

Е.Н. АПАТЕЛЬ, В.А. ГОЛОВКО,  
В.В. ЕВСТИГНЕЕВ,  
О.В. КИСТЕНЬ, С.В. ЛАВРЕНТЬЕВА,  
А.С. МАСТЫКИН, Г.Ю. ВОЙЦЕХОВИЧ

## НЕЙРОНАУКИ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ\*

Научно-практический центр неврологии и  
нейрохирургии, Минск, Беларусь  
Брестский государственный технический  
университет  
Белорусская медицинская академия  
последипломного образования

*Приведен обзор по применению нового, находящегося в процессе становления, современного комплекса наук, объединенного общим названием «нейронауки». Рассматриваются достижения и перспективы нейронаук применительно к решению практических задач неврологии. Дается описание их основных составляющих компонентов: формальный нейрон, искусственная нейронная сеть, искусственный иммунный детектор, нейроинтеллектуальное решение. Приведено краткое описание теории хаоса и нейросетевых алгоритмов в анализе хаотизированных процессов и состояний. Представлен краткий перечень публикаций по успешному применению нейросетевых алгоритмов для диагностики в неврологии и в других клинических дисциплинах.*

**Ключевые слова:** нейронауки, формальный нейрон, искусственная нейронная сеть, искусственный иммунный детектор, нейроинтеллектуальное решение, транзиторная ишемическая атака, теория хаоса.

## NEUROSCIENCES: ACHIEVEMENTS AND PERSPECTIVES

*E. N. Apanel, V. A. Golovko, V. V. Evstigneev, O. V. Kisten, S. V. Lavrentieva, A. S. Mastykin, G. Yu. Voitsekhovich*

*A review of the data on application of a novel being under formation current complex of sciences joined under the common name "Neurosciences" is presented. The neurosciences achievements and perspectives related to neurological practical tasks solving are being considered. The basic components are described, i.e.: formal neuron, artificial neuron net, artificial immune detector, neurointellectual decision. The summary of the theory of chaos and of neuronet algorithms used for the chaosed processes and states analysis is presented. A short list of publications summarizing experience of the neuronet algorithms successful application in diagnosis in neurology and other clinical disciplines is given.*

**Key words:** neurosciences, formal neuron, artificial neuron net, artificial immune detector, neurointellectual decision, transitory ischemic attack, Chaos theory.

Нейронауки это собирательное понятие, обобщающее в себе широкий спектр наук, в центре которых научные направления, непосредственно изучающие структурно-функциональные особенности мозга и нервной системы. Главную роль в формировании и становлении этого кластера наук, бесспорно, сыграли результаты многолетних и многочисленных исследований в нейрофизиологии и нейропатологии. Регулярно проводятся в Судаче, Кацивели (Крым, Украина) семинары "Нейронаука для медицины и психологии".

\* Печатается в порядке обсуждения

Мультидисциплинарные разработки моделей мозга на основе его структурно-функциональных образований находят прямое применение в медицинских исследованиях и в практической клинической работе. Описание работы этих моделей формализуются нейроматематическими методами [1]. Сюда же примыкают синергетика и концепция интегративного врачевания [2, 3].

Нейроинтеллектуальные методы широко применяются в медицине. Ежегодно появляется более 500 академических публикаций по применению искусственных нейронных сетей для диагностики заболевания, позволяющего врачу принять адекватное решение [4]. Автоматическая система поддержки принятия решений в медицине может повысить качество диагностики и избавить специалистов от рутинной работы.

Современные нейронауки представлены двумя кластерами. **Собственно нейробиологические нейронауки** в неврологии, психиатрии в других клинических дисциплинах. В этом направлении успешно развивается молекулярная генетика мозга. Поиск нейрогенов, контролирующих и регулирующих развитие и метаболизм мозга, – основной предмет исследований нейрогенетики. С ее позиций предприняты успешные попытки объяснения болезней Альцгеймера, Дауна, паркинсонизма. В детской неврологии по алгоритму на базе нечеткой формальной логики успешно применяется дифференциальная диагностика миоклоний [5].

Следует упомянуть о роли нейронаук в изучении иммунной системы. Теоретически и экспериментально

подтверждено существенное сходство между структурно-функциональными особенностями нервной и иммунной систем (их основная функция – распознавание образов), что позволяет говорить об объединенной нейроиммунной системе организма. Особенностью иммунной системы является запоминание специфических образов среди массы других, например, некоторых определенных патогенных бактерий с последующим их уничтожением,

**Класс искусственных нейроинтеллектуальных методик (моделей)** на базе моделирования нейрофизиологических и нейропатологических процессов и состояний. Раздел представлен разработками нейросетевых моделей на базе искусственных нейронных сетей, искусственных иммунных систем, эволюционного программирования, которые теоретически тесно связаны с концепциями теории хаоса (фракталы, аттракторы, самоорганизующиеся системы).

Обыденным и повседневным является применение методов нейровизуализации: компьютерная и магнитно-резонансная томография. Еще более высокотехнологичный метод – позитронная эмиссионная томография. Эти технические устройства объединяет способность с помощью нейроинтеллектуальных программ распознавать структурные образы, в том числе, осуществлять дифференцированную диагностику (диагноз – это также образ), что позволяет говорить об уникальном нейроинтеллектуальном свойстве этих технических устройств.

В настоящее время усилия ученых в основном сосредоточены на освое-

нии моделей систем распознавания образов и применении их в практической работе.

### **Теория нейронных сетей и теория хаоса**

Нейронные сети не объединяют неупорядоченные события и хаотичные вещи в единое целое, а находят связи между ними. Так, симптомы различных болезней могут быть настолько близкими, родственными друг к другу в формате какой-либо нозологии, что образуют устойчивый синдром, и наоборот, настолько удаленными друг от друга, что их соседство и совместное присутствие в диагностическом смысле фактически ни о чем не говорит, разумеется, в традиционном логико-клиническом понимании. В подобной ситуации интуиция и клинический опыт врача заставляют его глубже вникнуть в суть и еще раз проанализировать данные. Изначально хаотичный клубок симптомов постепенно логически упорядочивается, обнаруживаются четко обозначенные связи, что подталкивает к принятию диагностического решения. В таком случае может быть чрезвычайно полезно участие распознавательной нейросетевой модели, основное предназначение которой – выявлять и графически визуализировать скрытые, неявные и неочевидные взаимосвязи между симптомами в различных диагностических и дифференциально-диагностических ситуациях. Способность интеллектуальных систем решать трудно формализуемые задачи, где не прослеживается эффективный математический алгоритм, позволяет применять их в различных областях.

Нейросетевая модель обладает способностью обобщать и прогнозировать результаты обучения, что и дает основание считать ее нейроинтеллектуальной. Обобщение осуществляется путем интеграции частных данных, в результате чего происходит определение закономерностей процесса. На основании уже приобретенных знаний такая модель четко ориентируется в ситуации, находит закономерности и предлагает обоснованно клинико-логическое решение.

К теории хаоса и нейронных сетей тесно примыкает нечеткая формальная логика Л. Заде. О применении “нечетких” методов в практической детской неврологии для дифференциальной диагностики миоклоний упоминалось выше [5],

Следует заметить, что в учебных медицинских учреждениях стран Запада и Америки изучение теории хаоса и нейронных сетей входит в обязательную программу обучения.

В основе нейроматематического представления и соответствующего формального описания лежит известное на современном уровне представление о структурно-функциональном строении головного мозга, состоящего из множества сплетений нейронов (рис. 1.).

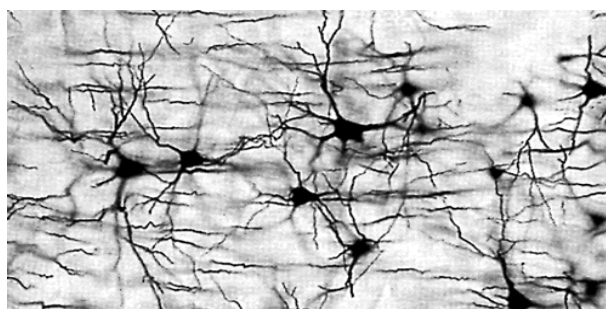


Рис. 1. Сеть нейронов головного мозга – прототип искусственных нейронных сетей с соответствующим нейроматематическим описанием

## Синтез теории хаоса и нейронных сетей в прикладной нейроматематике

Функционально-структурной единицей искусственной нейронной сети (ИНС) является формальный нейрон.

Формальный нейрон - это процессорный элемент, преобразователь данных, получающий входные данные и преобразующий их в соответствии с заданной функцией и параметрами.

Структурно-функциональная блок-схема формального нейрона. в нейроматематическом представлении приведена на рис.2.

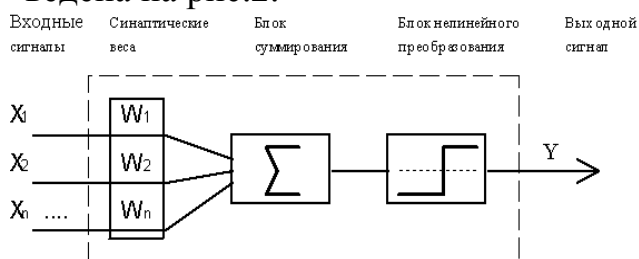


Рис..2. Блок-схема формального нейрона.

Формальные нейроны различаются по функциональной принадлежности.

*Входной нейрон* - формальный нейрон входного слоя, выполняющий в конкретной нейронной сети функцию входа, т. е. воспринимающий сигналы (образы) только от внешней для данной системы среды (никаких преобразований не производит). В медицинских исследованиях это, как правило, признаки-предикторы, на основе которых и будет осуществлено нейросетевое классификационное или прогнозное решение.

*Промежуточный нейрон* - составной элемент промежуточного

слоя правил (их может быть несколько), где формируются рабочие гипотезы по распознаванию образов (диагнозов).

*Выходной нейрон* - преобразованный нейрон выходного слоя, несущий передачу информации о проведенном решении распознавания образа (диагноза) на выход для дальнейшей работы. Количество выходных нейронов (диагнозов) меньше числа входных (признаков-предикторов).

**Нейронная сеть** - вычислительная или логическая схема, построенная из нейронных процессорных элементов, содержащих в себе правила решений, работающая по соответствующему нейросетевому алгоритму, который учитывает такое свойство биологического нейрона, как пластичность, способность изменять свои параметры в процессе обучения и приобретения новых знаний.

Существует большое количество нейронных сетей различного предназначения. В настоящее время разработано множество различных типов ИНС и ансамблей их параллельного и последовательного соединения для решения различных задач по распознаванию образов, в том числе, и для медицинской диагностики. Один из вариантов - ИНС, используемая в исследовании по дифференциальной диагностике подтипов транзиторных ишемических атак (ТИА) (рис. 3).

Этот ансамбль ИНС составлен из рециркуляционной нейронной сети, где осуществляется предварительная обработка исходных диагностических данных (жалобы, симптомы, другие признаки) с последующим

сжатием диагностической информации, и многослойного персептрона,

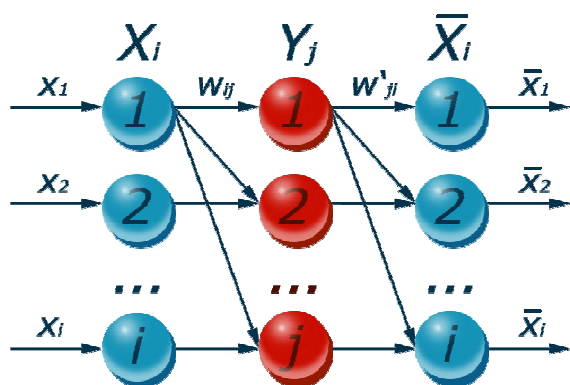


Рис. 3. Общий математизированный вид нейронной сети, состоявшей из отдельных формальных нейронов.

Исходные диагностическая информация (38 признаков-предикторов), конвертируются, и ужимается в меньшем количестве – 11 диагностических компонент. Сам процесс распознавания дифференцируемых диагнозов осуществляет персептрон. Дифференцируются три подтипа ТИА (1-3) и состояние ПРОЧИЕ (4) [7, 10-14].

### Обучение нейронной сети

Важное свойство нейронных сетей – это их способность к обучению. В процессе обучения на вход такой нейронной сети подаются случаи (клинические наблюдения) с соответствующими им признаками и симптомами в рамках рассматриваемых (дифференцируемых) диагнозов. Она способна улавливать структурные нюансы исходных независимых переменных (признаков-предикторов рассматриваемых диагнозов) и делать соответствующие обобщения с последующим образованием диагностических решений. Существуют различные парадигмы

обучения. Процесс самообучения нейронной сети динамичен, она как бы оживает, становясь «сама себе учителем». В качестве таковой сети может выступить сеть Кохонена, которая состоит из 1 входного и 1 выходного слоев нейронов. Количество нейронов в выходном слое непосредственно определяет число кластеров (диагнозов, дифференцируемых диагнозов) следует распознать.

Каждый из выходных нейронов получает на вход весь входной вектор (рассматриваемые признаки-предикторы размещены «все в одном»). Между выходными нейронами начинается соперничество за право быть задействованным в процесс самообучения, обучиться и получить «привилегированное право» обозначить собой соответствующий диагноз (дифференциальный диагноз). Выигрывает тот выходной нейрон с приписанным к нему диагнозом, чей весовой вектор окажется ближе всего к составу входного вектора, то есть к набору принятых в рассмотрение признаков-предикторов. Проще говоря, в процессе самообучения выигрывает тот выходной нейрон-диагноз, который оказывается наиболее представительным. Таким образом, конкретному клиническому случаю соответствует клинический диагноз из числа принятых на рассмотрение. Обученная нейронная сеть последующий клинический случай уже сама соотносит к одному из выведенных ею диагнозов-кластеров, руководствуясь некоторым выработанным и усвоенным критерием "близости".

Таким образом, в результате обучения большое количество разрозненных клинических случаев с раз-

личными диагнозами, исходно представленные в хаотичном виде, могут быть сгруппированы и классифицированы в меньшем количестве кластеров, внутри которых они упорядочены по близкому клинико-диагностическому содержанию. Тем самым, они помогают врачу-исследователю ориентироваться в исходном разнообразии рассматриваемых клинических случаев и принимать диагностическое решение.

Такие нейронные сети-классификаторы могут использоваться как отдельная нейросетевая модель, так и входить в ансамбли различных распознавательных нейросетевых агрегатов в зависимости от целей их назначения.

### Прогнозная диагностика в теориях хаоса и нейронных сетей

Способность биологических иммунных систем запоминать только отдельные «интересные» и строго специфические патогенные (вредоносные) живые объекты и уничтожать их нашла широкое применение в технических защитных информационных алгоритмах и устройствах (Интернет, медицина, сельское хозяйство).

Общая схема нейросетевого иммунного детектора, изначально разработанного для выявления вредоносных файлов при хакерских атаках в Интернете, может применяться и для дифференциальной диагностики подтипов ТИА. Этот нейроиммунный детектор состоит из трех слоев нейронных элементов и арбитра (рис. 4).

Решение диагностической задачи о возможности возникновения и развития той или иной болезни имеет

четко обозначенный прогностический характер.

### Нейросетевой иммунный детектор

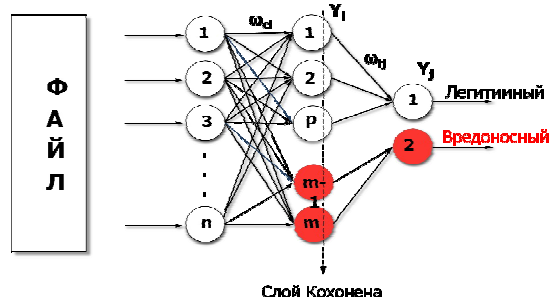


Рис. 4. Блок-схема нейросетевого иммунного детектора для выявления вредоносных файлов при хакерских атаках в Интернете, используется и для дифференциальной диагностики подтипов ТИА.

Следует уточнить само понятие «прогноз» применительно к кардионеврологическим исследованиям [6]. В данном случае речь идет о прогнозной диагностике, задачей которой является своевременное обнаружение в организме предпатологических отклонений от нормы [6-14]. Ориентируемся на вероятностный прогноз как на частный случай решения прогнозно-диагностической задачи по предотвращению эпизодов ТИА с нулевым или бесконечным временем предсказания. Важно, чтобы при имеющихся у пациента исходных входных данных, событие под названием «эпизод ТИА» вообще никогда не наступило. Прогноз в этом случае трактуется как управляющая упреждающая коррекция.

В проводимом исследовании прогнозный диагноз — это активное действие: первая часть (этап) комплекса управляющей упреждающей коррекции, распознающий и определяющий наиболее вероятный век-

тор, направление развития патокинеза, возникновения и дальнейшего прогрессирования этиопатогенетического процесса, на основании которого будут назначены индивидуализированные этиотропные лечебно-профилактические мероприятия. Ход событий под контролем врача, который активно вмешивается, чтобы не допустить перехода доклинического (донозологического) состояния в начало клинического патологического процесса, не зависимо от времени его возможной реализации.

Говоря об упреждающем управлении применительно к многоплановой (многовекторной) кардиоангионеврологической практике, следует особо подчеркнуть системное единство целенаправленности диагноза, прогноза и последующих лечебно-профилактических мероприятий. Управление возможно там, где есть цель, то есть там, где будет функционировать целенаправленное регулирование [15, 16]. Таким целенаправленным системным регулированием в защите мозга и всей нервной системы от нарушений кровоснабжения является коррекция по лечебно-профилактической схеме: мозг, сердце, система кровообращения [6-17].

Следует отметить что, до настоящего времени прогнозные ориентиры распознавания возможных эпизодов ТИА практически не обозначены, прогнозировать возможность возникновения их рецидивов позволяет интуиция и клинический опыт врача. Существует мнение, что современное состояние оказания медицинской помощи таким пациентам вообще дезорганизовано [18].

## **Примеры успешного применения ИНС в практической медицине.**

Распознавание прегипертонии и своевременное принятие лечебно-профилактических мер – важное условие предотвращения острых нарушений мозгового кровообращения. К категории «прегипертоников» относится до 20% населения трудоспособного возраста (от 18 до 30 лет). Хотя официально признанным является термин «маскированная (скрытая) артериальная гипертония» [16], термин «прегипертония» представляется более удачным так, как он ориентирует на проведение превентивных мероприятий в общем русле борьбы с доклиническими кардиоангионеврологическими состояниями.

В.Г. Вилков, Р.Г. Оганов и С.А. Шальнова исследовали возможности ряда нейросетевых прогнозно-диагностических моделей для выбора самых эффективных [19]. Ученые уверены, что с использованием нейросетевых технологий можно создать модель, позволяющую диагностировать артериальную гипертензию на самых ранних стадиях у лиц без явной констатации повышения артериального давления традиционным измерением с чувствительностью и специфичностью более 80%. В таких же пределах фигурируют значения этих параметров и в наших исследованиях [7-14].

В проводимых исследованиях по дифференциальной прогнозной диагностике подтипов ТИА апробировали распознавательную эффективность «консилиума» различных близких по своим свойствам нейросетевых классификаторов [7, 10-14]. В последних экспериментальных ис-

следованиях предпочтение отдается нейросетевым моделям, обеспечивающим эффективное сжатие исходных диагностических данных и их очистку с освобождением от информационного «зашумления» межпризнаковыми корреляционными связями по методу главных компонент (рециркуляционная нейронная сеть, многослойный персептрон) и искусственным иммунным детектором [12-14].

Тем не менее, ТИА до сих пор так и остается малоизученной и единственной в своем роде острой цереброваскулярной нозологией, представляя собой трудно разрешимую клиническую проблему, в которой вопросов больше чем ответов, давая большое пространство для дискуссий и обсуждений.

Решению этой проблемы уделяется самое пристальное внимание. Проведение соответствующих мероприятий оговорено на государственном-административном уровне и представлено в соответствующих нормативных документах Министерством здравоохранения Беларуси.

1. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 12 октября 2007 года № 92 «Об организации диспансерного наблюдения взрослого населения Республики Беларусь»
2. Необходимость знания тактики врачей скорой медицинской помощи при транзиторной ишемической атаке (ТИА) оговорена в программе интернатуры по скорой медицинской помощи, разработанной в соответствии с Инструкцией о

порядке организации и прохождения интернатуры, утвержденной постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 6 января 2009 г.

В контексте этих нормативных документов нами инициативно разрабатывается превентивный прогностно-диагностический подход к упреждению и недопущению развития этой острой цереброваскулярной патологии на базе нейроинтеллектуальных технологий. Эти разработки осуществляются инициативным проектом под общим названием «Нейроинтеллектуальная ангионейропревентология», как продолжение исследований по предотвращению эпизодов ТИА, которые были начаты в 90-х годах под руководством академика И.П. Антонова и профессора В.Б. Шалькевича.

Начало активных превентивных мероприятий должно начинаться уже на доклиническом (донозологическом) стационарном этапе в амбулаторно-поликлинических условиях, преимущественно на основании анамнестических данных и простых симптомов у пациента, в той или иной степени указывающих на возможность угрозы развития этой острой преходящей цереброваскулярной патологии.

Цель и задачи инициативного проекта «Нейроинтеллектуальная ангионейропревентология».

Не лечение больного с уже состоявшимися острыми преходящими нарушениями мозгового кровообращения, но недопущение развития этой кардиocereброваскулярной патологии у здорового человека.

На базе структурно-функциональной концепции организации защитных механизмов кровоснабжения мозга основана и разработана ангионейропревентологическая прогнозно-диагностическая система распознавания ТИА, дифференцированных по подтипам. Преследуется цель работать на опережение в противостоянии различным вредоносным (патогенным) влияниям и факторам риска и еще на достационарном доклиническом (донологическом) этапе не допустить возникновения и дальнейшего развития такой кардиоцереброваскулярной патологии у здорового человека.

Методологический подход осуществляется на базе применения нейроинтеллектуальных нейросетевых моделей для достационарной индивидуализированной прогнозной диагностики по простым и доступным (прежде всего анамнестическим) признакам-предикторам (социально-медико-биологическим маркерам), указывающим на реальную возможность возникновения транзиторной ишемической атаки и на необходимость ее ранней первичной профилактики.

Таким образом, проводимые исследования по доклинической (донологической) прогнозной диагностике ТИА, дифференцированной по подтипам, осуществляется на стыке 3 нейронаук (нейропревентология, нейрореабилитология, нейроматематика) и позиционируется как нейроинтеллектуальная ангионейропревентология, ориентированная на недопущение развития кардиоцереброваскулярной патологии у здорового человека.

О.Ю. Реброва и соавт. применили нейросетевой алгоритм для диагностики патогенетических подтипов ишемического инсульта [20].

К. Kaczmarczyk et all протестировали эффективность трех методов классификации особенностей походки у постинсультных больных: обычное качественное повествовательное описание (85% правильных классификационных ответов), описание с количественными минимаксными угловыми оценками (50% правильных классификационных ответов). Самым эффективным классификационным методом оказался на основе ИНС (100% точность классификации по движениям в коленном суставе, 86% - по фронтальному движению в тазобедренном суставе). Авторы уверены в том, что классификационные решения с применением ИНС могут быть существенным дополнением для индивидуализированной «таргетной» реабилитации постинсультных больных [21].

S. Laurentsyeva, и соавт. применили нейросетевую технологию для выявления эпилептиформной активности сегментацией сигналов электроэнцефалограмм [22]. Хаотичные аномальные очаги в записях электроэнцефалограммы расцениваются как маркеры возможного эпилептиформного приступа, зарождающегося в соответствующем участке мозга. Такой подход к прогнозной диагностике дает возможность выявлять аномальные участки для предотвращения приступов эпилепсии.

В.Т. Пустовойтенко и соавт. применили нейросетевое моделирование в травматологии и ортопедии для классификации антропометрических

и ортопедических признаков ампутационной культи голени с учетом индекса массы *тела* [23].

О.Г. Жариков и соотр. разработали нейросетевую модель для прогнозирования вероятности развития инфицированного панкреонекроза на основании данных, полученных при поступлении больного в стационар и в течение первых 48 часов госпитализации: точность результатов — 90%, специфичность — 96% [24]. Кроме того, нейронная сеть позволила выделить 12 наиболее информативных показателей для прогнозирования в ранние сроки заболевания инфекционных осложнений острого панкреатита.

Нейросетевой подход к клинической лабораторной диагностике использовали В.Г. Щетинин и А.А. Соломаха [25].

D. Wang и соавт. применили нейросетевой классификатор для прогнозирования вирусологического ответа при лечении ВИЧ инфицированных больных. Наилучшие результаты были получены с использованием ИНС по методу опорных векторов. Комбинация методики с другими нейросетевыми алгоритмами, по мнению авторов, увеличивает точность прогностического решения [26].

Группа испанских исследователей (F. Mateo, R. Gadea, A. Medina и соавт.) в гигиеническом исследовании применили ИНС для определения концентрации охратоксина А в пищевых продуктах, содержащих виноградные компоненты [27]. Охратоксин А идентифицируется как специфический сильнодействующий нефротоксин. Предлагаемую авторами нейросетевую методику при-

меняют для идентификации и классификации по уровням содержания охратоксина А с целью предотвращения использования пищевых продуктов, содержащих опасные концентрации этого токсичного ингредиента.

Есть и другие многочисленные сообщения об успешном применении нейросетевых решений в различных областях медицины.

Следует признать, что понятие «нейронауки» еще далеко от широкого признания и внедрения в повседневную медицинскую лексику. Более благосклонны к термину «нейроинтеллектуальные медицинские системы» (НМС), что представляет собой конкретизацию обширного понятия «искусственные нейронные сети». Тем не менее, отношение к инновациям все еще остается сдержанным, иногда даже настороженным, объясняя это непониманием. Как нам это представляется, причиной чему является консервативное мышление, стремление к четким простым и очевидным решениям. К сожалению, не всегда объяснения этиопатогенетических состояний, особенно на их доклиническом (донозологическом) этапе развития, укладываются в сложившиеся представления о рассматриваемом патологическом процессе. Ориентироваться позволяет междисциплинарная теория сложности (complexity science), принципы которой находят применение и в кардиоангионеврологических исследованиях [10]. Известные на сегодня инновации в медицине нередко воспринимаются сдержанно [28].

В печатных средствах массовой информации и Интернете можно

встретить массу неудачных формулировок заключительного клинического диагноза. Скорее всего, сказывается несовершенство имеющейся формально-логической основы диагноза, чтобы не сказать о полном ее отсутствии. На важность разработки основы клинической диагностики обращали внимание еще в девяностых годах. Е.И. Чазов и соавт.: **«Вот уже несколько поколений наших врачей не изучают курса формальной логики, и сегодня клиницисты имеют смутное представление о логической правильности, диагностических рассуждений, о логических операциях с понятиями. Между тем самые «простые» законы и правила формальной логики нарушаются чаще, чем это принято считать. Об этом говорит немало число логических ошибок в диагностике»** [29].

Клинический диагноз, независимо от его предметной целенаправленности (предварительный, нозологический, окончательный и пр.), является основой точного и успешного проведения лечебных и лечебно-профилактических мероприятий. А.П. Иерусалимский совместно с ведущими неврологами высказывал неудовлетворенность, что проблеме клинической классификации нозологических форм уделяется недостаточно внимания [30]. Не удовлетворяет требованиям и МКБ-10 – перечень статистических категорий для анализа и изучения заболеваемости, а не клинических диагностических терминов. Того же мнения придерживаются и отечественные неврологи (Э.С. Гиткина и соавт.) [31]. Сдержанное отношение к высокотехнологичным разработкам на базе

нейроинтеллектуального моделирования структурно-функциональных особенностей работы мозга человека противостоит желанию конструктивно изменить существующее неудовлетворительное положение в конкретизации формулировок клинического диагноза.

Во второй половине прошлого столетия, преимущественно в 80-е годы, намерение формализовать диагностику в невропатологии осуществлялось разработкой экспертных систем (И.П. Антонов, Э.В. Барабанова, А.С. Мастыкин, А.Е. Семак, и др.), на распознавательные способности которых возлагались большие надежды. Широкого распространения они не получили, оставаясь на стадии разработок, но дали возможность осознать необходимость внедрения в практическую работу формально-логических (сегодня это нейроматематические, нейроинтеллектуальные) алгоритмов. Экспертные системы тех лет, разработанные преимущественно на базе байесовских решений, привлекали простотой и понятливостью, оставаясь, тем не менее, на «доинтеллектуальном» уровне. Затем постепенно начали привлекать к себе внимание разработки на базе моделей искусственного интеллекта. В настоящее время эта тенденция усиливается и получает международное признание.

Последние годы характеризуются научной идеологией нейронаук. Изначально она формировалась стихийно в различных областях науки и практики, где преимущественно на базе результатов нейрофизиологических и невропатологических разработок были найдены аналогии работы автоматических устройств с

известными принципами работы мозга и всей нервной системы в целом. Доказательством тому являются современные разработки в робототехнике и успешные применения нейросетевых распознавательных (диагностических) медицинских алгоритмов. Полноценное понимание, признание и внедрение в практическую работу нейроинтеллектуальных решений на базе нейросетевого моделирования, в соответствии с обобщенными принципами нейронаук еще ждет своего часа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев А.Д., Нейроматематика. Кн. 6: Учебное пособие для вузов / А.Д. Агеев [и др.] Общая ред. А.И. Галушкина//. — М.: ИПРЖР, 2002. — 448 с.
2. Сомов Е. В. Синергетика и медицина /Е.В. Сомов, А.В. Исаков// В сб. «Актуальные проблемы современной медицины» (Под ред. С.Л. Кабака и А. С. Леонтьюка) . — Минск. — 2010. — С. 138—139.
3. Трошин В.Д. Проблемы интегративного врачевания/ В.Д. Трошин// Медицинский альманах. — 2009. — № 2(7). — С. 25—33.
4. Lisba P.J. The use of artificial neural networks in decision support in cancer: A systematic review/ P.J. Lisba, A. Taktak // Neural networks, — 2006, — Vol. 19. — P. 408—415.
5. Горелова Н.А. Пример использования “нечетких” методов в неврологии: дифференциальная диагностика миоклоний (“вздрагиваний”) у детей / Н.А. Горелова, Е.В. Хрусталева //— Режим доступа: <http://inftech.webservis.ru/it/conference/scm/2000/session12/gorelova.htm>
6. Дривотинов Б.В. Прогноз–диагностика транзиторных ишемических атак и их лечебно–профилактическое предупреждение/ Б.В. Дривотинов, Е.Н. Апанель, А.С. Мاستыкин // Медицинский журнал. — 2006. — № 3. — С. 116–119.
7. Апанель Е.Н. Комплексный подход к превентивным этиотропным лечебно – профилактическим мероприятиям по предотвращению эпизодов транзиторных ишемических атак/ Е.Н. Апанель // Мед. журн. — 2008. — №2. — С. 117—120
8. Апанель Е.Н. Нейрокомпьютинг: достигнутое и перспективы / Е.Н. Апанель // Воен. медицина. — 2009. — № 2. — С. 117—124.
9. Апанель Е.Н. Концепции теории хаоса и их применение в кардиоангионеврологических исследованиях / Е.Н. Апанель, В.А. Головкин, В.В. Евстигнеев, А.С. Мاستыкин//ARS MEDICA. — 2011. — № 6. — С. 107—116
10. Апанель Е.Н. Транзиторные ишемические атаки: системный анализ /Е.Н. Апанель // Весці НАН Беларусі: Сер. мед. навук. — 2011. — № 1. — С. 81–90.
11. Новоселова Н.А. «Консилиум» адаптивных нейросетевых классификаторов для дифференциальной диагностики подтипов транзиторных ишемических атак/ Н.А. Новоселова, Е.Н. Апанель, Б.В. Дривотинов, А.С. Мастыкин // Мед. журн. — 2008. — № 3. — С. 106—111.
12. Евстигнеев В.В. Возможности методов искусственного интеллекта для дифференциальной диагностики подтипов транзиторных ишемических атак/ В.В. Евстигнеев, Е.Н. Апанель, Н.А. Новоселова, А.С. Мастыкин // ARS MEDICA . — 2009.—. № 3. — С. 60—72.
13. Мастыкин А.С. Нейросетевой подход в решении проблемы диагностики и профилактики транзиторных ишемических атак/ А.С. Мастыкин, В.В. Евстигнеев, В.А. Головкин, Е.Н. Апанель, Г.Ю. Войцехович // Доклады НАН Беларусі. — 2010. — № 5. — С. 81 – 90.
14. Golovko V. Neural Network Model for Transient Ischemic Attacks Diagnostics /V. Golovko, H. Voitsekhovich, E. Apanel, A. Mastykin//Optical Memory And Neural Networks (SpringerLink). —Vol. 21, No. 3. — 2012, — P 166 –176.
15. Сидоренко, Г.И. Творчество и медицина: поиск неочевидных решений /Г.И.Сидоренко // . Минск. — 2002.
16. Сидоренко Г.И. Прегипертония/ Г.И.Сидоренко // Кардиология Беларусі. — 2009. — № 2. — С. 69—75.

17. Верещагин Н.В. Системный подход в изучении нарушений мозгового кровообращения при атеросклерозе и артериальной гипертензии: результаты и перспективы/ Н.В. Верещагин // Мозг. Теоретические и клинические аспекты. — М. — 2003. — С. 521—533.
18. Goldstein L. B. Stroke: Organizing the disorganized: improving TIA patient care. / L. B. Goldstein // *Nat. Rev. Neurol.* — 2011. — Vol. 7, № 4. — P. 190—192.
19. Вилков В.Г. Сравнительная информативность нейросетевых моделей диагностики скрытой артериальной гипертензии/ В.Г. Вилков, Р.Г. Оганов, С.А. Шальнова // *Физиология человека.* — 2006. — № 6. — С. 33—37.
20. Реброва О.Ю. Нейросетевой алгоритм диагностики патогенетических подтипов ишемического инсульта/ О.Ю. Реброва, М.Ю. Максимова, М.А. Пирадов // *Журн. неврологии и психиатрии. Инсульт (Приложение)*, 2004, — Вып. 12, — С. 23—28.
21. Kaczmarczyk K, Gait classification in post—stroke patients using artificial neural networks/ K. Kaczmarczyk, A. Wit, M.Krawczyk, J. Zaborski // *Gait Posture.* 2009 (*Published Online on May*)
22. .Laurentsyeva S. Electroencefalogram Analysis Based on Artificial Neural Network and Adaptive Segmentation/ S. Laurentsyeva , V.Golovko, V. Evstigneev // *PRIP.* — 2009. — Minsk, — P. 327—331.
23. Пустовойтенко В. Т. Нейросетевое моделирование в решении классификационных задач ортопедии и травматологии с использованием индекса массы тела/ В. Т.Пустовойтенко , А.С. Мастыкин, Н.А. Новоселова // *Военная медицина.* — 2007. — № 2. С. — 108—110.
24. Жариков О.Г. Прогнозирование инфицированного панкреонекроза методом искусственных нейронных сетей / О.Г. Жариков, Ю.В. Мещеряков, А.А. Литвин // *Вопросы организации и информатизации здравоохранения.* — 2008. — № 3. — С. 54—58.
25. Щетинин В.Г. Применение компьютерных «нейронных сетей» в клинической лабораторной диагностике/ В.Г. Щетинин, А.А. Соломаха // *Клин. лаб. диагностика.* — 1998. — № 10. — С. 21—33.
26. Wang D. A comparison of three computational modelling methods for the prediction of virological response to combination HIV therapy/ D.Wang, B. Larder, A. Revell, A, J. Montaner // *Artif. Intell. Med.* 2009. — Vol. — P. 63—74.
27. Mateo F, Predictive assessment of ochratoxin A accumulation in grape juice based-medium by *Aspergillus carbonarius* using neural networks/ , F, Mateo [et al] // *J. Appl. Microbiol.* — 2009. — (*Published On line on March 26*).
28. Janse M. Is there chaos in cardiology? /M. Janse // *Br. Heart. J.* — 1992. — Vol. 67. — P. 3—4.
29. Чазов Е.И. Опыт философско-методологического анализа врачебной диагностики /Е.И. Чазов, Г.И. Царегородцев, Е.А. Кротков // *Вопр. философии* 1986. — № 9.— С. 65—85.
30. Иерусалимский А.П. К проблеме формулирования клинического диагноза в неврологии/ А.П. Иерусалимский // *Журн. невропатологии и психиатрии.* — 2008. № 5. — С. 105—106.
31. Гиткина Э.С. Адаптация клинической классификации сосудистых поражений мозга к международной статистической классификации болезней X пересмотра/ Э.С. Гиткина, Е.Н. Пономарева, В.В.Евстигнеев, В.Б. Шалькевич // *Медицинские новости.* — 2000. — № 6. — С. 3—10.

Поступила 02.03.12

---