



УДК 614.8:571+319.52(464)

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОСТРОГО САЛЬПИНГООФОРИТА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ КРОВИ, МОЧИ И ИММУНИТЕТА

**С.Н. ГОНТАРЕВ<sup>1</sup>**

**А.П. ЯКОВЛЕВ<sup>1</sup>**

**Л.В. ШУЛЬГА<sup>1</sup>**

**В.А. ИВАНОВ<sup>2</sup>**

<sup>1)</sup> Юго-Западный государственный университет, г. Курск

<sup>2)</sup> Курский государственный университет

e-mail: Nikiti4007@yandex.ru

Представлены математические модели, обеспечивающие дифференциальную диагностику больных острым сальпингоофоритом и здоровых женщин по ведущим гематологическим показателям, параметрам мочи, клеточного и гуморального иммунитета. Удельный вес случаев безошибочной дифференциации по разработанным математическим моделям составляет от 85,9% при использовании показателей общего анализа мочи до 92,2% – параметров гуморального иммунитета. Для диагностики острого сальпингоофорита построены также сетевые модели, включающие ведущие показатели гемограммы, мочи и иммунитета.

Ключевые слова: гематологические показатели, общий анализ мочи, клеточный иммунитет, гуморальный иммунитет, острый сальпингоофорит, здоровые женщины.

Дифференциально-диагностические критерии как острого, так и хронического сальпингоофорита до настоящего времени недостаточно разработаны [2, 5, 9]. Считается, что важными критериями при дифференциальной диагностике сальпингоофорита являются гематологические и иммунологические показатели [6, 8]. Исходя из инфекционной природы воспалительных заболеваний придатков матки, при дифференциальной диагностике должны приниматься во внимание кандидоз женских половых органов, вульвовагинит, которые могут протекать без характерных симптомов [10]. Дифференцировать сальпингоофорит следует также с эндометритом, тазовым актиномикозом, с синдромом поликистозных яичников [1, 4, 7, 11]. Необходима разработка математических моделей, позволяющих дифференцировать данную патологию придатков матки от здоровых органов у женщин по показателям общего анализа крови, мочи и иммунологическим параметрам.

В связи с указанным выше проведено дифференциально-диагностическое обследование 132 пациенток с острым сальпингоофоритом (второй класс) и 117 здоровых женщин (первый класс). Показатели общего анализа крови изучали с использованием автоматического гематологического анализатора Quintus (Швеция). Параметры клеточного иммунитета определяли в периферической крови, используя моноклональные антитела. Уровень иммуноглобулинов в крови исследовали методом радиальной иммунодиффузии посредством набора ООО НЦП «Медицинская иммунология» (г. Москва). Математические модели строились дискриминантным методом при использовании программы «Statistica 6.0». Достоверность моделей определялась по расстоянию Махаланобиса.

Построение математических моделей по результатам общего анализа крови осуществляется на основе включения количества палочкоядерных нейтрофилов ( $x_4$ ), лимфопении ( $x_5$ ) и СОЭ ( $x_6$ ). Обработка дискриминантным методом указанных диагностически значимых гематологических показателей позволила получить следующие значения коэффициентов классификационных функций (табл. 1). Поэтому математическая модель для больных острым сальпингоофоритом описывается выражением  $y_4 = 28,131x_1 + 11,413x_2 + 6,659x_3 - 766,926$  и для здоровых женщин  $y_3 = 38,125x_1 + 15,036x_2 + 4,886x_3 - 921,630$ .

Установив расстояние Махаланобиса (табл. 2), получили, что количество ошибочно классифицированных больных с данной патологией составляет 12,8%. Число здоровых женщин, ошибочно отнесенных к группе больных с острым сальпингоофоритом, равно 10,4%. Результаты контрольных испытаний показали приемлемое каче-



ство срабатывания созданных математических моделей и возможность эффективного применения в диагностическом процессе.

Таблица 1

### Коэффициенты классификационных функций гематологических показателей

| Классифицируемые параметры крови | Коэффициенты функций |          |
|----------------------------------|----------------------|----------|
|                                  | G 1:0                | G 2:1    |
| Палочкоядерные нейтрофилы, $x_4$ | 38,125               | 28,131   |
| Лимфопения, $x_5$                | 15,036               | 11,413   |
| СОЭ, $x_6$                       | 4,886                | 6,659    |
| Constant                         | -921,630             | -766,926 |

Таблица 2

### Расстояние Махаланобиса между исследуемыми классами

| Код признака | Observed | G_1:0    | G_2:1    |
|--------------|----------|----------|----------|
| 1            | G_1:0    | 1,6292   | 173,3592 |
| 2            | G_1:0    | 2,6749   | 156,1994 |
| 3            | G_1:0    | 2,4072   | 136,3771 |
| 4            | G_1:0    | 1,4883   | 149,7165 |
| 5            | G_1:0    | 1,4804   | 140,9565 |
| 6            | G_1:0    | 2,2720   | 139,8927 |
| 7            | G_1:0    | 4,3319   | 105,2554 |
| 8            | G_1:0    | 5,0833   | 187,3576 |
| 9            | G_1:0    | 1,8234   | 173,8756 |
| 10           | G_1:0    | 0,3989   | 161,6001 |
| 11           | G_2:1    | 140,2035 | 2,1925   |
| 12           | G_2:1    | 107,0835 | 6,4564   |
| 13           | G_2:1    | 163,9475 | 2,6312   |
| 14           | G_2:1    | 179,3774 | 2,5086   |
| 15           | G_2:1    | 160,2224 | 2,3354   |
| 16           | G_2:1    | 191,3112 | 3,9931   |
| 17           | G_2:1    | 147,3032 | 3,9797   |
| 18           | G_2:1    | 140,5202 | 1,1256   |
| 19           | G_2:1    | 169,5769 | 2,9232   |
| 20           | G_2:1    | 131,8652 | 2,2648   |

Используя диагностически значимые параметры общего анализа мочи для разработки математических моделей и классификации пациенток с острым сальпингофоритом и здоровых женщин, рассчитали коэффициенты классификационных функций для микрогематурии ( $x_7$ ) и протеинурии ( $x_8$ ). Они соответственно составили для второго и первого класса 7,443; 19,001 и 1,514; 0,819. Величина константы в обоих случаях являлась отрицательной и составила для второго класса - 26,690, а для первого класса равна -1,239. Проведение дискриминантного анализа позволило получить для больных острым сальпингофоритом статистическую модель  $y_6 = 7,443x_7 + 19,001x_8 - 26,690$  и здоровых женщин  $y_5 = 1,514x_7 + 0,819x_8 - 1,239$ .

Результаты дискриминантного анализа свидетельствуют об ошибочной классификации представителей второго класса, отнесенных к первому классу, в 11,8%



случаев. Количество ошибочно классифицированных здоровых женщин посредством предложенной модели и расстояния Махаланобиса (табл. 3) составило 14,1%.

Таблица 3

**Расстояние Махаланобиса при классификации исследуемых объектов по диагностически значимым параметрам мочи**

| Код признака | Observed | G_1:0    | G_2:1    |
|--------------|----------|----------|----------|
| 1            | G_1:0    | 0,07978  | 41,77814 |
| 2            | G_1:0    | 0,02527  | 40,17411 |
| 3            | G_1:0    | 0,00186  | 40,05572 |
| 4            | G_1:0    | 0,04004  | 39,27164 |
| 5            | G_1:0    | 0,11029  | 37,06510 |
| 6            | G_1:0    | 0,00878  | 38,97173 |
| 7            | G_1:0    | 0,02370  | 41,99071 |
| 8            | G_1:0    | 0,07527  | 42,86454 |
| 9            | G_1:0    | 0,11036  | 37,42880 |
| 10           | G_1:0    | 0,01479  | 41,25454 |
| 11           | G_2:1    | 56,57942 | 4,07702  |
| 12           | G_2:1    | 37,90795 | 0,02967  |
| 13           | G_2:1    | 69,51442 | 7,36753  |
| 14           | G_2:1    | 14,33958 | 6,50200  |
| 15           | G_2:1    | 22,76961 | 5,13016  |
| 16           | G_2:1    | 38,09366 | 2,82321  |
| 17           | G_2:1    | 60,26635 | 3,33513  |
| 18           | G_2:1    | 62,15014 | 5,29761  |
| 19           | G_2:1    | 41,61857 | 0,10393  |
| 20           | G_2:1    | 32,63505 | 0,84359  |

Моделирование диагностического процесса по данным общеклинических лабораторных исследований свидетельствует о том, что рациональным для диагностики острого сальпингофорита является определение количества палочкоядерных нейтрофилов и СОЭ (рис. 1). Эти показатели, наряду с общим анализом крови, представляют узлы сетевой модели Петри. Последняя в качестве функциональных значений позиций включает общий анализ мочи, микрогематурию и протеинурию. Исследование микрогематурии и протеинурии следует считать приоритетным для оценки общего анализа мочи в контексте выявления острого воспаления придатков матки.

Таблица 4

**Величины коэффициентов классификационных функций для показателей клеточного иммунитета в периферической крови**

| Классифицируемые параметры клеточного иммунитета    | Коэффициенты функций |          |
|---|----------------------|----------|
|   | G_1:0                | G_2:1    |
| Натуральные киллеры, $\times 10^9/\text{л}$ , $x_9$ | 302,321              | 206,149  |
| T-хелперы, $\times 10^9/\text{л}$ , $x_{10}$        | 154,409              | 108,559  |
| T-хелперы, %, $x_{11}$                              | 27,785               | 20,239   |
| Constant  | -684,452             | -359,274 |

Для ведущих параметров клеточного иммунитета, отражающих патологические изменения на системном уровне при остром сальпингофорите, получены следующие



величины коэффициентов классификационных функций (табл. 4). С учетом параметров классификационных функций и констант синтезированы математические модели для второго класса (больные)  $y_8 = 206,149x_9 + 108,559x_{10} + 20,239x_{11} - 359,274$  и для первого класса (здоровые)  $y_7 = 302,321x_9 + 157,409x_{10} + 27,785x_{11} - 684,452$ .

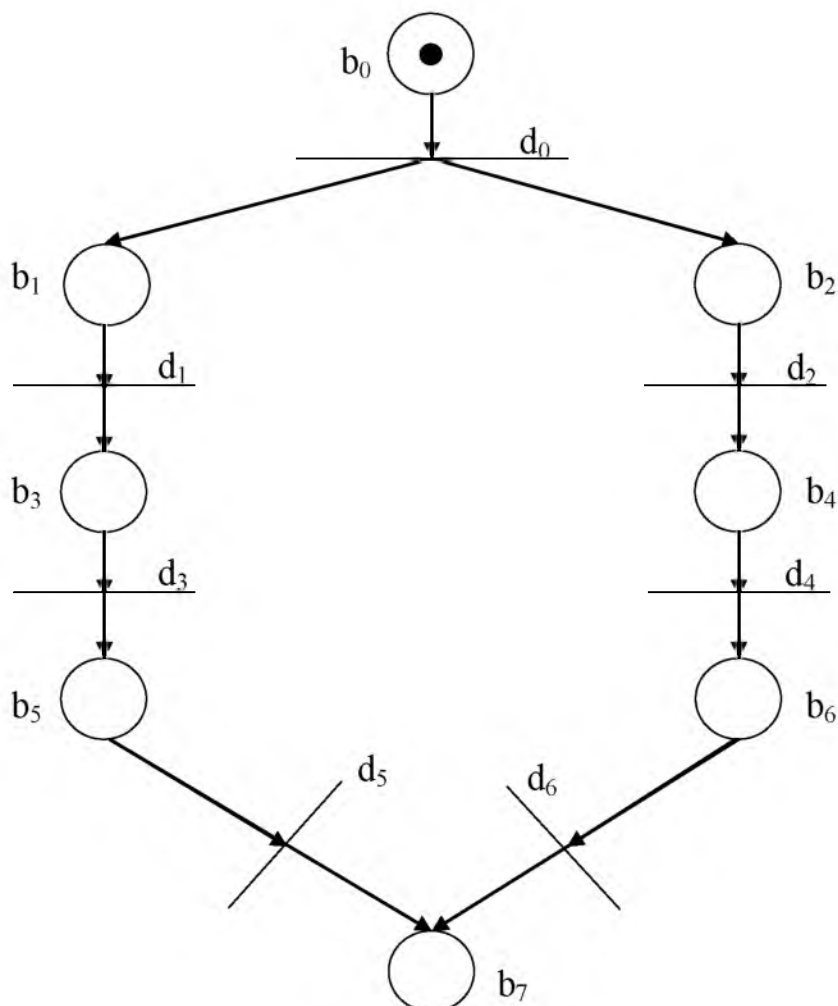


Рис. 1. Сетевая модель рациональной диагностики острого сальпингоофорита на основании общего анализа крови и общего анализа мочи:

- $b_0$  – начало диагностического процесса острого сальпингоофорита,
- $b_1$  – проведение общего анализа крови,
- $b_2$  – проведение общего анализа мочи,
- $b_3$  – определение палочкоядерных нейтрофилов в крови,
- $b_4$  – выявление микрогематурии,
- $b_5$  – определение СОЭ,
- $b_6$  – выявление протеинурии,
- $b_7$  – оценка результатов исследования и постановка диагноза острого сальпингоофорита

На основе расчетных значений расстояния Махаланобиса (табл. 5) установили, что полученные математические модели обеспечивают безошибочную классификацию больных острым сальпингоофоритом в 91,0% случаев. Процент женщин первого класса, ошибочно отнесенных ко второму классу, невысок и составляет 9,0%.

Диагностически значимые показатели гуморального иммунитета на системном уровне, отражающие проявления острого воспалительного процесса в придатках матки, в результате обработки дискриминантным методом, в отличие от показателей клеточного иммунитета, имеют преимущественно отрицательные значения классификационных функций (табл. 6).



Таблица 5

**Расстояние Махаланобиса между исследуемыми классами по параметрам клеточного звена иммунитета на системном уровне**

| Код признака | Observed | G_1:0    | G_2:1    |
|--------------|----------|----------|----------|
| 1            | G_1:0    | 0,07978  | 41,77814 |
| 2            | G_1:0    | 0,02527  | 40,17411 |
| 3            | G_1:0    | 0,00186  | 40,05572 |
| 4            | G_1:0    | 0,04004  | 39,27164 |
| 5            | G_1:0    | 0,11029  | 37,06510 |
| 6            | G_1:0    | 0,00878  | 38,97173 |
| 7            | G_1:0    | 0,02370  | 41,99071 |
| 8            | G_1:0    | 0,07527  | 42,86454 |
| 9            | G_1:0    | 0,11036  | 37,42880 |
| 10           | G_1:0    | 0,01479  | 41,25454 |
| 11           | G_2:1    | 56,57942 | 4,07702  |
| 12           | G_2:1    | 37,90765 | 0,02967  |
| 13           | G_2:1    | 69,51442 | 7,36753  |
| 14           | G_2:1    | 14,33958 | 6,50200  |
| 15           | G_2:1    | 22,76961 | 5,13016  |
| 16           | G_2:1    | 38,09366 | 2,82321  |
| 17           | G_2:1    | 60,26635 | 3,33513  |
| 18           | G_2:1    | 62,15014 | 5,29761  |
| 19           | G_2:1    | 41,61857 | 0,10393  |
| 20           | G_2:1    | 32,63505 | 0,84359  |

Применяя обозначения показателей гуморального звена иммунитета в крови в соответствии с табл. 6 и результаты дискриминантного анализа, получаем математическую модель  $y_{10} = -34,77x_{12} - 6,91x_{13} + 67,03x_{14} - 2402,78$  для пациенток с острым сальпингоофоритом и  $y_9 = -44,95x_{12} - 5,77x_{13} + 58,59x_{14} - 1611,06$  для первого класса.

Таблица 6

**Коэффициенты классификационных функций параметров гуморального иммунитета в основной группе и контроле на системном уровне**

| Классифицируемые показатели | Коэффициенты показателей |          |
|-----------------------------|--------------------------|----------|
|                             | G_1:0                    | G_2:1    |
| Ig G, $x_{12}$              | -44,95                   | -34,77   |
| Ig M, $x_{13}$              | -5,77                    | -6,91    |
| ЦИК, $x_{14}$               | 58,59                    | 67,03    |
| Constant                    | -1611,06                 | -2402,78 |

Ошибочно классифицированных объектов, как показывают результаты по определению расстояния Махаланобиса, отнесенных к классу больных острым саль-



пингофоритом, всего 7,8% (табл. 7). Количество представителей второго класса, ошибочно включенных в первый класс – 9,2%. Следовательно, полученные математические модели обеспечивают безошибочную классификацию по показателям гуморального иммунитета в крови в 90,8-92,2% случаев, что является приемлемым в подобных задачах.

Компьютерное моделирование показателей клеточного и гуморального иммунитета на системном уровне (в периферической крови) позволило разработать сетевую модель рациональной диагностики острого сальпингофорита с учетом их диагностической значимости (рис. 2).

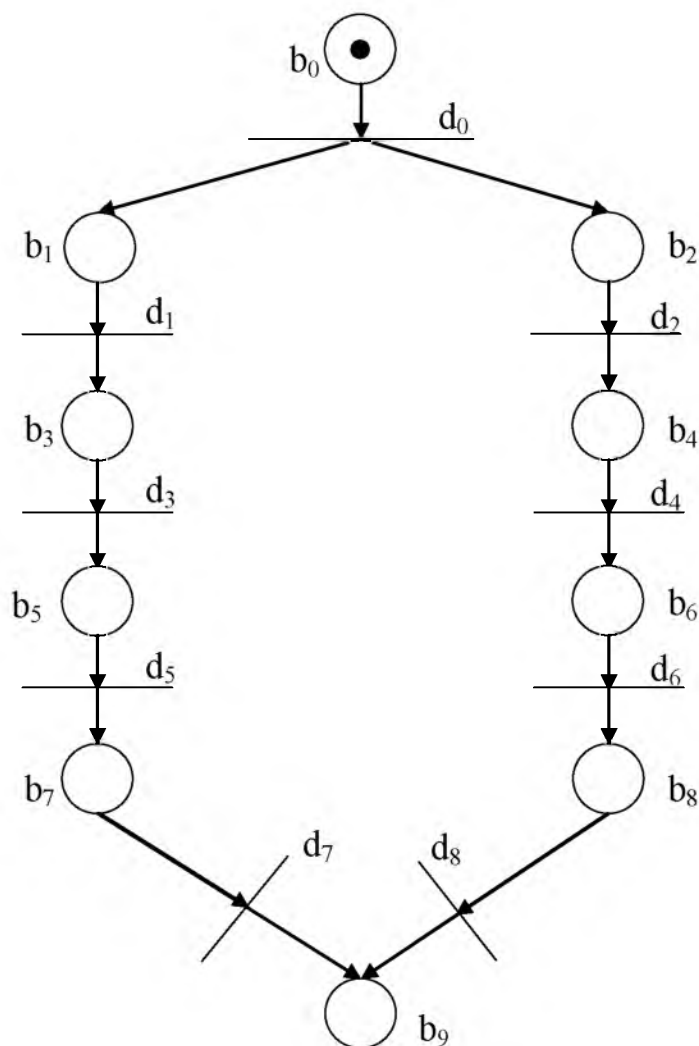


Рис. 2. Модель рациональной диагностики острого сальпингофорита по ведущим показателям клеточного иммунитета и гуморального иммунитета в крови.

В качестве узлов данной модели выступали функциональные позиции и переходы. Функциональными значениями позиций при рационализации диагностического процесса по ведущим параметрам клеточного и гуморального иммунитета рассматривались:

- $b_0$  – начало обследования женщин,
- $b_1$  – изучение параметров клеточного иммунитета в периферической крови,
- $b_2$  – изучение параметров гуморального иммунитета в периферической крови,
- $b_3$  – определение абсолютного числа натуральных киллеров,
- $b_4$  – определение Ig G,
- $b_5$  – абсолютное число Т-хелперов,
- $b_6$  – определение Ig M,
- $b_7$  – относительное содержание Т-хелперов,
- $b_8$  – циркулирующие иммунные комплексы,
- $b_9$  – постановка диагноза



Таблица 7

**Расстояние Махаланобиса при дифференциации классов по ведущим параметрам гуморального иммунитета в крови**

| Код признака | Observed | G_1:0    | G_2:1    |
|--------------|----------|----------|----------|
| 1            | G_1:0    | 0,13545  | 41,78812 |
| 2            | G_1:0    | 0,11885  | 41,87421 |
| 3            | G_1:0    | 0,13452  | 40,05672 |
| 4            | G_1:0    | 0,00865  | 38,37164 |
| 5            | G_1:0    | 0,24352  | 36,06670 |
| 6            | G_1:0    | 0,35457  | 39,94173 |
| 7            | G_1:0    | 0,78921  | 41,99571 |
| 8            | G_1:0    | 2,54261  | 41,86254 |
| 9            | G_1:0    | 3,57812  | 38,43880 |
| 10           | G_1:0    | 10,25146 | 44,26454 |
| 11           | G_2:1    | 46,57842 | 4,08702  |
| 12           | G_2:1    | 39,91765 | 1,02067  |
| 13           | G_2:1    | 60,51742 | 7,35753  |
| 14           | G_2:1    | 12,33058 | 5,50300  |
| 15           | G_2:1    | 12,46971 | 5,43026  |
| 16           | G_2:1    | 28,19356 | 3,82324  |
| 17           | G_2:1    | 64,26435 | 3,33513  |
| 18           | G_2:1    | 61,45113 | 6,49762  |
| 19           | G_2:1    | 51,62858 | 0,40793  |
| 20           | G_2:1    | 42,68505 | 0,94350  |

С целью выработки возможных дифференциально-диагностических критериев, не требующих применения инвазивных методик, изучено состояние неспецифической защиты и некоторые факторы гуморального иммунитета у 122 пациенток с установленными на основании лапароскопии диагнозом: хроническим сальпингоофоритом (1-я группа), варикозным расширением вен малого таза (2-я группа), спаечным процессом в малом тазу и брюшной полости (3-я группа), наружным и экстрагенитальным эндометриозом (4-я группа) и отсутствием патологии гениталий (5-я группа) [6]. Анализ активации системы комплемента позволяет получить новые данные для дифференциальной диагностики. Однако оценка фагоцитарной активности нейтрофилов крови не выявила достоверных различий у больных с хроническим сальпингоофоритом и больных других групп. У пациенток с хроническим сальпингоофоритом (1-я группа) отмечено повышение уровня Ig G с  $10,47 \pm 0,6$  г/л до  $13,39 \pm 0,8$  г/л ( $p < 0,1$ ). Установлено снижение показателей функциональной активности системы комплемента. Самые низкие показатели отмечены у больных хроническим сальпингоофоритом.

По данным другого исследования [3], показатели фагоцитарной и кислородзависимой активности нейтрофилов следует использовать для дифференциальной диагностики варианта хронического сальпингоофорита без использования инвазивных лапароскопических методик.

Разработанные математические модели по диагностически значимым показателям гемограммы, мочи, клеточного и гуморального иммунитета осуществляют с не-



обходимым качеством дифференциацию больных острым сальпингофоритом и здоровых женщин. Сетевые модели способствуют совершенствованию выявления больных острым сальпингофоритом и могут применяться в гинекологической практике.

### Литература

1. Иванов, А.В. Классификационные модели для острого сальпингофорита / В.А. Иванов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2, ч. 2. – С. 282-286.
2. Иванов, В.А. Математическое прогнозирование распространенности патологии придатков матки / В.А. Иванов // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2, ч. 2. – С. 200-204.
3. Конопля, А.А. Иммуноterapia больных сальпингофоритом в послеоперационном периоде / А.А. Конопля, В.А. Демиденко, В.Ф. Ликов, А.В. Караулов // Иммунология. – 2008. – Т. 29, № 5. – С. 302-305.
4. Михнина, Е.А. Особенности системного иммунитета и иммуноморфология эндометрия у женщин с синдромом поликистозных яичников (СПЯ) / Е.А. Михнина, Н.И. Давыдова Е.К. Комаров и др. // Журнал акушерства и женских болезней. – 2008. – Т. LVII, № 4. – С. 96-102.
5. Печеникова, В. А. Клинико-морфологические и морфофункциональные особенности эндометриоза яичников / В.А. Печеникова, Е.Н. Дурасова, Д.Ф. Костючек // Журнал акушерства и женских болезней. – 2010. – Т. LIX, № 5. – С. 110-117.
6. Прозоровская, К.Н. Оценка функциональной активности системы комплемента в дифференциальной диагностике хронического сальпингофорита / К.Н. Прозоровская, Л.В. Антонова, Г.В. Ляменова, И.Б. Гундарева // Акушерство и гинекология. – 1990. – № 10. – С. 38-41.
7. Сидорова, И.С. Принципы лечения воспалительных заболеваний внутренних половых органов / И.С. Сидорова, Н.А. Шемуква // Акушерство и гинекология. – 2007. – № 4. – С. 65-68.
8. Шульга, Л.В. Математическое обоснование базовой медикаментозной терапии у больных острым сальпингофоритом матки / Л.В. Шульга, И.В. Будник, В.Н. Снопков // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № (41), ч. 1 – С. 35-40.
9. Яковлев, А.П. Дискриминантный метод в выявлении больных острым сальпингофоритом матки / А.П. Яковлев // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2012. – № 2, ч. 2. – С. 209-215.
10. Mylonas, I. Infektionserkrankungen der Vulva und Vagina / I. Mylonas // Der Gynäkologie. – 2010. – В. 43, Н.5. – Р. 429-438.
11. Vural, P. Tumor of necrosis factor  $\alpha$  (-308), interleukin-6 (-174) and interleukin-10(-1082) gene polymorphisms in polycystic ovary syndrome / P. Vural, S. Degirmencioglu, N.Y. Saral, C. Akgül // European Journal of Obstetrics and Gynecology and Reproductive Biology. – 2010. – Vol. 150, № 1. – P. 61-65.

## MATHEMATICAL MODEL FOR THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF ACUTE SALPINGOOPHORITIS ON INDICATORS BLOOD, URINE AND IMMUNITIES

**S.N. GONTAREV<sup>1</sup>**  
**A.P. YAKOVLEV<sup>1</sup>**  
**L.V. SHULGA<sup>1</sup>**  
**V.A. IVANOV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>South-West State University, Kursk

<sup>2</sup>Kursk State University

e-mail: Nikiti4007@yandex.ru

Mathematical models that provide the differential diagnosis of patients with acute salpingoophoritis and healthy women in the leading hematology parameters, the parameters of urine, cellular and humoral immunity. The proportion of cases of error-free differentiation in the developed mathematical models ranges from 85.9% for performance of urinalysis to 92.2% - the parameters of humoral immunity. For the diagnosis of acute salpingoophoritis also constructed network models, including leading indicators blood counts, urine and immunities.

Key words: hematology, urinalysis, cellular immunity, humoral immunity, acute salpingoophoritis, healthy women.