеваемости новообразованиями, т.к. все коэффициенты имеют отрицательный знак. Наиболее эффективным регулятором является сера (-1,013), на втором месте по значимости – калий (-0,322), далее марганец с -0,129. Крайне незначительное влияние (порядка 5 случаев на каждые 0,011 мг/кг в почве) имеет кобальт.

Исследование показало, что заболеваемость группы «болезни органов дыхания» слабо связана с концентрациями микроэлементов. Наиболее значима корреляция с содержанием серы (-0,725; связь обратная). Необходимо отметить, что с учетом исключения мультиколлинеарности факторов для группы болезни органов дыхания были построены двумерные регрессии, самая эффективная из которых объясняла 54% дисперсии заболеваемости, следующим по эффективности уравнением объяснялось 46% дисперсии. Это свидетельствует в

пользу того, что причины заболеваний болезни органов дыхания незначительно связаны с концентрацией выбранных элементов.

Анализируя заболеваемость группы «болезни органов пищеварения» отмечается наиболее высокий уровень корреляции между заболеваемостью и концентрацией азота в почвах (0,821; связь прямая), а также с концентрацией серы (-0,881; связь обратная). Корреляция между болезнями органов пищеварения и марганцем в почвах (0,333; связь прямая), болезнями органов пищеварения и фосфором (0,338; связь прямая) низка, и интереса для исследования не представляют. Среди построенных однофакторных и двухфакторных регрессий по группе «болезни органов пищеварения» наибольшая детерминация (82,3%) и значимость по Фишеру и Стьюденту при мощности критерия 0,95 наблюдается в уравнении  $Y(X_2, X_4) = 21911,95 - 214,31X_2 - 4475,33X_4$  при средней ошибке аппроксимации в 8,6%. Анализ стандартизованных коэффициентов показывает, что изменение концентрации калия на величину одного среднеквадратического отклонения влияет слабее, чем изменение концентрации серы на ту же величину, (-0,229 калий против -0,957 сера). Влияние обратное, сопоставленное.

**Выводы:** использование метода приведенных концентраций позволяет облегчить статистическую обработку данных и более точно оценить связь некоторых химических элементов и здоровья населения по группам болезней в измененной человеком среде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Лядов, В.Р.* Основы теории вероятностей и математической статистики: для студентов мед. ВУЗов. – СПб.: Фонд «Инициатива», 1998. – 107 с.
2. *Урбах, В.Ю.* Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях. – М.: Медицина, 1975. – 295 с.
3. *Шиманчик, И.П.* Геокомплексный анализ медико-географических систем // Известия Самарского научного центра РАН. – 2007. – Т.8, №3. – С.228-234.
4. Агрохимическая характеристика сельскохозяйственных угодий и программа повышения плодородия почв Кинель-Черкасского района Самарской области. - Самара: Федеральное государственное учреждение станция агрохимической службы «Самарская», 2003 - 33 с.
5. Сводные показатели научно обоснованных систем земледелия и землеустройства колхозов и совхозов Кинель-Черкасского района Куйбышевской области. - Куйбышев: ВОЛГОГИПРОЗЕМ, 1986. – 115 с.
6. Клиническая оценка лабораторных тестов: Пер. с англ. / Под ред. *Н.Т. Тица*. – М.: Медицина, 1986. – 480 с.
7. *Комаров, Ф.И.* Биохимические исследования в клинике / *Ф.И. Комаров, Б.Ф. Коровин, В.В. Меньшиков*. – Элиста: АПП Дзамгар, 1998. – 249 с.
8. Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз / Под ред. *Г.С. Розенберга и В.Г. Беспалого*. – Тольятти, 1994. – 326 с.
9. *Шабад, Л.М.* О циркуляции канцерогенов в окружающей среде. - М.: Медицина, 1973. – 178 с.
10. *Шевченко, В.А.* Медико-географическое картирование территории Украины. – Киев: Наукова думка, 1994. – 158 с.
11. *Шиманчик И.П.* Некоторые аспекты моделирования медико-географической ситуации как случайного процесса // Шестое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. Материалы совещания. – Томск, 2005. – С. 447-450.

## SOME APPROACHES TOWARDS MODELING OF CHEMICAL ELEMENTS INFLUENCE ON MEDICAL AND ECOLOGICAL SITUATION

© 2009 I.P. Shimanchik

Samara State University of Architecture and Civil Engineering  
Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS, Togliatti

The article deals with two approaches towards modeling medical and ecological situation and the results of these approaches are interpreted.

Key words: *modeling, medical and ecological situation, analysis*