

АКАДЕМИК Н.М. АМОСОВ – КИБЕРНЕТИК
(к 100-летию со дня рождения)

Прослежен эволюционный путь академика Н.М.Амосова как кибернетика и проведен анализ основных его идей по проблеме кибернетики. Рассматривается основная направленность его научных интересов в этой области, достижения украинской школы Н.М.Амосова по биокибернетике. Оценивается значимость научного наследия Н.М.Амосова в свете современных достижений биологической и медицинской кибернетики. ЮНЕСКО провозгласило 2013 - *Международным годом Николая Амосова*.

Введение. Более десяти лет назад ушел из жизни академик Николай Михайлович Амосов – выдающийся ученый, врач, писатель и общественный деятель. Широкой общественности сравнительно мало та сторона научной деятельности Н.М.Амосова, которая связана с его увлеченностью *кибернетикой*, которой он отдал, наряду с хирургией более 40 лет своей жизни. К этой науке Н.М.Амосова привела жажда получения новых знаний, вооруженность солидными инженерными знаниями, а также неудовлетворенность теоретическим уровнем междисциплинарных отношений тогдашней медицины, биологии и инженерии.

Кибернетика. К концу 50-х годов прошлого столетия признанным лидером в области кибернетики в СССР стал академик В.М.Глушков, который на базе Вычислительного центра АН Украины в 1962 году основал Институт кибернетики АН Украины, ныне носящий его имя. По определению В.М.Глушкова: *«кибернетика – наука об общих законах получения, хранения, передачи и преобразования информации в сложных управляющих системах. При этом под управляющими системами здесь понимают не только технические, а и любые биологические, административные и социальные системы»* (Энциклопедия кибернетики т.1, с 440-445). Отличительной особенностью кибернетики, по мнению В.М.Глушкова, является то, что она ввела принципиально новый метод изучения сложных объектов различной природы - математическое моделирование и моделирование на ЭВМ. Глубинное и перспективное понимание В.М.Глушковым кибернетики как науки положило начало развитию различных научных направлений кибернетики, в частности, биокибернетики.

Биологическая и медицинская кибернетика. Заинтересованность в получении новых знаний и закономерностей, присущих биологическим и медицинским системам, относительно общих законов получения, хранения, преобразования и передачи информации, способствовала возникновению *биологической и медицинской кибернетики* как самостоятельных научных направлений.

Украина выступила пионером в деле становления биомедкибернетики в СССР, которая, как самостоятельное научное направление кибернетики впервые начало формироваться в начале 60-х годов XX столетия. Одним из основоположников и создателей отечественной биологической и медицинской выступил известный украинский хирург – Н.М.Амосов, которого В.М.Глушков привлек для развития исследований в этих направлениях. В 1962 г. в Институте кибернетики АН УССР был организован отдел «Биокибернетики» под руководством Н.М.Амосова, которым он беспрерывно руководил более 30 лет.

В те же годы Н.М.Амосов века дал следующие определения биологической и медицинской кибернетики. *Биологическая кибернетика* – «направление кибернетики, изучающее общие законы хранения, переработки и передачи информации в биологических системах. Кибернетика биологическая не подменяет другие биологические науки, так как занимается преимущественно математической обработкой, построением моделей,

переработкой информации, а не непосредственным получением данных» (Энциклопедия кибернетики, т.1, с.446-448). *Медицинская кибернетика* – «направление кибернетики, изучающие проблемы, связанные с процессами управления в медицине и здравоохранении» (там же, с.450-451).

С того времени, биологическая и медицинская кибернетика прошла долгий и сложный путь своего становления и развития в поиске своих собственных математических, инструментальных, технологических, информационных методов получения новых знаний о сложных системах, по выражению Н.М.Амосова – «типа живых».

Если проследить весь эволюционный путь развития биологической и медицинской кибернетики, то прав оказался академик В.М.Глушков, который указал на ведущее значение метода математического моделирования в решении научных задач кибернетики вообще. «*Метод математического моделирования* – метод исследования процессов или явлений путем построения их математических моделей и исследования этих моделей. В основу метода положена их идентичность формы уравнений и однозначность соотношений между переменными в уравнениях оригинала и модели, т.е. их аналогии» (Ю.Г.Антомонов. Энциклопедия кибернетики, т.1. с.31).

Н.М.Амосов сразу, на многие годы вперед, сформировал основную направленность биокибернетики по *общесистемному подходу к исследованию природы человека*. Главными магистральными направлениями планируемых и разворачивающихся исследований стали: моделирование физиологических функций организма человека (физиологическая кибернетика), моделирование мыслительных и психических функций человека для систем с «искусственным интеллектом» (психологическая кибернетика), моделирование поведения человека как социального существа (социологическая кибернетика).

Сам Н.М.Амосов вошел в когорту отечественных биокибернетиков после выхода в свет его монографий: «*Регуляция жизненных функций и кибернетика*» (1964), «*Моделирование мышления и психики*» (1965), вскоре, переизданной в США. В них он сразу указал на необходимость поиска иных подходов к познанию систем большой сложности, каковыми являются все биологические системы от клетки до общества. Для начала, любую систему и процесс ее развития можно рассматривать в двух планах: *физическом и информационном*. Новым являлось то, что при изучении такой системы в информационном плане можно приступить к ее изучению, совершенно отвлекаясь от сущности физических процессов лежащих в их основе. Николай Михайлович сразу высоко оценил преимущества такого кибернетического подхода к исследованию сложных систем «типа живых» (по его выражению) с использованием *методов моделирования и вычислительных возможностей ЭВМ*. Он оптимистически считал, что появилась «...реальная возможность создавать искусственные действующие системы огромной сложности, высокой надежности и колоссального быстродействия».

В монографии «*Моделирование сложных систем*» (1968) Н.М.Амосов изложил свои взгляды на структуру, функцию и эволюцию сложных биологических и социальных систем от клетки до общества. Он особенно указывал на недостаток *необходимой количественной информации* в науках, которые традиционно пользовались феноменологическими и качественными описаниями (медицина, биология, психология, социология). Для получения количественной информации характеристик элементов моделей «от клетки до общества», как считал Николай Михайлович, потребуется почти полная перестройка экспериментальной биологии, физиологии, психологии. «Для такой работы нужны десятилетия и нельзя ожидать ее окончания, чтобы только потом начинать создание моделей организма, психики или общества». Поэтому, на первых порах следует создавать, т.н. *эвристические модели*, когда недостаток данных заменяется правдоподобными гипотезами, которые со временем будут замещаться новыми, реально полученными количественными экспериментальными данными.

В рассматриваемых работах Николай Михайлович изложил принципы переработки информации в сложных живых системах с позиций моделирования. Он предложил свою оригинальную информационную гипотезу об основных программах психической деятельности человека (эмоции, сознание, подсознание, воля, творческий процесс) и наметил пути их моделирования. Это была первая попытка в отечественной научной литературе описать структуру мозга и его основные психические функции, провести с позиций информационного подхода их детальный анализ и наметить пути их будущего синтеза в машинных программах на ЭВМ.

Основой для моделирования процессов мышления и изучения влияния психических качеств на целеустремленное поведение послужили специфические *семантические сети*. Разработанные в отделе «Биокибернетики» (в 1963-1969гг.) компьютерные модели интеллектуального поведения, позволили продемонстрировать принципиальную возможность создания *нейросетей*, которые имитируют механизмы, порождающие сложные психические функции. Особенно удачной и плодотворной оказалась (предложенная Н.М.Амосовым в 1965г.), гипотетическая модель «*системы усиления-торможения*» (СУТ), как аналога психической функции внимания («сознания-подсознания»), Впоследствии эти исследования привели к разработке нейрокомпьютера на базе идеологии ансамблевых стохастических нейросетей, Это, в свою очередь, позволило перейти к разработке нейросетевых систем управления и созданию семейства макетов автономных подвижных роботов. Демонстрация первого *автономного транспортного робота "ТАИР"* на IV-ой международной конференции по Искусственному Интеллекту в Тбилиси в 1973году, показала принципиальную возможность создания автономного робота, управляемого аппаратно реализованной нейронной сетью, что нашло отражение в коллективной монографии «*Автоматы и разумное поведение*» (1973). Такой подход позволил в 90-х годах перейти к разработке и созданию целого семейства макетов автономных подвижных роботов, построенных в отделе «Биокибернетики».

Результаты разработок в области нейросетей вызвали интерес японской фирмы «WACOM», совместно с которой, на их элементной базе, был создан *первый украинский нейрокомпьютер*, который позволил решить ряд сложных задач распознавания образов: классификаторы текстур, идентификация личности по голосу, распознавание рукописных символов, что нашло свое отражение в коллективной монографии «*Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы*» (1991). За этот цикл работ академик Н.М.Амосов с учениками был удостоен в 1998г. Государственной премии Украины.

Н.М.Амосов положил начало работам *по математическому моделированию физиологических органов и систем* с учетом возможностей вычислительной техники и теории управления. В 1962-1980гг. в отделе «Биокибернетики» были проведены фундаментальные экспериментальные клинико-физиологические исследования системы *саморегуляции сердца и регуляции кровообращения*, разработаны их цифровые математические модели. Обобщающий опыт этого цикла исследований был изложен в монографиях Н.М.Амосова с соавторами: «*Саморегуляция сердца*»(1968), «*Теоретические исследования физиологических систем*»(1977), «*Регуляция кровообращения*» (1977), которые получили высокую оценку специалистов-физиологов и кардиохирургов. Результаты этих исследований позволили создать в отделе «Биокибернетики» ИК АН Украины несколько аппаратов искусственного кровообращения (АИК) оригинальной конструкции, которые были успешно внедрены в хирургическую практику в клинике Н.М.Амосова. Несомненно, так был намечен путь к будущей *цифровой биологии и медицине*.

В работе «*Искусственный разум*» (1969), Николай Михайлович выдвинул гипотезу о механизмах переработки информации мозгом человека и идею существования Общего Алгоритма Разума, который, возможно, реализован эволюцией в биологических системах – от клетки к обществу в виде генетически запрограммированных функциональных актов

(ФА). Они разворачиваются по строго регламентированному алгоритму, что и обеспечивает выживаемость и приспособление живых систем к постоянно меняющимся окружающим условиям. Он считал, что этот Алгоритм Разума, который как бы руководит всеми ФА, может послужить основой для создания *Искусственного Интеллекта*, который способен воспроизводить психические свойства человека, его мысли, сознание, волю, творчество. Позднее, эти идеи были развиты им в последующих работах - *«Алгоритмы разума» (1979)* и *«Природа человека» (1983)*, однако, путь к их практической реализации не был, в полной мере, очевиден даже самому автору, на что он посетовал в своей последней книге по кибернетике *«Разум. Человек. Общество. Будущее» (1994)*.

В 1969г. была опубликована небольшая книга Н.М Амосова *«Метод моделирования социальных систем»*, где он, путем создания *моделей* искал ответы на вопросы, связанные с общественной структурой и возможными вариантами ее оптимизации. Предложенный им метод эвристического моделирования позволял увязать множество количественной и качественной информации о человеке и обществе. Созданная в 1972г. отделе «Биокибернетики» первая в СССР структурно-функциональная модель "Социон", так называемого «обобщенного человека» - подтвердила принципиальную возможность моделирования (с достаточной степенью правдоподобия), такие трудно формализуемые качества человека. как чувства, мотивы, «уровень душевного комфорта". Другая модель обобщенной личности ("МАН", 1978) была ориентирована на учет "человеческого фактора" в автоматизированных системах управления реальным производством. Были построены и исследованы эвристические модели: «Семейных отношений» (1982), личности ребенка «Кроха» (1984). Все, вышеназванные модели, по своей сложности и решаемым задачам, намного превосходили известные (на то время), зарубежные модели-аналоги. Подобного рода модели, по замыслу Н.М.Амосова, могли бы послужить основой построения модели оптимального общества и моделирования эффективного общественно-личностного баланса.

Н.М.Амосов всегда стремился постичь изначальную природу человека, что привело его к необходимости проведения работ по становлению личности человека в динамике ее развития. Именно, на раннем этапе развития человека еще можно попытаться дать ответ на дискуссионный вопрос - какова количественная мера врожденного (генотипа) и воспитанного (фенотипа) в личности человека. Проведенные под руководством Н.М.Амосова лонгитюдные исследования, охватили период жизни ребенка от года жизни до десяти лет позволили получить ценную психологическую информацию, а примененный для ее анализа метод математического моделирования показал, что примерно, 60% человеческих качеств заложено от природы, а 40% привносится воспитанием. Полученные результаты по воспитанию, образованию и здоровью человека были обобщены Н.М.Амосовым в его монографиях *«Здоровье и счастье ребенка» (1979)*, *«Природа человека» (1983)*.

Значимость всего этого направления заключается в том, что доказана конструктивность использования модели как системы представления знаний о человеке - что позволяет более направленно решать задачу целостного изучения его поведения как личности. Такие исследования имеют ощутимое преимущество перед фрагментарными, разрозненными исследованиями, а информационные технологии оказывают содействие в дальнейшей интеграции разнообразных данных, создают конструктивные пути формализации сложных объектов психологической и социальной природы

Проведенные экспериментальные, математические и машинные исследования ряда моделей психических функций мозга, отдельных физиологических систем и «внутренней сферы организма» в целом, позволили Н.М. Амосову сформулировать основную суть нового направления кибернетики – *биологической кибернетики*, изучающей общие законы хранения, переработки и передачи информации в биологических системах. При этом, поскольку живая природа сложна и разнообразна, Николай Михайлович, вслед за другими

считал, что в биологической кибернетике необходимо выделить несколько самостоятельных направлений, изучающих различные биологические системы и их частные функции, именно на: *медицинскую, физиологическую, психологическую кибернетику, нейрокибернетику и бионику* (см. «Энциклопедия кибернетики», 1974, Т.1). Это разделение справедливо и сейчас, по прошествии 40 лет.

Под руководством Н.М.Амосова сформировалась мощная школа украинских биомедкибернетиков, которая получила широкую известность не только в СССР, но и за рубежом. Уже к середине 60-х годов прошлого столетия в рамках этой школы в Институте кибернетики НАНУ по другим научным направлениям были сформированы отделы: «Нейробионики» (зав. - проф. К.А.Иванов-Муромский), «Биоэлектрического управления и медицинской кибернетики» (зав. - проф. Л.С.Алеев), «Медицинские информационные системы» (зав. - проф. А.А.Попов).

Николай Михайлович постоянно генерировал новые идеи, увлекался новыми проблемами, которые опережали свое время. Некоторые из них удалось решить только спустя десять и более лет в Международном научно-учебном центре информационных технологий и систем (МНУЦ ИТ и С) Академии наук и Министерства образования и науки Украины, который выступил правопреемником Н.М.Амосова по биологической и медицинской кибернетике. Кратко остановимся на основных достижениях биомедкибернетики, как на наследии основных идей Н.М.Амосова, которые не были реализованы при его жизни в силу разных причин и условий.

Современный этап развития биологической, медицинской кибернетики и информатики. Академик Н.М.Амосов всегда подчеркивал, что простых решений в науке не существует. Они находятся в плоскости получения самых разнообразных сведений о сложных системах «типа живых». Вектор развития биологической и медицинской кибернетики (информатики), направлен именно на получение новых знаний. При этом на первый план выходят интеллектуальные информационные технологии, которые включают разнообразие методов, средств, алгоритмов сохранения, обработки, передачи информации и ее представления, на языке и в образах, удобных для восприятия пользователем.

Современная трактовка биомедкибернетики. На сегодняшний день направления биомедкибернетики определились с предметом, объектом, методами исследования, инструментально-технологическим арсеналом средств их практической реализации.

Биологическая кибернетика – научное направление, изучающее общие законы получения, хранения, преобразования и передачи информации в биологических системах, закономерности организации биосистем, процессы управления биосистемами при взаимодействии с окружающей средой.

Медицинская кибернетика - направление, изучающее общие законы получения, сохранения, преобразования и передачи информации, закономерности организации элементов, органов и систем организма и процессов управления в условиях патологии, изменение их организации при взаимодействии с эволюционно неадекватной средой.

Основная научная проблема биомедкибернетики. Разработка информационно-технологической базы выявления и исследования закономерностей функционирования биологических систем от клетки до общества в норме и при патологии

Важнейшие научные задачи биомедкибернетики:

- Разработка методов и способов получения адекватного задаче исследования массива данных с целью выявления, изучения и обоснования принципов функционирования биосистем.

- Изучение структуры и функции центральной нервной системы и мозга с позиции разворачивающихся в них информационных процессов.

- Изучение гомеостатических закономерностей функционирования внутренней физиологической сферы организма человека в норме и при патологии.

- Изучение адаптационных особенностей функционирования организма и мозга человека при изменяющихся условиях внешней среды.

- Разработка информационных технологий анализа базы данных с целью установления общих закономерностей функционирования сложных биологических систем «типа живых».

- Разработка нового наукоемкого класса информационных технологий базирующихся на свойствах логического и образного мышления способных максимально адаптироваться под возможности и потребности человека для повышения комфортных условий его работы и существования. Этот класс технологий является базисной основой создания новых конкурентно способных изделий широкого применения.

Биологическая и медицинская кибернетика прошла длительный путь эволюции от теоретических положений синтеза математических моделей функционирования отдельных сторон физиологических систем организма, мозга и личности в целом, алгоритма диагностики, прогнозирования и управления к синтезу информационных и биотехнических систем анализа и исследования. Наступила новая эра возможности применения человеко-машинных систем в задачах диагностики, лечения, мониторинга заболеваний человека, познания тайн его психики, Разума, построения моделей организма человека, его личности и даже общества в целом.

С 1995 года и по настоящее время основные идеи Н.М.Амосова плодотворно развиваются в МНУЦИТиС, успешно воплощаются в новых интеллектуальных информационных технологиях, позволяющих решать сложные прикладные задачи и получать результаты мирового уровня.

В общей программе *теоретических исследований* разработаны:

- гипотеза о механизмах переработки информации мозгом человека;
- методы синтеза биотехнических систем исследования, диагностики и управления как класса сложных систем;

- принципы получения новых знаний в биологии и медицине;
- концептуальные основы здоровья как триединства физического, психического и социального статусов;

- математические теории функционирования физиологических систем организма в различных условиях окружающей среды.

К *практическим результатам* следует отнести разработанные компьютерные алгоритмы, системы диагностики и управления социально значимых заболеваний (сердечно-сосудистые, нервные, диабет), которые базируются на новых интеллектуальных цифровых технологиях обработки и передачи информации.

Нейросетевые информационные технологии. Исходя из предложенной Н.М.Амосовым гипотезы о механизмах переработки информации мозгом человека, сформулировано системное представление о структуре и механизмах мозга, которые порождают психические функции человека. Эти исследования привели к разработке нейрокомпьютера на базе идеологии ансамблевых стохастических нейросетей.

Интеллектуальная информационная технология оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы, базируется на методе анализа кардиографического сигнала в фазовом пространстве, позволяет «увидеть» первые признаки ишемической болезни сердца, которые невозможно определить традиционными методами.

Интеллектуальная информационная технология тренировки и восстановления двигательных функций человека, использующая методы программной и пороговой электростимуляции мышц, а также метод биологической обратной связи, в основу которых положена специальная обработка электромиографических сигналов, характеризующих мышечное движение.

Информационный индекс здоровья человека. В свое время академик Н.М. Амосов считал актуальной задачей разработку количественной меры состояния здоровья - так

называемого *индекса здоровья*. Согласно разработанной в Центре концепции, здоровье рассматривается как сложно организованная информационная система биологической, психической и социальной природы. Разработанный информационный количественный индекс здоровья, базируется на методе нормированной унификации разнокачественной информации (МНУРИ). По величине индекса здоровья можно более целенаправленно формировать системы оздоровительной реабилитации.

Информационные технологии обеспечения жизнедеятельности человека в различных условиях окружающей среды развиты на основе динамических мультикомпаратментальных математических моделей энергетических процессов, теплообмена и терморегуляции человека. Применение информационных технологий позволяет оценить тепловой комфорт и сделать предупреждающее заключение о безопасности пребывания и деятельности людей в указанных условиях.

Информационные технологии исследования внутриклеточных механизмов регулирования кислородного режима позволили изучать адаптационные процессы в клетке в условиях экстремальных воздействий среды. Выполненные на моделях имитационные исследования положены в основу теории адаптации целостного организма к воздействиям среды, в основе которой лежит принцип слежения за энергетическим балансом на клеточном уровне.

В Международном центре впервые созданы *образные информационные технологии* медицинского назначения, базисной основой которых является образное восприятие исследуемых физиологических систем – *сердечно-сосудистой, нервно-мышечной и углеводного обмена* на основе разработанных специальных методов и алгоритмов. Данные технологии заложили основы создания отечественных конкурентоспособных микроэлектронных приборов цифровой медицины ФАЗАГРАФ, ТРЕНАР, ДИАБЕТ ПЛЮС, направленные на раннюю диагностику сердечно-сосудистых заболеваний, диабета и реабилитацию больных с нарушениями движений. Современный уровень научных исследований во всех областях знаний и сферах жизнедеятельности человека опирается на платформу информационно-коммуникационных технологий. Эти научные направления создали фундамент для изучения биологических объектов на новом технологическом уровне. Пожалуй, именно его не доставало для своевременного решения задач и реализации идей Н.М.Амосов, которые опережали свое время.

Заключение. В последние десять лет своей жизни Н.М.Амосов сосредоточил внимание на философских размышлениях о смысле жизни и смерти, проблеме бессмертия, месте и будущей роли Человека во Вселенной, которым посвящены его последние печатные работы: «*Мое мировоззрение*» (1992), «*Голоса времен*» (1998), «*Размышления*» (2000).

Проф. В.И. Гриценко, проф. В.М.Белов

Основные работы Н.М.Амосова по кибернетике

1. *Амосов Н.М.* Регуляция жизненных функций и кибернетика / Н.М.Амосов. – Киев: Наукова думка, 1964.- 87 с.
2. *Амосов Н.М.* Моделирование мышления и психики / Н.М.Амосов.- Киев: Наукова думка, 1965.- 304 с.
3. *Амосов Н.М.* Моделирование сложных систем / Н.М.Амосов.- Киев: Наукова думка, 1968.- 87 с.
4. *Саморегуляция сердца* / [Амосов Н.М., Лищук В.А., Пацкина С.А., Палец Б.Л., Лисов И.Л.]. - Киев: Наукова думка, 1969.- 158 с.
5. *Амосов Н.М.* Искусственный разум / Н.М.Амосов.- Киев: Наукова думка, 1969.- 154 с.

6. *Амосов Н.М.* Метод моделирования социальных систем / Н.М.Амосов // Эвристические модели в психологии: Киев: Из-во ИК АН УССР, № 2, 1969.- 120 с.
7. *Автоматы и разумное поведение* / [Амосов Н.М., Касаткин А.М., Касаткина Л.М., Талаев С.А.] Киев: Наукова думка, 1973.- .
8. *Амосов Н.М.* Биологические системы.- Киев: Энциклопедия кибернетики, 1974, Т.1, С.156-159; Кибернетика биологическая.- там же, С. 446-448.
9. *Регуляция кровообращения. Экспериментальные и математические исследования* / [Амосов Н.М, Лиссова О.И., Палец Б.Л., Береговский Б.А.].- Киев: Наукова думка, 1977.- 157 с.
11. *Теоретическое исследование физиологических систем* / [Амосов Н.М., Палец Б.Л., Агапов Б.Т., Ермакова И.И., Лябах Е.Л., Соловьев В.П.].- Киев: Наукова думка, 1977.- с.
12. *Амосов Н.М.* Алгоритмы разума / Н.М.Амосов.- Киев: Наукова думка, 1979.- 223 с.
13. *Амосов Н.М.* Опыт исследования эвристических моделей личности / Амосов Н.М., Белов В.М., Ольшаников В.С. // Кибернетика – 1982, № 5.- С. 80-87.
14. *Амосов Н.М.* Природа человека / Н.М.Амосов.- Киев: Наукова думка, 1983.- 222 с.
15. *Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы* / [Амосов Н.М., Байдык Т.Н., Гольцев А.Д., Касаткин А.М., Касаткина Л.М., Куссуль Э.М., Рачковский Д.А.].- Киев: Наукова думка, 1991.- 269 с.
15. *Амосов Н.М.* Разум, Человек, Общество, Будущее / Н.М.Амосов.- Киев: БАЙДА, 1994.- 183 с.