



**Н.М. АГАРКОВ,**

д.м.н., профессор кафедры биомедицинской инженерии ГОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Nikiti4007@yandex.ru

**М.Ю. МАРКЕЛОВ,**

к.ф.н., доцент, докторант кафедры биомедицинской инженерии ГОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

**Н.В. БУДНИК,**

к.м.н., врач Белгородского перинатального центра

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АССОЦИАЦИЙ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ С ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬЮ И СМЕРТНОСТЬЮ ОТ БОЛЕЗНЕЙ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ

УДК 614.2:616.12-008.331.1-082

Агарков Н.М., Маркелов М.Ю., Будник Н.В. Компьютерное моделирование ассоциаций гипертонической болезни с заболеваемостью и смертностью от болезней системы кровообращения («Юго-Западный государственный университет», г. Курск)

**Аннотация:** Компьютерное моделирование заболеваний гипертонической болезнью позволило установить ее влияние на заболевания и смертность от болезней кровообращения.

**Ключевые слова:** гипертоническая болезнь.

UDC 616.12-008.331.1-082

Agarkov N.M., Markelov M.V., Budnik I.V. Computer modeling of associations of hypertensive illness with disease and death rate from illnesses of system of blood circulation (Southwestern State University, Kursk)

**Abstract:** computer modeling the incidence of hypertensive disease allowed to determine its significant influence on morbidity and mortality from diseases circulatory system at the territorial level.

**Keywords:** arterial hypertension.

Гипертоническая болезнь — наиболее распространенная сердечно-сосудистая патология, частота которой среди взрослого населения колеблется от 20% в США до 40% в Российской Федерации [1–4 и др.]. Гипертоническая болезнь вызывает различные цереброваскулярные и кардиоваскулярные заболевания, выступает ведущей причиной смертности взрослого населения. Однако на популяционном уровне не осуществляется компьютерный анализ взаимосвязей заболеваемости гипертонической болезнью с заболеваемостью и смертностью от болезней системы кровообращения.

Целью исследования является выполнение компьютерного моделирования взаимосвязей заболеваемости населения гипертонической болезнью посредством многомерных математических методов для определения наиболее значимых ассоциаций и включения последних в комплекс превентивных мероприятий и программ.





Таблица 1

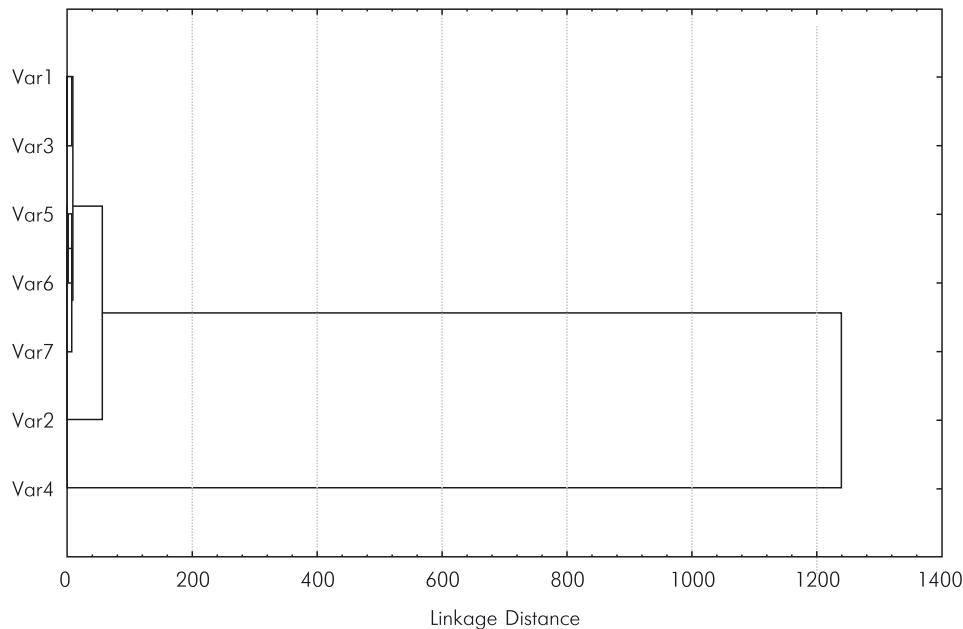
**Корреляционные связи заболеваемости гипертонической болезнью городского населения с заболеваемостью болезнями системы кровообращения и общей заболеваемостью в 2004–2009 гг.**

Признаки	var 1	var 2	var 3	var 4	var 5	var 6	var 7
var 1	1,00						
var 2	-0,09	1,00					
var 3	+0,50	-0,18	1,00				
var 4	-0,51	-0,28	-0,12	1,00			
var 5	+0,05	-0,39	+0,08	-0,20	1,00		
var 6	+0,29	-0,36	+0,57	-0,22	+0,39	1,00	
var 7	-0,30	-0,20	+0,00	-0,29	+0,82	+0,25	1,00

В табл. 1 приняты обозначения:

- var 1 — заболеваемость гипертонической болезнью на 100 000 населения,
- var 2 — заболеваемость болезнями системы кровообращения на 100 000 населения,
- var 3 — уровень ишемической болезни сердца на 100 000 населения,
- var 4 — уровень общей заболеваемости на 100 000 населения,
- var 5 — частота заболеваемости стенокардией на 100 000 населения,
- var 6 — частота острого инфаркта миокарда на 100 000 населения,
- var 7 — заболеваемость цереброваскулярной патологией на 100 000 населения.

Tree Diagram for Переменные.  
Single Linkage  
Euclidean distances



**Рис. 1. Дендрограмма заболеваемости гипертонической болезнью и заболеваемости болезнями системы кровообращения, общей заболеваемости в городских территориях в 2004–2009 гг. (На рис. 1 приняты аналогичные обозначения, что и в табл. 1.)**



При корреляционном анализе связей заболеваемости гипертонической болезнью жителей городов с включенными в исследование болезнями системы кровообращения и общим уровнем заболеваемости установлена прямая достоверная умеренная связь с частотой ишемической болезни сердца и обратная средняя связь с общей заболеваемостью (табл. 1). Сильная прямая корреляция выявлена между заболеваемостью стенокардией и цереброваскулярной патологией ( $P < 0,01$ ). Достоверная обратная средняя связь имеется между уровнем болезней системы кровообращения и частотой заболеваемости стенокардией. Прямая достоверная средняя связь характерна для заболеваемости острым инфарктом миокарда, частоты ишемической болезни сердца и стенокардии. В остальных случаях корреляционные связи статистически незначимы.

Кластерный анализ (рис. 1) показал наиболее тесную интеграцию частоты стенокардии у горожан с уровнем цереброваскулярной заболеваемости, сформировавших 1-й кластер. Второй кластер на дендрограмме представлен заболеваемостью острым инфарктом миокарда и ишемической болезнью сердца. Уровень гипертонической болезни совместно с ишемической болезнью сердца формирует 3-й кластер. Заболеваемость болезнями системы кровообращения интегрирует с ранее сформированными кластерами. Наиболее низкий уровень объединения все рассматриваемые нозологические формы болезней системы кровообращения имеют с частотой общей заболеваемости.

Количественный вклад заболеваемости городского населения гипертонической болезнью в развитие других болезней системы кровообращения и общей заболеваемости установлен посредством метода главных компонент (табл. 2). Последний выделил две главные компоненты. Первая определяет 78,24% воздействия с дисперсией 2,721 и показывает, что увеличение заболеваемости гипертонической болезнью сопровождается ростом частоты

Таблица 2

**Структура главных компонент ассоциаций заболеваемости гипертонической болезнью с частотой болезней системы кровообращения и общей заболеваемостью в городских территориях Курской области в 2004–2009 гг.**

Заболевания	ГК1	ГК2
1	+0,125	+0,108
2	-0,137	-0,065
3	+0,324	+0,141
4	-0,286	-0,115
5	-0,075	-0,022
6	+0,218	+0,137
7	-0,253	-0,189
Дисперсия	2,721	1,115
%	78,24	14,35

В табл. 2 приняты те же обозначения, что и в табл. 1.

ты ишемической болезни сердца, острого инфаркта миокарда при одновременном снижении общей заболеваемости и цереброваскулярной патологии. Уровень гипертонической болезни в городах влияет на снижение болезней системы кровообращения в целом и практически не связан с частотой стенокардии. Вклад второй главной компоненты и ее составляющих существенно ниже, хотя направленность ассоциаций заметно не изменилась.

В сельских районах заболеваемость гипертонической болезнью имеет более выраженную корреляционную связь с аналогичными формами патологии (табл. 3). В большинстве случаев частота гипертонической болезни имеет прямую достоверную среднюю связь. Сказанное относится к заболеваемости болезнями системы кровообращения, ишемической болезнью сердца, стенокардией, цереброваскулярной патологией и общей заболеваемости сельского населения в области. Исключение составляет только заболева-





Таблица 3

**Коэффициенты корреляции между уровнем гипертонической болезни с нозологиями болезней системы кровообращения и общей заболеваемостью в сельских районах области в 2004–2009 гг.**

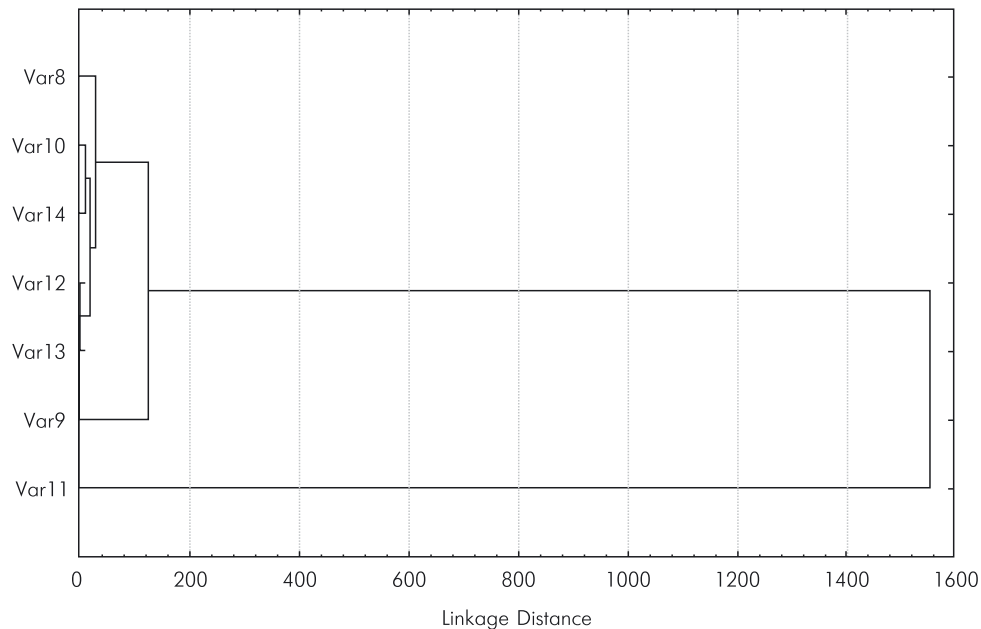
Признаки	var8	var9	var10	var11	var12	var13	var14
var8	1,00						
var9	+0,53	1,00					
var10	+0,57	+0,77	1,00				
var11	+0,45	+0,83	+0,70	1,00			
var12	+0,57	+0,29	+0,49	+0,58	1,00		
var13	+0,05	+0,11	+0,42	+0,09	+0,24	1,00	
var14	+0,31	+0,53	+0,57	+0,50	+0,17	+0,02	1,00

В табл. 3 рассмотрены:

- var 8 — заболеваемость гипертонической болезнью на 100 000 населения,
- var 9 — уровень болезней системы кровообращения на 100 000 населения,
- var 10 — частота ишемической болезни сердца на 100 000 населения,
- var 11 — уровень общей заболеваемости на 100 000 населения,
- var 12 — уровень стенокардии на 100 000 населения,
- var 13 — заболеваемость инфарктом миокарда на 100 000 населения,
- var 14 — заболеваемость цереброваскулярной патологией на 100 000 населения.

Tree Diagram for Переменные.  
Single Linkage  
Euclidean distances

2



**Рис. 2. Классификация болезней системы кровообращения и общей заболеваемости населения сельских районов Курской области в 2004–2009гг. (На рис. 2 использованы обозначения, что и в табл. 3.)**



емость острым инфарктом миокарда. Прямая сильная связь установлена между общей заболеваемостью и частотой болезней системы кровообращения ( $P < 0,001$ ), между болезнями системы кровообращения и ишемической болезнью сердца ( $P < 0,01$ ).

Межгрупповое взаимодействие заболеваемости гипертонической болезнью с частотой отдельных нозологических форм класса болезней системы кровообращения, общей заболеваемостью в сельских районах характеризуется наиболее тесной интеграцией уровня стенокардии и острого инфаркта миокарда, формирующих 1-й кластер (рис. 2). Второй кластер представлен взаимодействием заболеваемости ишемической болезнью сердца и цереброваскулярными болезнями. С указанными кластерами интегрирует заболеваемость гипертонической болезнью, а далее — общий уровень болезней системы кровообращения. На наиболее удаленной дистанции с болезнями системы кровообращения находится частота общей заболеваемости.

Компонентный анализ (табл. 4) свидетельствует о наличии двух компонент, определяющих в совокупности 90,21% воздействия. Структура первой главной компоненты показывает, что увеличение заболеваемости гипертонической болезнью среди жителей сельских районов приводит к повышению прежде всего уровня ишемической болезни сердца, болезней системы кровообращения в целом, стенокардии и острого инфаркта миокарда. Составляющие второй компоненты представлены в основном заболеваемостью ишемической болезнью сердца, стенокардией.

Компьютерный анализ ассоциаций заболеваемости гипертонической болезнью с показателями смертности от ведущих форм болезней системы кровообращения и общей смертности в рамках второго направления выявил наличие прямых — корреляционных связей со всеми исследуемыми причинами смертности, за исключением смертности вследствие цереброваскулярных болезней

Таблица 4

**Главные компоненты в ассоциации заболеваемости гипертонической болезнью с основными болезнями системы кровообращения и общей заболеваемостью в сельских районах Курской области в 2004–2009 гг.**

Заболевания	ГК1	ГК2
8	+0,253	+0,158
9	+0,305	-0,042
10	+0,347	+0,487
11	+0,268	-0,125
12	+0,327	+0,372
13	+0,292	+0,168
14	+0,113	+0,171
Дисперсия	2,542	1,197
%	74,37	15,84

В табл. 4 приняты те же обозначения, что и в табл. 3.

(табл. 5). Следует отметить прямую сильную корреляционную связь между общей смертностью, смертностью от болезней системы кровообращения и от ишемической болезни сердца ( $P < 0,001$ ). Прямая сильная достоверная связь установлена также между смертностью от болезней системы кровообращения и смертностью вследствие ишемической болезни сердца. Смертность от болезней системы кровообращения характеризуется наличием прямой средней связи с показателем смертности при цереброваскулярной патологии, острым нарушении мозгового кровообращения. Прямая сильная связь существует между смертностью вследствие цереброваскулярной болезни и острым нарушении мозгового кровообращения.

При анализе межгруппового взаимодействия заболеваемости гипертонической болезнью с показателями смертности при сердечно-сосудистой патологии, общей смертности наиболее тесная интеграция отмечена между смертностью от цереброваскулярной болезни





Таблица 5

**Значения коэффициентов корреляции между заболеваемостью гипертонической болезнью, смертностью от болезней системы кровообращения и общей смертностью в городских территориях Курской области в 2004–2009 гг.**

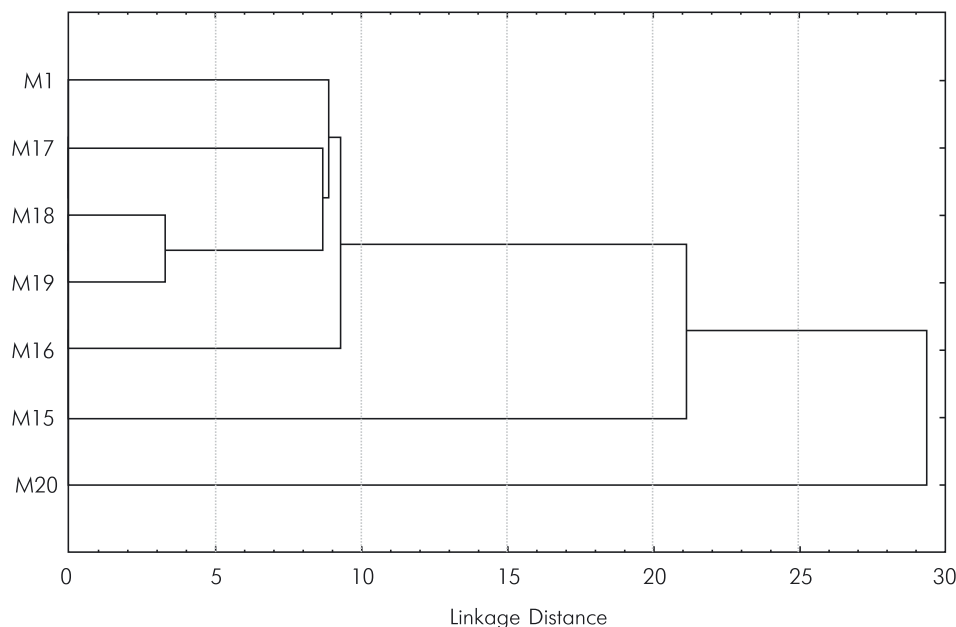
Признаки	М 1	М 15	М 16	М 17	М 18	М 19	М 20
М 1	1,00						
М 15	+0,68	1,00					
М 16	+0,68	+0,91	1,00				
М 17	-0,39	-0,41	-0,46	1,00			
М 18	-0,01	+0,39	+0,09	-0,04	1,00		
М 19	+0,21	+0,49	+0,29	-0,09	+0,87	1,00	
М 20	+0,64	+0,94	+0,84	-0,45	+0,51	+0,65	1,00

В табл. 5 рассматриваются:

- М1 — заболеваемость гипертонической болезнью в городах на 100 000 человек,
- М15 — смертность от класса болезней системы кровообращения на 100 000 населения,
- М16 — смертность от ишемической болезни сердца на 100 000 человек,
- М17 — смертность от острого инфаркта миокарда на 100 000 человек,
- М18 — смертность от цереброваскулярной болезни на 100 000 человек,
- М19 — смертность от острого нарушения мозгового кровообращения на 100 000 человек,
- М20 — смертность от всех заболеваний на 100 000 человек.

Tree Diagram for Переменные.  
Single Linkage  
Euclidean distances

3



**Рис. 3. Межгрупповое взаимодействие заболеваемости гипертонической болезнью в городах в 2004–2009 гг. с общей смертностью, со смертностью от болезней системы кровообращения. (На рис. 3 приняты аналогичные обозначения, что и в табл. 5.)**



и острого нарушения мозгового кровообращения (рис. 3). С данным кластером взаимодействует показатель смертности от острого инфаркта миокарда, с которым в свою очередь интегрирована заболеваемость гипертонической болезнью среди городского населения. Наибольшее Евклидово расстояние имеется между общей смертностью и ранее сформированными кластерами.

Оценка внутрigrупповых связей заболеваемости гипертонической болезнью с показателями общей смертности, смертности от болезней системы кровообращения выявила (табл. 6), что снижение заболеваемости гипертонической болезнью будет сопровождаться уменьшением общей смертности, смертности от болезней системы кровообращения и ишемической болезни сердца. На это указывает структура первой главной компоненты, определяющая воздействие в 68,9%. На долю второй компоненты приходится 21,7%, а ее составляющие указывают на увеличение смертности от болезней системы кровообращения и ишемической болезни сердца при повышении частоты гипертонической болезни в городских территориях.

В сельских районах заболеваемость гипертонической болезнью, как показывает корреляционный анализ, имеет с показателями общей смертности и смертности от болезней системы кровообращения обратную слабую и среднюю связь (табл. 7). Однако выявлена прямая достоверная средняя и слабая связь смертности вследствие болезней системы кровообращения (класса в целом) с показателями смертности от отдельных нозологий болезней системы кровообращения, причем наиболее тесная связь установлена для смертности от ишемической болезни сердца. Показатель общей смертности имеет слабую и среднюю связь со смертностью от ишемической болезни сердца, острого инфаркта миокарда и болезней системы кровообращения. Сильная прямая корреляционная связь имеется между уровнем смертности от церебровас-

Таблица 6

**Компонентный анализ влияния заболеваемости гипертонической болезнью в городах на смертность от болезней системы кровообращения, общую смертность в 2004–2009 гг.**

Признаки	ГК1	ГК2
1	-0,142	+0,425
15	-0,223	+0,455
16	-0,257	+0,357
17	-0,059	-0,013
18	+0,008	-0,089
19	-0,115	+0,006
20	-0,282	+0,182
Дисперсия	2,633	1,485
%	68,9	21,7

В табл. 6 рассмотрены те же признаки, что и в табл. 5.

скулярной болезни и острого нарушения мозгового кровообращения.

Указанные особенности частоты гипертонической болезни, смертности от болезней системы кровообращения и общей смертности нашли отражение в кластеризации признаков (рис. 4). Максимальный уровень интеграции с образованием 1-го кластера выявлен для смертности от цереброваскулярной болезни и смертности от острого нарушения мозгового кровообращения. С данным кластером поочередно интегрируются смертность вследствие острого инфаркта миокарда, ишемической болезни сердца, класса болезней системы кровообращения. С сформированным таким образом 4-м кластером объединена заболеваемость гипертонической болезнью.

На основе метода главных компонент выделены три главные компоненты с общим вкладом 95,28% (табл. 8). Определение структуры первой главной компоненты свидетельствует, что снижение заболеваемости населения сельских районов гипертонической болезнью может вызвать уменьшение смертности от класса болезней







Таблица 7

**Корреляционные связи частоты гипертонической болезни, общей смертности и смертности от болезней системы кровообращения в сельских районах в 2004–2009 гг.**

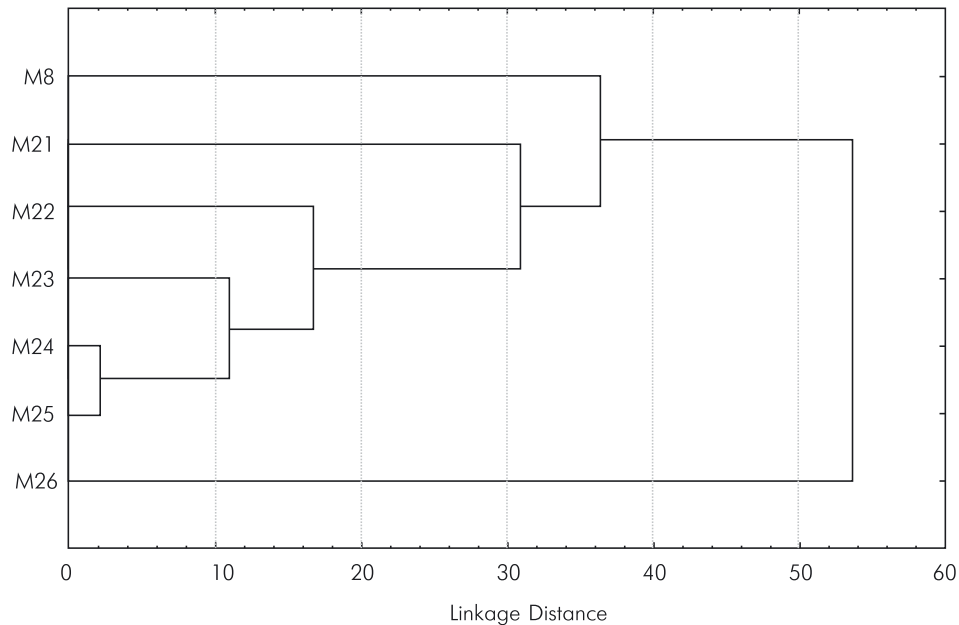
Признаки	М 8	М 21	М 22	М 23	М 24	М 25	М 26
М 8	1,00						
М 21	-0,67	1,00					
М 22	-0,31	+0,64	1,00				
М 23	-0,36	+0,38	+0,27	1,00			
М 24	-0,54	+0,39	-0,09	+0,33	1,00		
М 25	-0,47	+0,30	-0,09	+0,27	+0,97	1,00	
М 26	-0,23	+0,36	+0,30	+0,20	+0,01	+0,09	1,00

В табл. 7 приняты следующие обозначения:

- М8 — заболеваемость гипертонической болезнью в городах на 100 000 человек,
- М21 — смертность от болезней системы кровообращения на 100 000 человек,
- М22 — смертность от ишемической болезни сердца на 100 000 человек,
- М23 — смертность от острого инфаркта миокарда на 100 000 человек,
- М24 — смертность от цереброваскулярной болезни на 100 000 человек,
- М25 — смертность от острого нарушения мозгового кровообращения на 100 000 человек,
- М26 — смертность от всех болезней на 100 000 человек.

Tree Diagram for Переменные.  
Single Linkage  
Euclidean distances

4



**Рис. 4. Кластеризация показателей заболеваемости гипертонической болезнью, общей смертности и смертности от болезней системы кровообращения в сельских районах в 2004–2009 гг. (На рис. 4 использованы те же обозначения, что и в табл. 7.)**





Таблица 8

**Компонентный анализ внутригрупповых связей уровня гипертонической болезни, общей смертности и смертности от болезней системы кровообращения в сельских районах Курской области в 2004–2009 гг.**

Признаки	ГК1	ГК2	ГК3
8	-0,124	+0,643	-0,002
21	-0,235	+0,444	+0,128
22	+0,185	+0,020	+0,013
23	-0,115	-0,078	+0,006
24	+0,018	+0,108	+0,215
25	-0,142	-0,010	+0,197
26	+0,044	-0,002	-0,011
Дисперсия	3,102	1,741	1,213
%	54,31	24,86	16,11

В табл. 8 проведен анализ тех же признаков, что и в табл. 7.

системы кровообращения при незначительном повышении и снижении некоторых нозологических форм. Влияние второй главной компоненты (24,86%) однозначно указывает на рост смертности от болезней системы кровообращения при повышении частоты гипертонической болезни. Третья компонента определяет рост смертности от цереброваскулярной болезни и острого нарушения мозгового кровообращения.

Таким образом, проведенное компьютерное моделирование позволило установить на территориальном уровне ведущую роль заболеваемости гипертонической болезнью в заболеваемости стенокардией, ИБС, болезнями системы кровообращения, общей заболеваемости, смертности вследствие болезней системы кровообращения, ИБС и общей смертности населения области.

## ЛИТЕРАТУРА



1. *Оганов Р.Г.* Значение сердечно-сосудистых и других неинфекционных заболеваний для здоровья населения России/Ред. Р.Г. Оганов, Г.Я. Масленникова, С.А. Шальнова и др.//Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. — 2002. — № 2. — С. 3–7.
2. *Скавронская Т.В.* Распространенность артериальной гипертонии среди работников предприятий газовой промышленности в районе Крайнего Севера/Ред. Т.В. Скавронская, А.И. Леус, А.А. Федосеева и др.//Кардиология. — 2005. — Т. 45. № 3. — С. 84.
3. *Chue C.D.* Arterial stiffness in chronic kidney disease: causes and consequences/Eds. C.D. Chue, J.N. Townsend, R.P. Steeds, Ch.J. Ferro//Heart. — 2010. — Vol. 96. — № 11. — P. 817–823.
4. *Fields L.E.* The burden of adult hypertension in the United States 1999 to 2000. A rising tide/Eds. L.E. Fields, V.L. Burt, J.A. Cutler et al//Hypertension. — 2004. — Vol. 44. — P. 398–404.