

---

---

# Научные исследования

---

---

## ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА КОНСУЛЬТИРОВАНИЯ ПАЦИЕНТОВ С МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНЮ

**В.И.Вощула, И.А.Задруцкий, И.В.Тарасюк, Е.Л.Алькевич**

Белорусская медицинская академия последипломного образования, г. Минск

*Разработана и апробирована экспертная лечебно-диагностическая система консультирования пациентов с мочекаменной болезнью (МКБ) – “iwsДоктор”. Достоверный прогноз оценки результатов анализируемых параметров составил 98%. Использование данной экспертной системы, разработанной на основе дифференцированного подхода к различным видам камнеобразования в мочевыводящей системе, способствует грамотной оценке факторов для постановки диагноза для всех форм МКБ, включая сложные и сочетанные. Это позволяет врачу диагностировать и производить выбор лечебной тактики, основываясь не только на опыте и интуиции, но и на полной оценке всех объективных данных.*

Современный лечебно-диагностический процесс аккумулирует в едином комплексе целый ряд составляющих: новые медицинские технологии диагностики и лечения больных, методы и средства рациональной фармакотерапии, организационные технологии различного типа [1].

Существенное влияние на организацию и улучшение лечебно-диагностического процесса оказывает внедрение в практику здравоохранения новых информационных технологий.

Основные направления в этой области определены Государственной программой информатизации Республики Беларусь на 2003–2005 годы и на перспективу до 2010 года «Электронная Беларусь» (одобрена Указом Президента Республики Беларусь от 6 апреля 1999 г. №195 и утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 27.12.2002 г. №1819) [2] и Республиканской программой «Информатизация системы образования Республики Беларусь» на 1998–2006 гг., общие положения которых отражают концепцию государственной политики в области информатизации. В этих программах изложены основные направления создания общегосударственной автоматизированной информационной системы.

Программами предусматриваются мероприятия по созданию передовой телекоммуникационной инфраструктуры, ориентированной на научные и образовательные организации, и возможность их использования образовательными и научными учреждениями, организациями здравоохранения. Предполагаются создание и использование документов в электронной цифровой форме; использование ин-

тернет-технологий для информационного взаимодействия и обмена информацией; подготовка и повышение квалификации кадров; организация подготовки специалистов в системе высших учебных заведений страны, а также работы по развитию процессов информатизации в здравоохранении и образовании.

Врачи в процессе диагностики и лечения часто рассматривают и анализируют лишь небольшое число фактов и делают иногда поспешные выводы. Экспертная система (ЭС) помогает врачу учитывать весь спектр обследования и не пропускать существенные факты в интерпретации результатов, что позволяет ему более объективно делать логические выводы. Специфика ЭС заключается в том, что реализуется функция поиска, классификации, анализа и отсеечения неверных путей дифференциальной диагностики и выбора методов и средств терапии и профилактики.

Создание ЭС для практического здравоохранения наиболее актуально по заболеваниям, которые имеют множественные этиологические факторы и, соответственно, несколько путей патогенеза. В данной ситуации правильная и полная оценка этих факторов помогает принять правильное решение по постановке диагноза и, соответственно, правильно подойти к лечению. Имеют смысл разработка и внедрение информационных технологий для тех заболеваний, которые широко распространены и встречаются у большинства пациентов на амбулаторном приеме, а также среди госпитализированных и, следовательно, требуют наибольших затрат на лечение.

Одно из таких заболеваний – мочекаменная болезнь (МКБ). Общая заболеваемость МКБ в Респуб-

лике Беларусь в 2005 г. составила 121 на 100 тыс. [3]. Согласно приведенным в литературе данным, в Италии на лечение больных МКБ расходуется 150 млн евро в год. Эта цифра не включает в себя затраты на лечение амбулаторных пациентов и стоимость социальных расходов на заболеваемость с временной утратой трудоспособности. В Британии ежегодная стоимость лечения больных МКБ с использованием малоинвазивных пособий также составляет 150 млн евро. В Германии стоимость лечения пациентов с МКБ в условиях стационара составляет 600 млн евро. По объединенным оценкам, в Европе на лечение этих пациентов тратится более 2 млрд евро, и эта цифра продолжает увеличиваться [4].

Множество этиологических и патогенетических факторов нарушений метаболизма, приводящих к камнеобразованию в мочевыводящих органах, требуют от врача при консультировании таких пациентов компетенции в различных областях медицины. Наиболее перспективно с точки зрения организации процесса консультирования пациентов с МКБ создание ЭС.

Нами разработана и апробирована экспертная лечебно-диагностическая система консультирования пациентов с МКБ – “iwsДоктор”. При постановке задач основное внимание уделялось созданию дру-

жественного интерфейса (диалога) между ЭС и пользователем, который не является специалистом в области вычислительной техники. Разработка программного обеспечения заключается в реализации правил работы ЭС в виде программного продукта. Данные ЭС реализуются с использованием базы данных MySQL, программная часть: Visual Basic, Visual C++. Системные требования: процессор Pentium; 64 Mb Ram; CD-ROM 8x; разрешение 1024x768; Microsoft Windows 2000/NT/XP; необходимый объем свободного места на диске – 25 Mb.

После регистрации врача в системе возможен доступ к базе данных по двум категориям: врач-лаборант (рис. 1), которому доступна лабораторная форма пациента с возможностью внесения в нее правок и изменений, а при повторном визите – создание нового отчета; лечащий врач (рис. 2), которому доступны отчеты по лабораторному исследованию (но без возможности внесения в них изменений) и редактируемая форма консультативного заключения.

Список диагнозов приведен в соответствие с Международной статистической классификацией болезней и проблем, связанных со здоровьем (10-й пересмотр) [5]:

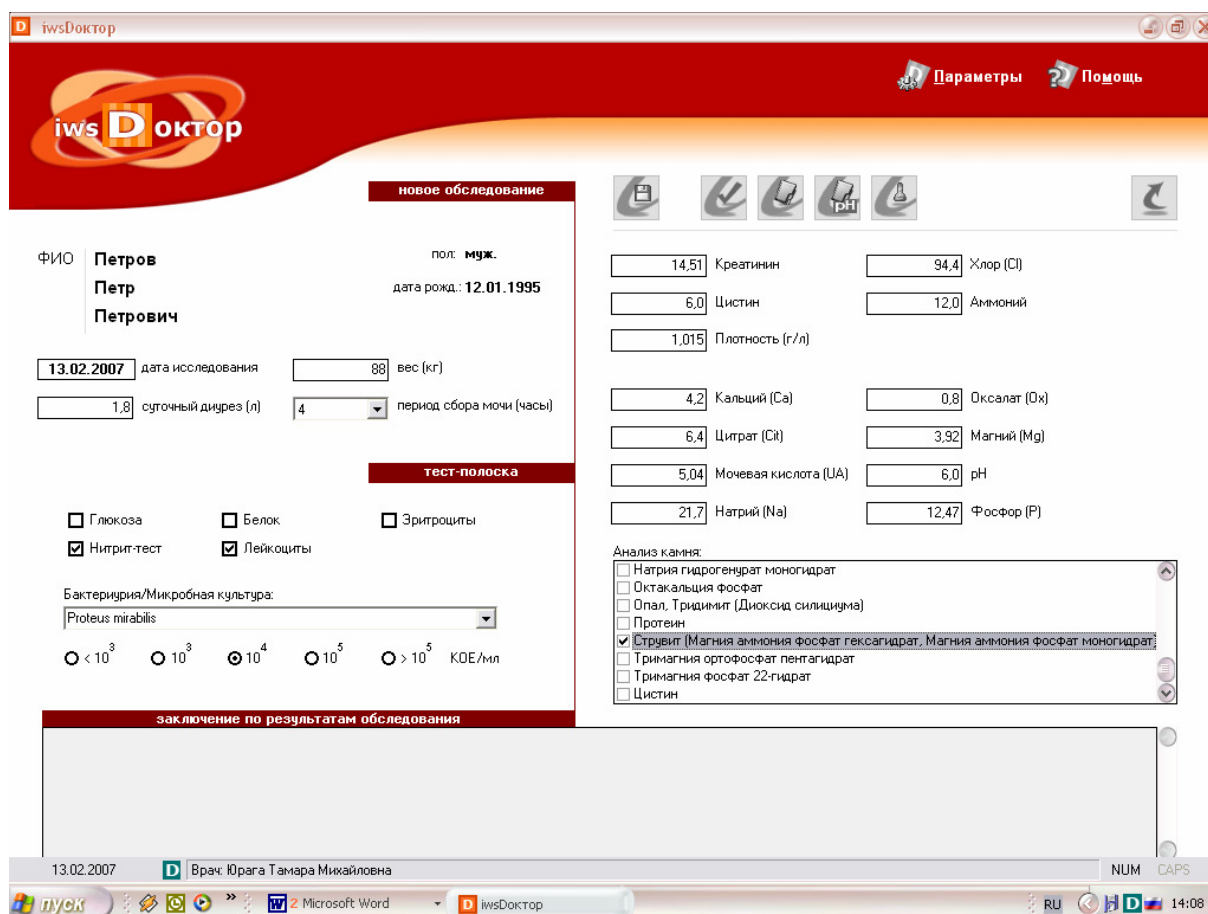


Рис. 1. Диалоговое окно врача-лаборанта

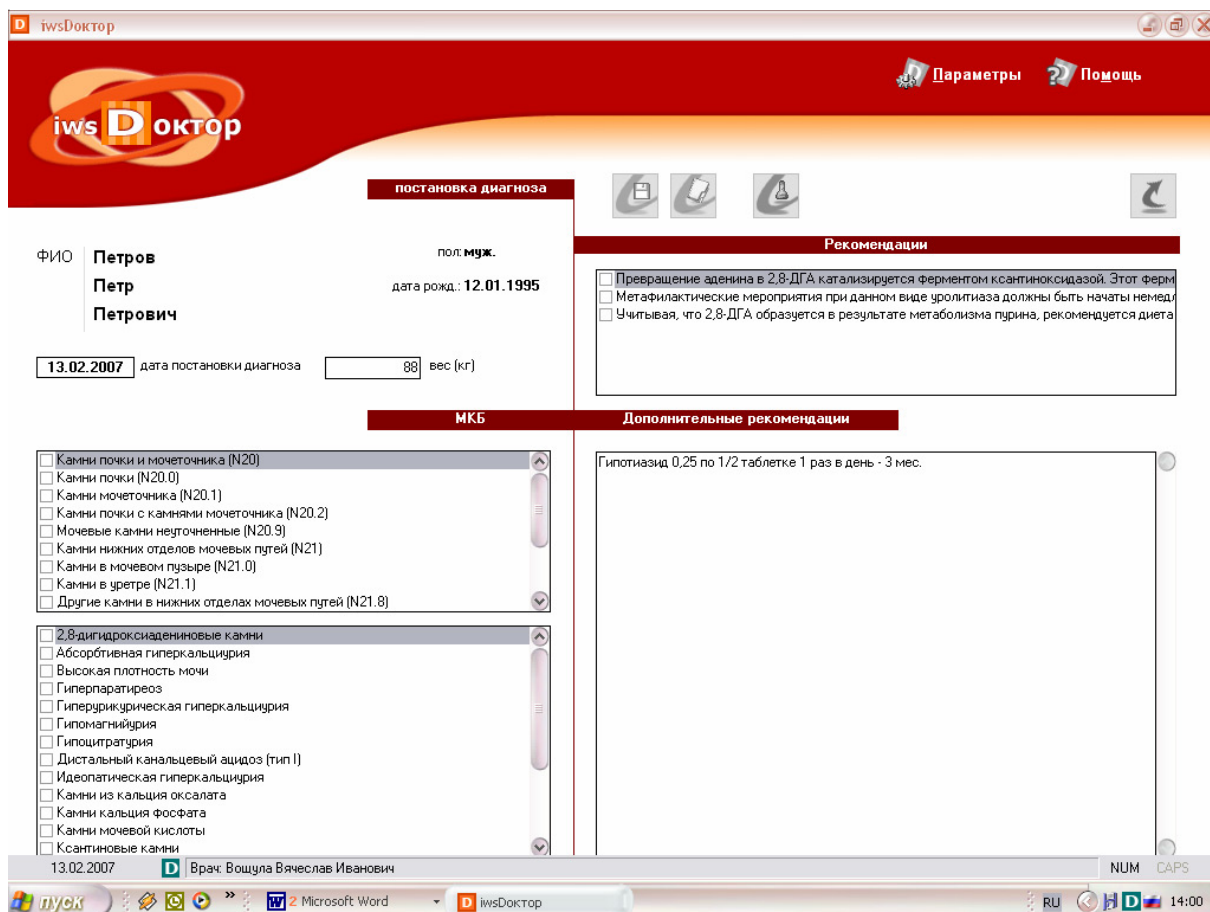


Рис. 2. Диалоговое окно врача-уролога

Таблица 1

Результаты исследования абсолютных и относительных биохимических показателей в утренней пробе мочи здоровых людей

| Мужчины                | Возраст | Плотность<br>>1,015 | Ox<br>M>0,6           | Ox/Crea<br>M>0,048           | Ca<br>M>6,1  | Ca/Crea<br>M>0,55           | Mg<br>M<0,78           | Mg/Crea<br>M<0,06           | P<br>M>38,24            | P/Crea<br>M>4,02           | UA<br>M>6,69           | UA/Crea<br>M>0,51           |                 |
|------------------------|---------|---------------------|-----------------------|------------------------------|--------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------|
| Средние значения       | 46,03   | 1,019               | 0,279                 | 0,027                        | 2,920        | 0,287                       | 3,089                  | 0,302                       | 19,942                  | 2,053                      | 3,004                  | 0,287                       |                 |
| Стандартное отклонение | 15,28   | 0,007               | 0,159                 | 0,010                        | 1,565        | 0,116                       | 1,889                  | 0,128                       | 9,201                   | 0,886                      | 1,794                  | 0,102                       |                 |
| Стандартная ошибка     | 2,01    | 0,001               | 0,02                  | 0,00                         | 0,21         | 0,02                        | 0,25                   | 0,02                        | 1,21                    | 0,12                       | 0,24                   | 0,01                        |                 |
|                        |         | <b>Crea</b>         | <b>K</b>              | <b>K/Crea</b>                | <b>Na</b>    | <b>Na/Crea</b>              | <b>Cl</b>              | <b>Cl/Crea</b>              | <b>Ca/Mg</b>            | <b>Ox/Mg</b>               | <b>K/Na</b>            | <b>Cit</b>                  | <b>Cit/Crea</b> |
| Средние значения       | 10,87   | 53,55               | 6,06                  | 151,83                       | 17,60        | 123,86                      | 14,53                  | 1,08                        | 0,11                    | 2,84                       | 2,20                   | 0,24                        |                 |
| Стандартное отклонение | 5,827   | 28,682              | 4,097                 | 64,743                       | 10,163       | 43,802                      | 8,673                  | 0,673                       | 0,072                   | 10,507                     | 2,422                  | 0,234                       |                 |
| Стандартная ошибка     | 0,77    | 3,77                | 0,54                  | 8,50                         | 1,33         | 5,75                        | 1,14                   | 0,09                        | 0,01                    | 1,38                       | 0,32                   | 0,03                        |                 |
| Женщины                | Возраст | Плотность<br>>1,015 | Ox<br>Ж>0,72          | Ox/Crea<br>Ж>0,04            | Ca<br>Ж>6,27 | Ca/Crea<br>Ж>0,50           | Mg<br>Ж<0,64           | Mg/Crea<br>Ж<0,12           | P<br>Ж>47,29            | P/Crea<br>Ж>3,49           | UA<br>Ж>7,02           | UA/Crea<br>Ж>0,47           |                 |
| Средние значения       | 40,75   | 1,017               | 0,315                 | 0,028                        | 3,104        | 0,285                       | 3,346                  | 0,290                       | 22,893                  | 1,990                      | 3,242                  | 0,273                       |                 |
| Стандартное отклонение | 12,96   | 0,007               | 0,180                 | 0,011                        | 1,322        | 0,100                       | 1,697                  | 0,107                       | 11,223                  | 0,784                      | 1,652                  | 0,093                       |                 |
| Стандартная ошибка     | 1,62    | 0,001               | 0,02                  | 0,00                         | 0,17         | 0,01                        | 0,21                   | 0,01                        | 1,40                    | 0,10                       | 0,21                   | 0,01                        |                 |
|                        |         | <b>Crea</b>         | <b>K</b>              | <b>K/Crea</b>                | <b>Na</b>    | <b>Na/Crea</b>              | <b>Cl</b>              | <b>Cl/Crea</b>              | <b>Ca/Mg</b>            | <b>Ox/Mg</b>               | <b>K/Na</b>            | <b>Cit</b>                  | <b>Cit/Crea</b> |
| Средние значения       | 12,02   | 60,92               | 6,13                  | 175,33                       | 18,61        | 127,84                      | 13,12                  | 1,11                        | 0,11                    | 1,45                       | 3,48                   | 0,37                        |                 |
| Стандартное отклонение | 5,679   | 28,748              | 4,056                 | 73,927                       | 13,290       | 53,356                      | 7,771                  | 0,575                       | 0,068                   | 6,079                      | 2,681                  | 0,340                       |                 |
| Стандартная ошибка     | 0,71    | 3,59                | 0,51                  | 9,24                         | 1,66         | 6,67                        | 0,97                   | 0,07                        | 0,01                    | 0,76                       | 0,34                   | 0,04                        |                 |
| ИТОГО                  | Возраст | Плотность<br>>1,015 | Ox<br>M>0,6<br>Ж>0,72 | Ox/Crea<br>M>0,048<br>Ж>0,04 | Ca<br>M>6,1  | Ca/Crea<br>M>0,55<br>Ж>0,50 | Mg<br>M<0,78<br>Ж<0,64 | Mg/Crea<br>M<0,06<br>Ж<0,12 | P<br>M>38,24<br>Ж>47,29 | P/Crea<br>M>4,02<br>Ж>3,49 | UA<br>M>6,69<br>Ж>7,02 | UA/Crea<br>M>0,51<br>Ж>0,47 |                 |
| Средние значения       | 43,26   | 1,02                | 0,30                  | 0,03                         | 3,02         | 0,29                        | 3,22                   | 0,30                        | 21,49                   | 2,02                       | 3,13                   | 0,28                        |                 |
| Стандартное отклонение | 14,296  | 0,007               | 0,171                 | 0,011                        | 1,439        | 0,108                       | 1,788                  | 0,117                       | 10,376                  | 0,831                      | 1,718                  | 0,098                       |                 |
| Стандартная ошибка     | 1,29    | 0,001               | 0,015                 | 0,001                        | 0,130        | 0,010                       | 0,162                  | 0,011                       | 0,939                   | 0,075                      | 0,156                  | 0,009                       |                 |
|                        |         | <b>Crea</b>         | <b>K</b>              | <b>K/Crea</b>                | <b>Na</b>    | <b>Na/Crea</b>              | <b>Cl</b>              | <b>Cl/Crea</b>              | <b>Ca/Mg</b>            | <b>Ox/Mg</b>               | <b>K/Na</b>            | <b>Cit</b>                  | <b>Cit/Crea</b> |
| Средние значения       | 11,48   | 57,42               | 6,10                  | 174,14                       | 19,10        | 125,95                      | 13,79                  | 1,10                        | 0,11                    | 0,36                       | 2,87                   | 0,30                        |                 |
| Стандартное отклонение | 5,755   | 28,835              | 4,059                 | 60,334                       | 11,267       | 48,888                      | 8,208                  | 0,621                       | 0,070                   | 0,199                      | 2,630                  | 0,300                       |                 |
| Стандартная ошибка     | 0,52    | 2,61                | 0,37                  | 5,46                         | 1,02         | 4,43                        | 0,74                   | 0,06                        | 0,01                    | 0,02                       | 0,24                   | 0,03                        |                 |

МОЧЕКАМЕННАЯ БОЛЕЗНЬ (N20–N23)

- N20 Камни почки и мочеточника
- N20.0 Камни почки
- N20.1 Камни мочеточника
- N20.2 Камни почки с камнями мочеточника
- N20.9 Мочевые камни неуточненные
- N21 Камни нижних отделов мочевых путей
- N21.0 Камни в мочевом пузыре
- N21.1 Камни в уретре
- N21.8 Другие камни в нижних отделах мочевых путей
- N21.9 Другие камни в нижних отделах мочевых путей неуточненные
- N22\* Камни мочевых путей при болезнях, классифицированных в других рубриках
- N22.0\* Мочевые камни при шистосомозе
- N22.8\* Камни мочевых путей при других заболеваниях, классифицированных в других рубриках
- N23 Почечная колика неуточненная

Входными величинами ЭС, под которыми понимается совокупность медицинских показателей, достаточных для проведения достоверной экспертной оценки состояния пациента по заданным направлениям, явились антропометрические данные пациента и результаты общего анализа мочи, биохимиче-

ского исследования мочи, результаты анализа камня. Введенные в систему результаты сравниваются с референтными данными, полученными при обследовании здоровых лиц (табл. 1) [6].

Расчет химических индексов активности литогенных субстанций и определение степени риска повышенной кристаллизации выполняется по формулам 1–7, приведенным в работе [7]:

Для оксалата кальция:

$$AP[CaOx]index = \frac{A \cdot Ca^{0,84} \cdot Ox}{Cit^{0,22} \cdot Mg^{0,12} \cdot V^{1,03}}, \quad (1)$$

где  $A$  – фактор, зависящий от времени сбора мочи (табл. 2)

Для кальция фосфата:

$$AP[CaP]index = \frac{B \cdot Ca^{1,07} \cdot P^{0,70} \cdot (pH - 4,5)^{6,8}}{Cit^{0,20} \cdot V^{1,31}}, \quad (2)$$

где  $B$  – фактор, зависящий от времени сбора мочи (табл. 3)

Для мочевой кислоты:

$$AP_{H_2U} = \frac{C_{UA} \cdot 10^{-pH} \cdot 0,53}{(1 + 1,63 \cdot 10^5 \cdot 10^{-pH})} \quad (3)$$

Для урата натрия:

$$AP_{NaHU} = \frac{C_{UA} \cdot C_{Na} \cdot 0,53}{(1 + 1,63 \cdot 10^5 \cdot 10^{-pH})} \quad (4)$$

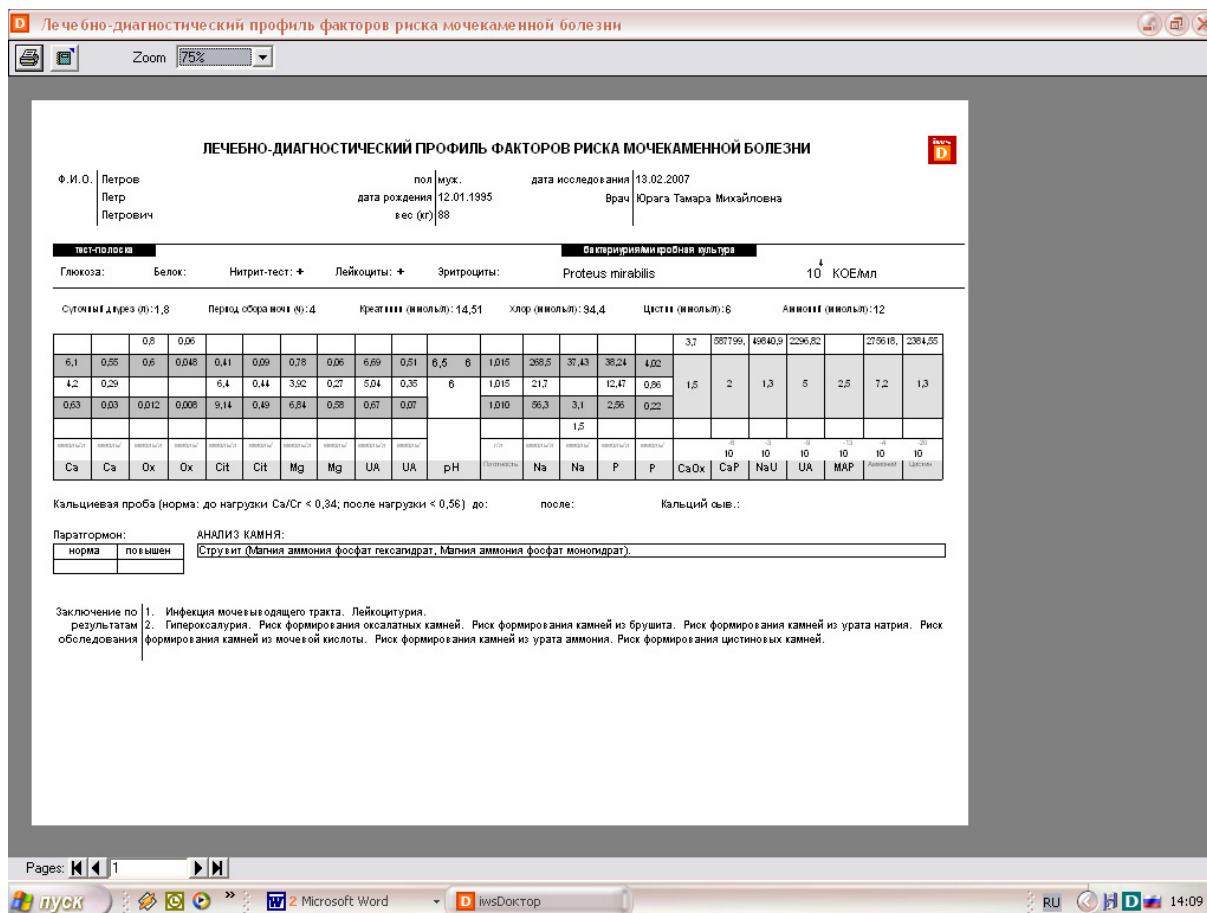


Рис. 3. Диалоговое окно отчета по лабораторному заключению

Для урата аммония:

$$AP_{NH_4HU} = \frac{C_{UA} \cdot C_{Ammonium} \cdot 0,53}{(1 + 1,63 \cdot 10^5 \cdot 10^{-pH})} \quad (5)$$

Для цистина:

$$AP_{Cystine} = \frac{(10^{-pH})^2 \cdot C_{Cystine} \cdot 0,155}{[1 + (0,39 \cdot 10^{10} \cdot 10^{-pH}) + ((10^{-pH})^2 \cdot 3,51 \cdot 10^{16})]} \quad (6)$$

Для инфекционного (струвитного) уролитиаза:

$$AP(MAP) - index = \frac{D \cdot Mg^{1,06} \cdot NH_4^{0,98} \cdot PO_4^{0,71} \cdot (pH - 4,5)^{6,3}}{V^{2,3}} \quad (7)$$

где  $D$  – фактор, зависящий от времени сбора мочи (табл. 4)

Таблица 2

### Значения фактора A

|          | Период сбора мочи (ч) |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | 2                     | 4   | 6   | 8   | 12  | 16  | 18  | 20  | 24  |
| Фактор A | 6.3                   | 4.5 | 3.7 | 3.2 | 2.7 | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 |

Таблица 3

### Значения фактора B

|                        | Период сбора мочи (ч) |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                        | 2                     | 4   | 6   | 8   | 12  | 16  | 18  | 20  | 24  |
| фактор B ( $10^{-3}$ ) | 5.1                   | 4.3 | 3.9 | 3.6 | 3.2 | 3.0 | 2.9 | 2.8 | 2.7 |

Таблица 4

### Значения фактора D

|                        | Период сбора мочи (ч) |     |
|------------------------|-----------------------|-----|
|                        | 8                     | 24  |
| Фактор D ( $10^{-4}$ ) | 5.64                  | 3.8 |

**Постановка диагноза**

**CONSULTATIVНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ЛАБОРАТОРНОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ ОТ 29.11.2006**

Ф.И.О. | Самохин Семен Семенович | пол | муж. | дата рождения | 12.11.1987 | вес (кг) | 88 | дата диагноза | 29.11.2006 | Врач | Вощуля Вячеслав Иванович

**ДИАГНОЗ:**  
МКБ: Камни почки (N20.0).  
Высокая плотность мочи. Гипоциструрия. Камни из кальция оксалата.

**РЕКОМЕНДАЦИИ:**

- 1) Пиридоксин (витамины B6) в дозе 100 - 300 мг/день по крайней мере в течение года (при регулярном контроле щавелевой кислоты в моче).
- 2) Щелочной цитрат под контролем pH мочи.
- 3) Употребление кальция должно быть на достаточном уровне (у детей 600 - 1000 мг/сут.). Высокие концентрации кальция в кишечнике способствуют связыванию оксалата и уменьшению его интестинальной гиперборбции.
- 4) Назначение магне. Магний формирует растворимые комплексы с оксалатом и является терапевтической альтернативой цитратным смесям. Магневая соль аспаргиновой кислоты ("Панангин", "Аспаркам") по 1 таблетке 1 - 2 раза в сутки в течение 2,5 - 3 месяцев каждые полгода. Для детей: 6 мг (0,25 ммоль/кг веса тела в день).
- 5) Пациенты с Са-оксалатными камнями должны употреблять хорошо сбалансированное питание, в котором продукты из различных групп включены в общую диету. Получение кальция извне обеспечивается употреблением молока и молочных продуктов, которые являются наиболее важными продуктами питания, содержащими кальций. У пациентов с повышенным уровнем щавелевой кислоты следует ограничивать продукты, богатые оксалатом. Содержание оксалата в некоторых продуктах.

Среднее содержание щавелевой кислоты (100 г продукта)

|               |               |
|---------------|---------------|
| Какао         | 625 мг        |
| Орехи         | 200 - 600 мг  |
| Чайные листья | 375 - 1460 мг |
| Шпинат        | 570 мг        |
| Петрушка      | 530 мг        |

Рекомендуются следующие продукты:  
- мясо, птица, рыба в умеренном количестве, лучше - в отварном виде, в т.ч. вареные колбасы (молочные, диетические), сосиски, яйца в любой обработке, салаты из отварного мяса и рыбы;  
- молоко, кефир, творог, сметана (за исключением ситуаций с повышением уровня кальция в моче, при высоком pH мочи, при обострении пиелонефрита);  
- жиры: сливочные и растительные масла, несоленое свиное сало;

Рис. 4. Диалоговое окно консультативного заключения врача-уролога

Для удобства пользователя результаты химических индексов активности литогенных субстанций представлены в логарифмической шкале.

Выходные параметры ЭС “iwsДоктор” – лабораторное заключение “Лечебно-диагностический профиль факторов риска мочекаменной болезни” (рис. 3) и “Консультативное заключение по лабораторному исследованию” (рис. 4), сделанные на основе анализа и обработки всей совокупности входных величин.

Использование программного обеспечения (ПО) дает возможность достичь полного и комплексного анализа результатов изучаемых показателей у больных с МКБ. Данное ПО позволяет наглядно продемонстрировать врачу результаты всех необходимых показателей для оценки отклонений от нормативных значений (как в сторону их увеличения, так и в сторону уменьшения) и подготовки заключения, а также снижает риск недооценки важных результатов анализов и исследований.

Тестирование экспертной системы производилось на результатах обследования больных МКБ на базе ЦНИЛ БелМАПО. В ходе работы проведено три обновления программы (версии 1.0; 1.5 и 1.6), заполнена база данных, апробированы правила экспертного ввода и вывода на результатах обследования 318 человек. Достоверный прогноз оценки результатов анализируемых параметров составил 98%. Это позволяет сделать вывод о высокой эффективности ЭС и важности каждого входящего в нее фактора.

Использование данной ЭС, разработанной на основе дифференцированного подхода к различным видам камнеобразования в мочевыводящей системе, способствует грамотной оценке факторов для постановки диагноза для всех форм МКБ, включая сложные и сочетанные формы. Это позволяет врачу диагностировать и производить выбор лечебной тактики, основываясь не только на опыте и интуиции, но и на полной оценке всех объективных данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гройсман, В.А. Совершенствование организации, улучшение качества медицинской помощи при мочекаменной болезни в ходе внедрения современных медицинских и информационных технологий / В.А.Гройсман, А.С. Гурьянов // Актуальные проблемы реформирования здравоохранения. – 2003. – №1. – С.117–122.
2. Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2002. – №91, 1/3939.
3. Здравоохранение в Республике Беларусь: Офиц. стат. сборник за 2005 г. – Минск: ГУ РНМБ, 2006. – 276 с.
4. Gambaro, G. Nephrolithiasis: why doesn't our “learning” progress? / G.Gambaro, J.M.Reis-Santos, N.Rao // Eur. Urol. – 2004. – Vol.45, No.5 – P.547–556.
5. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. Десятый пересмотр (МКБ-10): краткий вариант. – Минск: ООО “Асар”, 2001. – 400 с.
6. Рыбина И.Л., Зубовская Е.Т., Воцула В.И. Применение оценочных шкал биохимических показателей литогенных субстанций мочи референтной группы при обследовании пациентов с уролитиазом // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Современные проблемы урогинекологии» и 8-го белорусско-польского симпозиума урологов // Рецепт. – 2005. – прил. – С.120.
7. Tiselius, H.-G. Solution chemistry of supersaturation / H.-G.Tiselius // Kidney stones: medical and surgical management / (Eds. F.L.Coe [et al.]. – Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1996. – P.33–64.

Поступила 03.09.2007 г.