

Шашков Андрей Викторович

**Математические модели для решения задач
прогнозирования, дифференциальной диагностики и
рациональной сочетанной терапии при эректильной
дисфункции у больных сахарным диабетом**

Специальность 03.01.09 - Математическая биология, биоинформатика
(медицинские науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Курск – 2012

Работа выполнена в Юго-Западном государственном университете на кафедре биомедицинской инженерии

Научный руководитель

доктор медицинских наук
Серегин Станислав Петрович

Официальные оппоненты:

Иванов Виктор Афанасьевич
доктор медицинских наук, профессор,
Курский государственный университет,
заведующий кафедрой медицины и
логопедии

Шабалин Алексей Романович
доктор медицинских наук, профессор,
Белгородский областной кожно-
венерологический диспансер,
главный врач

Ведущая организация

Государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования Курский государственный
медицинский университет
Минздравсоцразвития, г. Курск

Защита диссертации состоится «02» ноября 2012 года в 16:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.105.08 при Юго-Западном государственном университете по адресу: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94 (конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Юго-Западного государственного университета.

Автореферат разослан «01» октября 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.105.08
д.м.н., профессор



Снопков Владимир Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В структуре сексуальных расстройств эректильная дисфункция (ЭД) занимает ведущее место как по частоте возникновения, так и по социальной значимости.

По данным J.B. Mc.Kinlay в мире сейчас более 150 млн. мужчин неспособны к достижению или сохранению эрекции, достаточной для проведения полового акта. В структуре половых нарушений на долю сахарного диабета (СД) приходится более 40% случаев (Feldman H.A.). У больных сахарным диабетом эректильная дисфункция встречается в 50-75% случаев и развивается на 10-15 лет раньше, чем в общей популяции. Распространенность ЭД у мужчин, страдающих СД, растет с возрастом. Очень часто у больных сахарным диабетом эректильная дисфункция сочетается с хроническим простатитом, и первое обращение у больных с хроническим простатитом к врачу обусловлено эректильной дисфункцией. Диапазон направлений и средств диагностики и лечебного воздействия при ЭД у больных СД достаточно велик, что затрудняет выбор врача при лечении больных этой категории. Практически не используется доклиническая диагностика ЭД в сочетании с хроническим простатитом у больных СД, неопределенно место рефлексодиагностики при ЭД в сочетании с хроническим простатитом.

В патогенезе эректильной дисфункции ведущая роль отводится нарушению микроциркуляции и ишемизации ткани полового члена у больных сахарным диабетом, что приводит к изменению процессов свободно-радикального окисления и сопутствующему нарушению систем антиоксидантной защиты. При эректильной дисфункции, особенно в сочетании с хроническим простатитом, у больных сахарным диабетом процессы перекисного окисления липидов и антиоксидантной активности изучены недостаточно полно.

Многочисленные исследования в области совершенствования прогнозирования, диагностики, профилактики и лечения различных заболеваний, включая исследуемую патологию, показывают, что наилучших результатов удастся достичь при использовании адекватных математических методов с привлечением современных информационных и интеллектуальных технологий, позволяющих поднять на новый качественный уровень решение задач диагностики и лечения эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом.

Таким образом, актуальность данного исследования заключается в необходимости совершенствования качества прогнозирования, диагностики и лечения эректильной дисфункции в сочетании с хроническим простатитом у больных сахарным диабетом с использованием для этой цели современных математических методов и информационных технологий.

Цель диссертационного исследования: Разработка математических моделей и интеллектуальной системы анализа прогнозирования развития, дифференциальной диагностики и рациональной терапии пациентов с

эректильной дисфункцией и хроническим простатитом у больных сахарным диабетом, обеспечивающих повышение качества оказания медицинской помощи и качества жизни этой категории больных.

Необходимость достижения указанной цели предопределила частные задачи диссертационного исследования:

- проанализировать современные методы диагностики и лечения эректильной дисфункции, выбрать адекватный математический аппарат исследования и обосновать использование современных информационных и интеллектуальных технологий для решения выбранного класса задач;
- обосновать классификацию типов эректильной дисфункции и сформировать систему информативных признаков, обеспечивающих повышение качества принятия решений по прогнозированию и дифференциальной диагностике исследуемой категории больных;
- разработать математические модели принятия решений по прогнозированию и дифференциальной диагностике состояния больных сахарным диабетом с эректильной дисфункцией;
- предложить математическую модель выбора рациональных схем лечения на основе метода комбинированной терапии больных сахарным диабетом в сочетании с эректильной дисфункцией;
- разработать информационное и алгоритмическое обеспечение интеллектуальной системы врача-уролога, поддерживающей решение задач прогнозирования, дифференциальной диагностики и рациональной терапии больных, страдающих сахарным диабетом с эректильной дисфункцией и хроническим простатитом, обеспечивающих повышение качества оказания медицинской помощи и качества жизни этой категории больных;
- проанализировать эффективность применения предложенных методов и средств в клинических условиях с использованием аппарата математической статистики и теории распознавания образов, дать клинко-биохимическую оценку использования биоуправляемой магнитотерапии и α -липоевой кислоты при эректильной дисфункции в сочетании с хроническим простатитом у больных сахарным диабетом и разработать рекомендации по их практическому применению.

Область исследования. Диссертационная работа выполнена в соответствии с паспортом научной специальности 03.01.09. – математическая биология, биоинформатика (медицинские науки):

- п.8. Математические модели, численные методы и программные средства применительно к процессам получения, накопления, обработки и систематизации биологических и медицинских данных и знаний.
- п. 10. Интеллектуальные системы анализа и прогнозирования свойств биологических объектов на основе специализированных баз и банков данных и знаний (в т.ч. полнотекстовых).
- п.12. Решение задач медицинской диагностики, прогнозирования исходов заболеваний, оценки эффективности медицинских вмешательств и технологий с помощью математического аппарата и вычислительных

алгоритмов.

Методы исследования. Для решения поставленных задач использовались методы теории биотехнических систем медицинского назначения, системного анализа, математического моделирования, основные положения теории вероятности, математической статистики и нечеткой логики принятия решения, основы физиологии и рефлексологии, методы экспертного оценивания, клинико-лабораторные исследования.

Научная новизна исследования заключается в разработке комбинированных математических моделей, направленных на формирование и развитие интеллектуальных систем поддержки принятия решений по эффективной организации лечебно-диагностического процесса при эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом, отличающихся применением методов нечеткой логики принятия решений и использованием современных информационно - аналитических технологий.

Научная новизна результатов работы и основные положения, выносимые на защиту:

- способ классификации типов эректильной дисфункции и система информативных признаков, отличающиеся учетом сочетания эректильной дисфункции и хронического простатита у больных сахарным диабетом, что позволяет улучшить качество принимаемых решений о состоянии этой категории пациентов;

- математические модели принятия решений по прогнозированию и дифференциальной диагностике состояния больных сахарным диабетом с эректильной дисфункцией, отличающиеся комбинированным использованием функций принадлежности к исследуемым классам состояний в сочетании с итерационными правилами нечеткого вывода и позволяющие обеспечивать высокую степень уверенности в принимаемых решениях в условиях неполного и нечеткого представления исходных данных;

- математические модели выбора рациональной терапии больных сахарным диабетом в сочетании с эректильной дисфункцией, отличающиеся тем, что схема лечения выбирается с использованием правил нечеткого вывода, а процесс терапии осуществляется по результатам анализа разработанных прогностических и диагностических математических моделей с применением сочетанного воздействия биоуправляемым магнитным полем и хаотически меняющейся частотой, α -липоевой кислотой (Берлитион), лазерной рефлексотерапией диагностически значимых биологически активных точек, что позволяет при невысоких экономических затратах обеспечить его высокую лечебную эффективность;

- информационно – алгоритмическое обеспечение интеллектуальной системы врача – уролога, поддерживающей решение задач прогнозирования, дифференциальной диагностики и рациональной терапии больных, страдающих сахарным диабетом с эректильной дисфункцией и позволяющее учитывать индивидуальные особенности организма человека и формировать научно обоснованные схемы рационального ведения пациентов с

исследуемым классом заболеваний.

Практическая значимость и результаты внедрения работы.

Разработанные математические модели и алгоритмы составили основу построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача уролога, использование которой в медицинской практике позволяет:

1. Повысить качество прогнозирования и дифференциальной диагностики типов эректильной дисфункции в сочетании с хроническим простатитом за счет использования комбинированных нечетких математических моделей.

2. Повысить эффективность лечебных процедур и сократить сроки лечения без существенного повышения технико-экономических затрат за счет использования комбинированных методов терапии и интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача уролога с нечеткой базой знаний.

Предложенные в работе методы и средства внедрены в учебный процесс кафедры биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета при подготовке специалистов по направлению «Биомедицинская инженерия», используются в клинической практике Муниципального учреждения здравоохранения городской клинической больницы скорой медицинской помощи г. Курска и МСЧ МВД России по Курской области. Экономическая и социальная значимость состоит в улучшении сексуальной активности, сокращении сроков диагностики и лечения, улучшении качества жизни больных эректильной дисфункцией при сахарном диабете.

Апробация. Основные результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на XII международной научно-технической конференции «Медико–экологические информационные технологии-2009» (Курск, 2009г.), на X международном конгрессе «Инновационные технологии в биологии и медицине» (Москва, 2009г.), V всероссийской научно-технической конференции «Информационные и управленческие технологии в медицине и экологии» (Пенза, 2011г.), III международной молодежной научной конференции «Молодежь и XXI век» (Курск, 2011г.), международной научно-технической конференции «Интегративные процессы в науке -2011» (Москва, 2011 г.), XIV международной научно-технической конференции «Медико–экологические информационные технологии-2011» (Курск, 2011г.) и на научно-технических семинарах кафедры биомедицинской инженерии ЮЗГУ.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах и изданиях.

Личный вклад автора. В работах, опубликованных в соавторстве и приведенных в конце автореферата, лично соискателем предложены в [1,2,4,8,9,10,11] - метод синтеза и система нечетких правил для прогнозирования, диагностики и лечения эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом и метод выбора информативных биологически

активных точек в задачах прогнозирования и диагностики эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом, в [5] – проведена комплексная оценка причин эректильной дисфункции, в [6,7] – предложены медикаментозные и физиотерапевтические методы лечения больных с эректильной дисфункцией.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, изложена на 148 страницах машинописного текста, иллюстрирована 35 рисунками, 13 таблицами, содержит список литературы из 213 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении к диссертации обосновывается актуальность темы, определяются цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы. Кратко излагается содержание глав диссертации.

В первой главе рассматриваются современные представления о физиологии эрекции, об этиологии и патогенезе, диагностике и лечении эректильной дисфункции. Оценена роль перекисного окисления липидов в патогенезе эректильной дисфункции (ЭД). Показывается, что значительное повышение эффективности работы врачей-урологов достигается при использовании современных математических методов и информационных технологий. В заключении главы определяются цели и задачи исследования.

Во второй главе определяются объект, методы и средства исследования, изучается клиническая картина исследуемых заболеваний, определяются информативные биологически активные точки, связанные с заболеваниями эректильная дисфункция и хронический простатит (ХП). Формируется комбинированное пространство информативных признаков, синтезируются решающие правила для прогнозирования и диагностики эректильной дисфункции в сочетании с хроническим простатитом у больных сахарным диабетом (СД).

В соответствии с поставленными в работе целью и задачами объектом исследования являются больные сахарным диабетом, условия жизни и поведенческие реакции которых создают риск возникновения ЭД (всего 150 человек). В качестве контрольной группы были отобраны пациенты урологических отделений МУЗ ГБ СМП, страдающие другими урологическими заболеваниями в количестве 250 человек. На основании проведенных клинических исследований делается вывод о том, что для исследуемых классов состояний решение необходимо принимать в условиях неполного описания объекта исследования и выбранные для прогнозирования и диагностики информативные признаки носят нечеткий характер и измеряются в различных модальностях, а классы не имеют четко выраженных границ. В этих условиях основным математическим аппаратом выбирается теория нечеткой логики принятия решений, адаптированная для решения задач прогнозирования и медицинской диагностики.

Синтез нечетких решающих правил осуществляется в соответствии с

методом, разработанным и апробированным на кафедре биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета.

В соответствии с этим методом в качестве элементов нечетких решающих правил используют функции принадлежности $\mu_{\omega_\ell}(x_i)$ к исследуемым классам состояний ω_ℓ с базовыми переменными, определяемыми по координатам информативных признаков x_i , а агрегация функций принадлежности в «многомерные» решающие правила осуществляется с помощью операций логического и (или) алгебраического умножения и (или) сложения, а также с использованием продукционных правил и модифицированных «накопительных» правил Е. Шортлифа вида:

$$KY_{\omega_\ell}(j+1) = KY_{\omega_\ell}(j) + \mu_{\omega_\ell}(x_i)[1 - KY_{\omega_\ell}(j)]; \quad (1)$$

$$KY_{\omega_\ell}(j+1) = KY_{\omega_\ell}(j) + KY_{\omega_\ell}^*(j)[1 - KY_{\omega_\ell}(j)]; \quad (2)$$

где $KY_{\omega_\ell}(j)$ - коэффициент уверенности в гипотезе ω_ℓ на j -ом шаге итерации; j - номер итерации при расчете общих и финальных коэффициентов уверенности в ω_ℓ ; $\mu_{\omega_\ell}(x_i)$ - функция принадлежности к гипотезе (классу, диагнозу) ω_ℓ по информативному признаку (фактору) x_i ; $KY_{\omega_\ell}^*(j)$ - коэффициент уверенности, полученный на предыдущих этапах расчетов.

С целью повышения качества принятия решений по прогнозированию и диагностике исследуемых классов заболеваний с последующим формированием рекомендаций по выбору рациональных схем терапии этих болезней в работе предложен **способ классификации типов эректильной дисфункции и сформирована соответствующая система информативных признаков.**

В соответствии с этим способом на этапе прогнозирования выделяется два класса состояний. Класс ω_0 – риск заболевания или прогрессирования ЭД отсутствует и класс ω_1 – существует риск заболевания в течении ближайших 2 лет или существует риск обострения ЭД в течении 1 года.

Для диагностики выделены два классификационных блока: определение наличия эректильной дисфункции и наличия хронического простатита.

В соответствии с поставленной задачей для первого блока выделены классы: $\omega_{ЭД0}$ – эректильная дисфункция отсутствует; $\omega_{ЭД1}$ – эректильная дисфункция есть. Для второго блока выделены классы: $\omega_{хп0}$ – хронический простатит отсутствует; $\omega_{хп1}$ – хронический простатит есть.

Для выделенных классов состояний пациентов при участии высококвалифицированных экспертов была сформирована система информативных признаков x_i ($i=1, \dots, 59$), состоящая из следующих групп:

- социально-экономические факторы (группа признаков СЭВ x_1, \dots, x_4);
- производственные факторы (группа признаков РАБ x_5, \dots, x_{13});
- поведенческие факторы (группа признаков ПОВ x_{14}, \dots, x_{34});
- факторы питания (группа признаков ПИТ x_{35}, \dots, x_{40});

- медико-биологические факторы (группа признаков МБФ x_{41}, \dots, x_{55});
- электрическое сопротивление биологически активных точек (БАТ) (x_{56}, \dots, x_{59}).

При синтезе математических моделей для прогнозирования возникновения эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом были исследованы прогностические возможности биологически активных точек III30, VII31 и VIII12, «связанных» с наличием эректильной дисфункции и меняющих своё электрическое сопротивление до появления клинической симптоматики по исследуемому заболеванию. С учетом общих рекомендаций по синтезу нечетких решающих правил с использованием энергетической реакции БАТ на патологию различных органов и систем, разработанных на кафедре биомедицинской инженерии, в работе получена математическая модель прогнозирования ЭД вида:

ЕСЛИ $[(\delta R_1 \geq 10\%) \text{ И } (\delta R_2 \geq 10\%) \text{ И } (\delta R_3 \geq 10\%)]$ ИЛИ

$[(\delta R_1 \leq 50\%) \text{ И } (\delta R_2 \leq 50\%) \text{ И } (\delta R_3 \leq 50\%)]$ ТО

$[КУ_{\text{БАТ}}(i+1) = КУ_{\text{БАТ}}(i) + \mu_{\omega_1}(\delta R_{i+1}) \cdot [1 - КУ_{\text{БАТ}}(i)]]$ ИНАЧЕ $[КУ_{\text{БАТ}}=0]$, (3)

где $КУ_{\text{БАТ}}(i)$ – коэффициент уверенности по прогнозу возникновения ЭД, определяемый по величине измерения электрического сопротивления диагностически значимых точек ДЗТ на i -ом шаге итерации; $КУ_{\text{БАТ}}(1) = \mu_{\omega_1}(\delta R_1)$; δR_1 – отклонение электрического сопротивления БАТ III30 от его номинального значения; δR_2 – для точки VII31; δR_3 – для точки VIII12; δR_4 – для точки XIV2, $\mu_{\omega_1}(\delta R_{i+1})$ – функции принадлежности к классу ω_1 с базовой переменной δR_{i+1} .

Графики и аналитические выражения соответствующих функций принадлежности получены экспертным путем с использованием метода Делфи.

Проведенные расчеты показали, что при всех максимальных значениях $\mu_{\omega_1}(\delta R_i)$ $КУ_{\text{БАТ}}$ достигает величины 0,4. Полученный коэффициент уверенности не достаточен для самостоятельного практического использования, что требует использования дополнительных информативных признаков из общего их списка, приведенного выше, с синтезом соответствующих частных и финальных решающих правил.

С учетом того, что выбранные группы признаков подобраны так, что их анализ позволяет увеличивать уверенности в прогнозировании появления эректильной дисфункции, соответствующие решающие правила для определения частных уверенностей $КУ_{\text{СЭВ}}$, $КУ_{\text{РАБ}}$, $КУ_{\text{ПИТ}}$ и $КУ_{\text{МБФ}}$ строятся с использованием выражения (1), в которых функции принадлежности синтезированы с использованием метода Делфи. Агрегация частных правил для получения более общих математических моделей осуществляется с использованием выражения (2), которое для конкретных коэффициентов уверенностей принимает вид:

$$КУ_{\text{РЭД}}(j+1) = КУ(j) + КУ^*(q)[1 - КУ(j)], \quad (4)$$

где $q=2, \dots, 5$; $КУ(1) = КУ_{\text{СЭВ}}$; $КУ^*(2) = КУ_{\text{РАБ}}$; $КУ^*(3) = КУ_{\text{ПОВ}}$; $КУ^*(4) =$

$KU_{\text{Пит}}; KU^*(5) = KU_{\text{МБФ}}$.

Общая уверенность в прогнозе заболевания эректильной дисфункцией по системе признаков x_1, \dots, x_{55} превышает величину 0,95, если у обследуемого присутствуют все факторы риска с максимальными значениями функций принадлежности. Для наиболее часто встречающихся факторов риска величина $KU_{\text{РЭД}}$ достигает уровня 0,83.

Общая уверенность в прогнозе возникновения или прогрессирования ЭД по всем группам факторов риска определяется выражением:

$$KU_{\text{ОРЭД}} = KU_{\text{РЭД}} + KU_{\text{БАТ}}(1 - KU_{\text{РЭД}}). \quad (5)$$

Результаты математического моделирования показали, что для предельного варианта, когда у обследуемого значительно нарушена энергетика БАТ и при наличии всех факторов риска с максимальными значениями функций принадлежности, величина $KU_{\text{ОРЭД}}$ превышает значение 0,97. Для среднестатистического набора факторов риска с учетом энергетического состояния информативных БАТ величина $KU_{\text{ОРЭД}}$ находится на уровне 0,9, что вполне приемлемо для практического использования.

При разработке **математических моделей для дифференциальной диагностики состояния больных сахарным диабетом с эректильной дисфункцией** диагностические признаки формировались на основании схемы обследования предложенной Н.И. Тарасовым и В.Ф. Бавильским, из которого выбраны наиболее значимые для состояния «эректильная дисфункция» (класс $\omega_{\text{ЭД}}$): x_1 – длительность сахарного диабета, x_2 – суммарный бал степени выраженности эректильной дисфункции, x_3 – результаты теста на прием препарата виагра, x_4 – показатели перекисного окисления липидов, x_5 – ЛОД – проба, x_6 – реовазография и УЗДГ сосудов полового члена, x_7 – антиокислительная активность и уровень церулоплазмينا, x_8 – определение тактильной чувствительности, x_9 – исследование вибрационной чувствительности, x_{10} – определение болевой чувствительности, x_{11} – определение температурной чувствительности.

Математическая модель для определения уверенности в классе $\omega_{\text{ЭД}}$ имеет вид:

$$KU_{\text{ЭД}}(j+1) = KU_{\text{ЭД}}(j) + \mu_{\text{ЭД}}(x_i)[1 - KU_{\text{ЭД}}(j)] \quad (6)$$

Для среднестатистических значений признаков величина $KU_{\text{ЭД}} = 0,9$.

Учитывая, что в этиологии и патогенезе эректильной дисфункции и хронического простатита у больных сахарным диабетом много общего, при обследовании этой группы больных для выявления сочетания ЭД с хроническим простатитом провели обследование в соответствии с рекомендациями, разработанными на кафедре биомедицинской инженерии ЮЗГУ с получением математической модели типа (1) для расчета коэффициента уверенности в диагнозе $\omega_{\text{ХП}}$ – $KU_{\text{ХП}}$.

Общая уверенность в диагнозе хронический простатит – $KU_{\text{ХП}}$ по выделенной системе признаков при наличии у обследуемого всех признаков

с максимальными величинами функций принадлежности более 0,97. Для обследуемых, имеющих наиболее распространенные набор и значения признаков, величина $KU_{ХП}$ при ЭД у больных сахарным диабетом достигает значения 0,85.

Эта уверенность может быть увеличена, если в качестве дополнительной информации использовать энергетические характеристики БАТ, связанные с ЭД и ХП. На основании данных разведочного анализа и построенных графиков функций принадлежностей к классу диагноз ЭД в сочетании с хроническим простатитом у больных сахарным диабетом с базовыми переменными по отклонениям сопротивления точек III30, VII31, VIII12, XIV2 от их номинальных значений (δR_{XIV2} , δR_{III30} , δR_{VII31} и δR_{VIII12}), частная уверенность в диагнозе ЭД и ХП определяется в соответствии с выражением (3) и по этой группе признаков $KU_{БАТ}$ достигает величины 0,4.

Общая уверенность в диагнозе ЭД в сочетании с ХП по всем группам диагностических признаков определяется выражением:

$$KU_{ЭДХП} = KU_{ЭД} + KU_{ХП} + KU_{БАТ} - KU_{ЭД} \cdot KU_{ХП} - KU_{ЭД} \cdot KU_{БАТ} - KU_{ХП} \cdot KU_{БАТ} + KU_{ЭД} \cdot KU_{ХП} \cdot KU_{БАТ} \quad (7)$$

В ходе математического моделирования и экспертного оценивания было установлено, что для предельного варианта, когда у обследуемого значительно нарушена энергетика БАТ и при наличии всех факторов риска с максимальными значениями функций принадлежностей, величина $KU_{ЭДХП}$ превышает значение 0,97. Для среднестатистического набора диагностических факторов с учетом энергетического состояния информативных БАТ величина $KU_{ЭДХП}$ находится на уровне 0,9, что вполне приемлемо для практического использования.

В третьей главе разрабатывается информационное и алгоритмическое обеспечение интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача-уролога по прогнозированию, диагностике, профилактике и лечению эректильной дисфункции в сочетании с хроническим простатитом.

Одной из основных задач решаемых интеллектуальной системой поддержки принятия решений врача-уролога является выбор рациональных схем профилактики и лечения пациентов с исследуемой патологией с целью улучшения качества их жизни.

Для решения задач выбора рациональных схем профилактики и лечения выбранного класса заболеваний в качестве базовых моделей используются прогностические и диагностические модели, полученные во второй главе.

При построении математической модели решающей задачи выбора схем рациональной профилактики учитывалось что, энергетические характеристики БАТ могут изменять свои значения задолго до клинического проявления патологии, «выводимой» на эти точки. Это позволяет в качестве профилактического мероприятия проводить коррекцию энергетического разбаланса, используя следующую **модель корректирующих воздействий**.

1. При $\delta R^{nor1} > 10\%$ реализуется схема воздействия P1. Точки

воздействия: E27, E28, E29, R11, R12, R13, R14, III30, VII31, VIII12, XIN2. Количество проводимых сеансов 10 в течении 10 дней. Величина тока стимуляции 50-100мкА по 2 мин.на точку.

2. При $\delta R^{nop2} < -50\%$ реализуется схема воздействия P2. Дополнительно к P1 выбираются точки: VC2, VC3, VC4, V28, V31, V32, VV33, V34, K4. Количество проводимых сеансов 10-15 в течении 10-15 дней. Стимуляция проводится током отрицательной полярности напряжением 9В силой тока 50-100мкА по 1-2 мин.

При использовании традиционных в медицинской практике информативных признаков в зависимости от величин КУ_{эд}, КУ_{хп} и КУ_{эдхп} используется следующая **модель выбора лечебных процедур**.

Если устанавливается только диагноз эректильная дисфункция реализуется схема Э1, которая включает контроль гликемии, общеукрепляющее лечение, витаминотерапию, особенно витамин «Е», а также специфические медикаментозные и физиотерапевтические мероприятия: назначают Берлитион (альфа-липоевую кислоту по 600 мг внутривенно, капельно 1р. в сутки №6). После курса альфа-липоевой кислоты проводится биоуправляемая пенильная магнитотерапия хаотически изменяющимся магнитным полем от 1Гц до 2 кГц напряжения 15-20Э на курс 10-15 пенильных процедур на 15 минут. Индивидуально решают о необходимости назначения ингибиторов ФДЭ-5 (Виагра, Левитра), проводится рефлексотерапия по вышеуказанным БАТ.

Если у больных сахарным диабетом устанавливается только наличие хронического простатита, реализуется схема X1: коррекция гликемии, обязательна антибактериальная терапия с учетом бактериологического исследования секрета простаты, массаж простаты, витаминотерапия, прием спазмолитиков. После купирования болевого синдрома проводится терапия Берлитионом в дозировке, указанной выше, в сочетании с магнитотерапией, но магнитотерапию необходимо проводить ректальным индуктором. Также проводится рефлексотерапия по вышеуказанным точкам.

Если выявлено сочетание эректильной дисфункции и хронического простатита у больных сахарным диабетом, реализуется схема лечения ЭХ, состоящая из следующих этапов: проводится антибактериальная терапия с учетом данных бактериологического исследования и антибиограммы, длительность лечения 2-4 недели, проведение неспецифической иммунотерапии, приема протеолитических ферментов, массажа простаты с 3 дня начала антибиотерапии, физиотерапии (электрофорез с лидазой, рефлексотерапия). Через 2-3 недели после купирования симптомов хронического простатита назначают альфа-липоевую кислоту по 600 мг в/в кап. №5 с последующей биоуправляемой магнитотерапией, которую чередуют ректально с пенильной хаотически изменяющимся магнитным полем от 1Гц до 2кГц напряженностью 15-20 Э продолжением сеанса 15 минут. Назначаются витамины «Е», «А», препараты цинка, Йохимбин, адrenoблокаторы, в завершении курса назначают ингибиторы ФДЭ-5.

С учетом того, что в общем виде решение о выборе схем лечения имеет нечеткий характер, особенно в областях пороговых значений решающих правил, в качестве основной модели принятия решений выбрана нечеткая логика принятия решений.

Модель нечеткого выбора схем рефлексотерапии P1 и P2 имеет вид:

{ ЕСЛИ { $\mu_{P1}(\delta R_i) > \mu_{P1}^{\Pi}$ ТО P1 } } ИЛИ { ЕСЛИ { $\mu_{P1}(\delta R_i) > \mu_{P2}^{\Pi}$ ТО P2 } } ИНАЧЕ
(РЕФЛЕКСОТЕРАПИЯ по точкам R_i не проводится)

(8)

На рис. 1 приведены графики соответствующих функций принадлежности

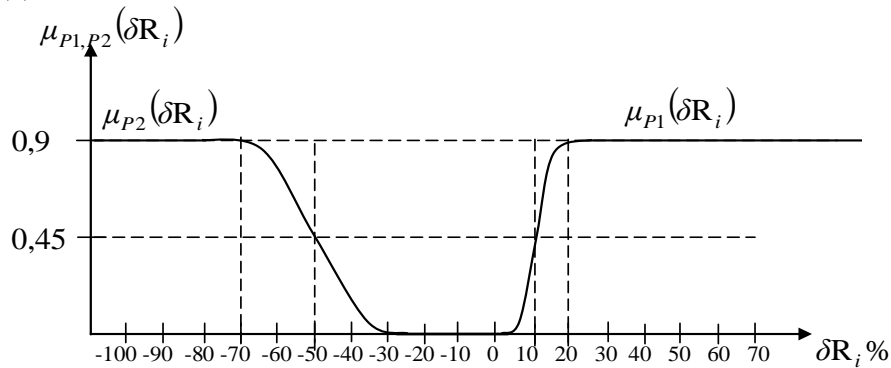


Рис. 1 Графики функций принадлежности к понятиям уверенность в выборе схем рефлексотерапии

Для выбора рациональных схем лечения предлагается использование нечетких продукционных моделей вида:

ЕСЛИ $KU_{ЭДХП} > KU_{ЭХ}^{\Pi}$ ТО СХЕМА ЭХ;

ЕСЛИ $KU_{ЭД} > KU_{Э}^{\Pi}$ ТО СХЕМА Э1; (9)

ЕСЛИ $(KU_{ХП} > KU_{Х}^{\Pi})$ ТО СХЕМА Х1,

где $KU_{ЭХ}^{\Pi}$, $KU_{Э}^{\Pi}$ и $KU_{Х}^{\Pi}$ - пороговые значения соответствующих коэффициентов уверенности, установленные экспертами на уровне 0,5.

Полученные математические модели для прогнозирования, диагностики, профилактики и лечения исследуемого класса заболеваний составляют основу базы знаний интеллектуальной системы поддержки принятия решения (СППР) врача-уролога, для взаимодействия с которой разработан алгоритм поддержки принятия решений, структура которого приведена на рис.2.

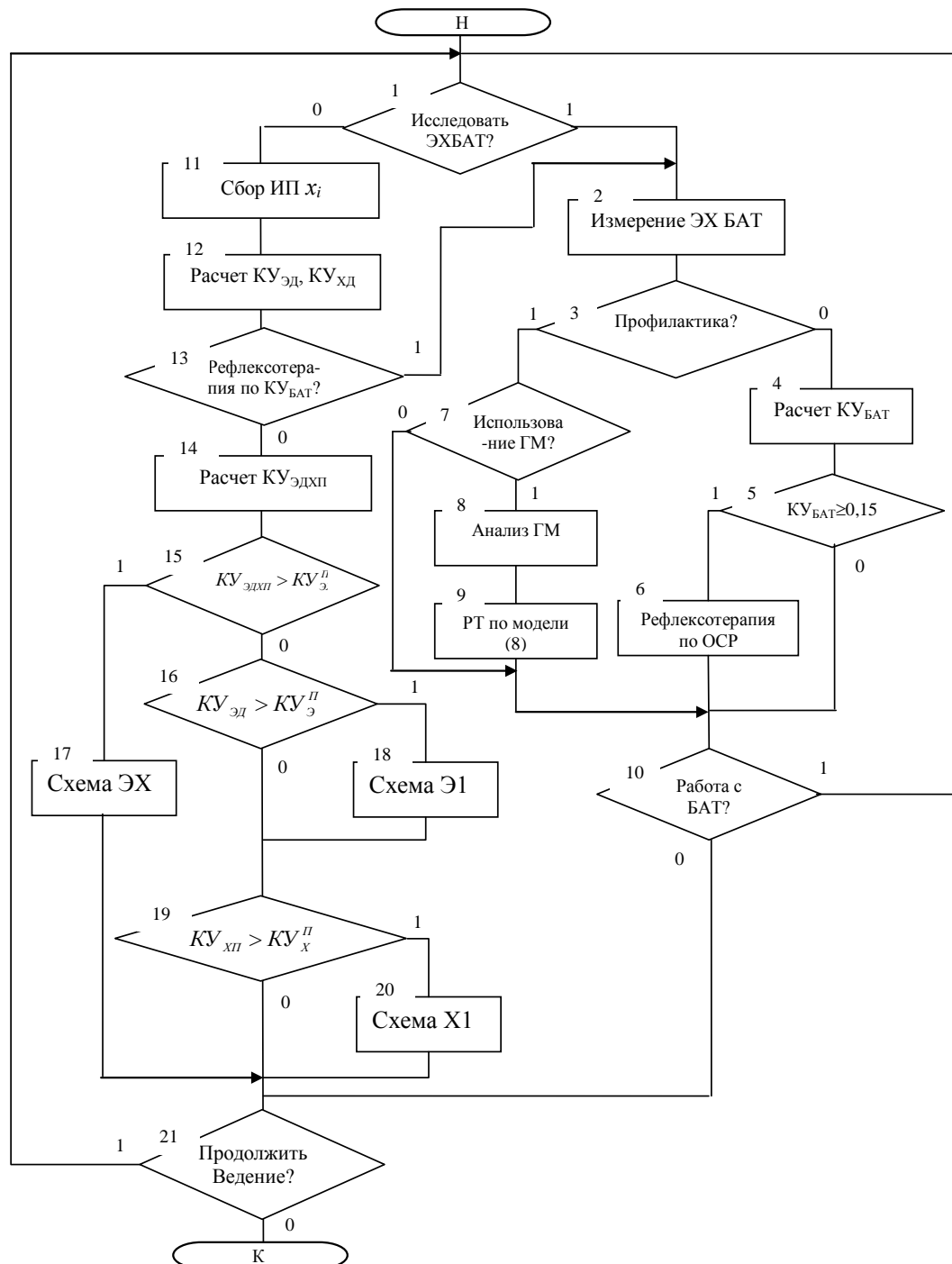


Рис. 2. Схема алгоритма принятия решений

В соответствии с этой схемой пользователь решает вопросы использования энергетических характеристик (ЭХ) БАТ (блок 1), обеспечивает их измерение (блок 2), собирает различные информативные признаки (ИП x_i) (блок 11), выбирает схемы рефлексотерапии (РТ) (блоки 6, 9, 13), запрашивает графические меридианные модели (ГМ) (блоки 7,8), обращается к базе знаний, включая в расчет те или иные прогностические или диагностические модели принятия решений (блоки 4, 5, 12,14 ,15, 16,19). По результатам расчетов СППР врача-уролога предлагает варианты схем профилактики или лечения. При профилактике реализуется рефлексотерапия

С помощью интерфейса пользователя реализуются: необходимые опросники для врача и пациента; механизмы ведения электронной медицинской карты пациента; отображение графической, символьной и сопутствующей числовой информации; корректировка параметров лечебно-оздоровительных мероприятий; обращение ко всем доступным справочникам базы данных и т.д.

В базе данных хранятся литературные данные о предметной области, электронная копия медицинской карты пациента, в которой могут содержаться паспортные данные, данные анамнеза, результаты опросов, осмотров, экспериментальных исследований, диагностические заключения, графики посещения врачей и т.д.

При работе с биологически активными точками пользователь имеет возможность наблюдать распределение «энергетики» по меридианным структурам в виде специально формируемой цветовой раскраски соответствующих меридианных моделей (блок БММ).

На этапе профилактики и лечения врач, наблюдая раскраску моделей и руководствуясь справочником системы, определяет интенсивность и продолжительность рефлексотерапии, переводя по мере возможности элементы модели в зеленый цвет, соответствующий нормальной энергетике меридианных структур.

При этом хорошо прослеживается динамика последствий рефлексотерапии и других методов лечения. Визуально видно, на какие сопутствующие заболевания и сопряженные структуры направлено воздействие, что позволяет исключить или уменьшить воздействие на те органы и системы, для которых рефлексотерапия противопоказана.

В четвертой главе обсуждаются результаты статистического анализа оценки эффективности разработанных методов и средств и решаются задачи определения информативности используемых признаков с целью выбора рациональных схем организации лечебно-диагностического процесса.

Основными математическими моделями, полученными и исследуемыми в работе, являются классификационные модели (7-14), синтезированные на основе теории нечеткой логики принятия решений в её приложениях к теории распознавания образов. Традиционно эффективность работы моделей, получаемых в рамках теории распознавания образов, проверяется на контрольных выборках с расчетом таких показателей качества принимаемых решений, как диагностическая чувствительность (ДЧ), специфичность (ДС), прогностическая значимость положительных (ПЗ⁺) и отрицательных (ПЗ⁻) результатов и диагностическая эффективность (ДЭ). В качестве дополнительных критериев оценки эффективности полученных в работе результатов использован ряд показателей, общепринятых в медицинской практике.

Результаты проверки качества классификации полученных в работе моделей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Распределение результатов наблюдения по прогностическим и диагностическим моделям

ПК \ Правила	ДЧ	ДС	ПЗ ⁺	ПЗ ⁻	ДЭ	KU^{\max}	KU^{cp}
$KU_{OPЭД}$	0,92	0,9	0,9	0,92	0,91	0,97	0,9
$KU_{ЭД}$	0,97	0,97	0,98	0,96	0,97	0,98	0,9
$KU_{ХП}$	0,95	0,94	0,94	0,95	0,94	0,97	0,85
$KU_{ЭДХП}$	0,94	0,95	0,84	0,98	0,95	0,97	0,9

ПК – показатель качества; KU^{\max} – максимально достижимая уверенность классификации, достигаемая при максимальных значениях всех функций принадлежности; KU^{cp} – уверенность в классификации для наиболее часто встречающихся значений признаков.

Анализ представленной таблицы показывает, что показатели качества срабатывания решающих правил, полученные статистическими методами практически совпадают с результатами, полученными при их экспертном оценивании и методами математического моделирования, а их величины позволяют рекомендовать прогностические и диагностические математические модели к практическому использованию.

Оценка информативности признакового пространства производилась с использованием информативной меры Кульбака и дисперсного анализа. В ходе этой части исследований было установлено, что в математической модели прогнозирования ЭД наибольшей информативностью обладают признаки x_{47} – сахарный диабет (тип СД-1, СД-2, компенсированный, некомпенсированный); x_{49} – аденома простаты; x_{54} – диабетическая полинейропатия; x_{55} – диабетическая микроангиопатия. Использование только этих признаков позволяет получить качество прогноза на уровне 0,85, что позволяет принимать первичные решения по технологии ведения пациентов. Для уточнения прогноза следует последовательно по мере уменьшения информативности выбирать другие признаки, пользуясь соображениями по достижению достаточного качества прогнозирования при минимуме времени и средств затрачиваемых на сбор информации.

Дисперсный анализ и расчет информативности по Кульбаку для задач диагностики эректильной дисфункции позволил в качестве наиболее информативных выделить признаки x_2 , x_6 и x_7 , обеспечивающих качество классификации на уровне 0,88. Для решения задач диагностики хронического простатита наиболее информативными являются признаки x_{11} , x_{12} , x_{15} , x_{17} и x_{20} , обеспечивающие качество классификации на уровне 0,92.

Для оценки клинической эффективности применения интеллектуальной системы поддержки принятия решений на этапах профилактики и лечения ЭД нами учитывалась динамика основных симптомов ЭД (боль, дизурия, нарушения ЛОД-пробы, УЗДГ, агинейропатия,

нарушение сексуальной жизни), данных объективного обследования, лабораторных и инструментальных методов исследования.

После лечения в группе больных ЭД с ХП положительная динамика симптомов отмечена у всех больных. У 11 пациентов сохранялись сексуальные нарушения и симптомы нейропатии, которые потребовали дополнительного лечения.

В группе больных сахарным диабетом с эректильной дисфункцией в сочетании с хроническим простатитом из 28 человек после внутривенного введения α -липоевой кислоты для улучшения органного кровообращения и повышения эффекта действия препарата проводилась ректальная и пенильная биоуправляемая магнитотерапия хаотически изменяющимся магнитным полем. В этой группе больных улучшения половой функции отметили 96% больных, болевой синдром купирован у всех 28 больных, в целом улучшение отметили 98% пациентов этой группы больных.

После курса терапии в группе больных, которым в комплексном лечении использовалась α -липоевая кислота на фоне снижения ПОЛ в сыворотке крови повышался уровень церулоплазмина и АОА при сочетании с ректальной и пенильной биоуправляемой магнитотерапией сдвиги были еще более выражены, улучшились показатели реографии.

В ходе обобщений полученных результатов исследований нами были проанализированы различные показатели, характеризующие состояние исследуемой категории больных без применения разработанных методов и средств и с их применением (работа с использованием интеллектуальной системы поддержки принятия решений врача-уролога). Результат этого сравнения приведен в таблице 2.

Таблица 2

Результаты прогнозирования диагностики и лечебно-профилактических мероприятий у больных ЭД на фоне сахарного диабета без применения и с применением интеллектуальной СППР врача-уролога

Показатели	До применения СППР	С применением СППР
Диагностика ХП (N-110)	94,6% (102)	98,5% (108)
Купирования болевого синдрома (N-106)	97,2% (103)	99% (104)
Снижение устойчивости к ингибиторам ФДЭ-5(N-19)	12 (на 36%)	4 (на 79%)
Количество рецидивов в течение года (N-110)	17 (16%)	6 (6%)
ПОЛ –(г-ф/з-ф) и АОА	$0,96 \pm 0,005 / 0,35 \pm 0,03$; $36,5 \pm 22$	$0,73 \pm 0,04 / 0,30 \pm 0,02$; $43,31 \pm 1,21$
ЛОД- проба (N -5,5')	от 3,2' до 4,5'	с 2,5' до 3,0'
Индекс качество жизни	До 5	До 2
Среднее время постановки диагноза	$45,2 \pm 2,1$ мин	$23,2 \pm 1,8$ мин
Получение архивной информации	$48,3 \pm 2,9$ час. и т.д.	$05,8 \pm 0,9$ мин

Анализ этой таблицы позволяет сделать вывод о том, что по всем исследуемым показателям, характеризующим качество оказания медицинских услуг, исследуемой категории больных использование предлагаемой интеллектуальной системы обеспечивает повышение эффективности диагностических и лечебно-оздоровительных мероприятий у пациентов с сахарным диабетом с эректильной дисфункцией в сочетании с хроническим простатитом.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Сформирована система информативных признаков и предложен способ классификации типов эректильной дисфункции, обеспечивающие повышение качества принятия решений по прогнозированию и дифференциальной диагностике исследуемой категории больных;

2. Разработаны математические модели принятия решений по прогнозированию и дифференциальной диагностике состояния больных сахарным диабетом с эректильной дисфункцией, использование которых позволяет назначать и проводить патогенетически обоснованное индивидуальное лечение и обеспечивает уверенность в принимаемых решениях на уровне 0,9 и выше в зависимости от количества и качества регистрируемой информации.

3. Предложена математическая модель выбора рациональных схем лечения на основе метода комбинированной терапии больных сахарным диабетом в сочетании с эректильной дисфункцией, использование которой в клинических условиях обеспечивает профилактическую и лечебную эффективность на уровне 98%.

4. Предложен алгоритм взаимодействия врача-уролога с интеллектуальной системой поддержки принятия решений, при реализации которого обеспечивается учет разнородных факторов риска и клинических форм заболевания, позволяющий персонализировать лечебную тактику и гибко менять её в зависимости от текущего состояния пациентов.

5. Разработана структура и информационно-алгоритмическое обеспечение системы поддержки принятия решения врача уролога по профилактике, диагностике и лечению эректильной дисфункции в сочетании с хроническим простатитом, обеспечивающей улучшение качества оказания медицинской помощи и рациональное ведение пациентов с сахарным диабетом.

Практические рекомендации

1. Полученные математические модели принятия решений по прогнозированию, дифференциальной диагностике, профилактике и лечению больных сахарным диабетом с эректильной дисфункцией целесообразно использовать при построении систем информационного обеспечения и поддержки медицинских исследований в области урологии.

2. По разработанному информационному и алгоритмическому обеспечению интеллектуальной системы врача-уролога рекомендуется

провести дальнейшие клинические испытания с целью решения задачи их широкого внедрения в практическое здравоохранение.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных журналах

1. Шашков, А.В. Диагностика эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом на основе нечеткой логики принятия решений/ С.П. Серегин, А.В. Шашков, Л.В. Стародубцева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. Журнал практической и теоретической биологии и медицины. – 2011. – Том 10. – №3. – С. 556-558.
2. Шашков, А.В. О возможности применения показателей биологически активных точек для диагностики эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом / С.П. Серегин, А.В. Шашков, Л.В. Стародубцева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. Журнал практической и теоретической биологии и медицины. – 2011. – Том 10. – №3. – С. 650-651.
3. Шашков, А.В. Магнитотерапевтический аппарат для лечения эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом/ С.П. Серегин, А.В. Шашков, Л.В. Стародубцева // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. Журнал практической и теоретической биологии и медицины. – 2011. – Том 10. – №4. – С. 852-853.

Научные работы в других изданиях

4. Шашков, А.В. Метод синтеза нечетких моделей для прогнозирования послеоперационных осложнений у урологических больных с эректильной дисфункцией / С.П. Серегин, А.В. Шашков, А.Ю. Носорев, А.В. Королев// Медико-экологические информационные технологии: сборник материалов XII Международной научно-технической конференции. – Курск: Курск.гос.техн.ун-т, 2009. – С.70-72
5. Шашков, А.В. Комплексная оценка причин и лечения эректильной дисфункции у лиц, вернувшихся из зон локальных конфликтов / И.В. Забелина, А.В. Шашков, Н.А. Лапшова, А.В. Королев // Здоровье и образование в XXI веке: сборник материалов X Международного конгресса «Инновационные технологии в биологии и медицине». – Москва, 2009. – С.643-644.
6. Шашков, А.В. Устройство для магнитотерапии эректильной дисфункции / А.С. Чуев, А.В. Шашков, С.П. Серегин, Н.А. Кореневский, С.А. Филист // Информационные и управленческие технологии в медицине и экологии: сборник статей V Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза, 2011. – С.145-147.
7. Шашков, А.В. Применение магнитотерапии для лечения эректильной дисфункции у больных сахарным диабетом / А.С. Чуев, С.П. Серегин, А.В. Шашков, С.Д. Долженков, А.Г. Коцарь, А.В. Новиков, А.Ю. Носорев, Л.В. Стародубцева, А.В. Королев // Информационные и

управленческие технологии в медицине и экологии: сборник статей V Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза, 2011. – С.149-151.

8. Шашков, А.В. Прогнозирование послеоперационных осложнений на основе правил нечеткого вывода Е. Шортлифа / С.В. Харьков, А.В. Шашков, С.Н. Кореневская // Молодежь и XXI век: сборник материалов III Международной молодежной научной конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2011. – С. 174-177.

9. Шашков, А.В. Прогнозирование послеоперационных осложнений в урологии на основе нечетких математических моделей / С.В. Харьков, А.В. Шашков, С.Д. Долженков, С.Н. Кореневская // Интегративные процессы в науке – 2011: сборник материалов международной научно - практической конференции. – Москва, 2011. – С. 30-32.

10. Шашков, А.В. Прогнозирование урогенитальных нарушений у больных мужчин сахарным диабетом / А.В. Шашков, М.Н. Цуканова, Л.А. Серегина, Н.А. Милостная, В.А. Конокотин // Интегративные процессы в науке – 2011: сборник материалов международной научно - практической конференции. – Москва, 2011. – С. 82-87.

11. Шашков, А.В. Применение магнитотерапии для лечения эректильной дисфункции / А.С. Чуев, А.В. Шашков, // Медико-экологические информационные технологии: сборник материалов XII Международной научно-технической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2011. – С. 139-142.

Подписано в печать _____ 2012г. Формат 60×84 1/16 .

Печатных листов 1,1. Тираж 100 экз. Заказ _____.

Юго-Западный государственный университет,
305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

