

УДК 001:93

О.Я. Гороховатська

Академік М.М. Амосов і розвиток ідей його школи в галузі біологічної та медичної кібернетики

У статті розглядаються деякі аспекти діяльності наукової школи академіка М.М. Амосова в галузі біологічної та медичної кібернетики, а також вплив його ідей на розвиток біологічної та медичної кібернетики в Україні та світі.



М.М. Амосов

2013 рік ЮНЕСКО виголосило роком М.М. Амосова у зв'язку зі 100-річчям від дня народження цієї видатної людини — всесвітньо відомого хірурга, академіка Національної академії наук України та Національної академії медичних наук України, публіциста, літературного й громадського діяча.

Микола Михайлович Амосов народився 6 грудня 1913 р. в с. Ольхове Архангельської губернії (нині — Вологодська область). Мати вченого — Єлизавета Кирилівна — була освіченою жінкою, яка, закінчивши акушерське училище в Петербурзі, працювала акушеркою в селі неподалік від Череповця. Як зазначав Микола Михайлович в автобіографії, жили вони дуже бідно, але його мати ніколи не брала подарунків від породіль і залишилася для сина прикладом на все життя. Після школи М. Амосов закінчив Череповецький механічний технікум і став працювати на електростанції при лісопильному заводі. У 1934 р. вступив на енергетичний факультет Заочного індустріального інституту. Звістка того ж року про смерть матері наštтовхнула Миколу Михайловича на ідею конструювання штучного серця, що стало однією з причин, які врешті-решт привели М.М. Амосова до занять біологічною та медичною кібернетикою. Розуміючи, що для втілення цієї ідеї в життя потрібне глибоке знання біології, Микола Амосов вирішив вступати на біологічний факультет Ленінградського університету, але на вступні іспити спізнився. Вступив до Архангельського медінституту, пропрацювавши три роки техніком на заводі і навчаючись в Заочному індустріальному інституті. Обидва закінчив з відзнакою в 1939 р., пройшовши перші два курси медінституту за один рік. Він мав бажання займатися фізіологією, продовжити

© О.Я. Гороховатська, 2013

навчання в аспірантурі, проте можливості такої не було. Тому Микола Амосов потрапив у хірургію і захопився нею настільки, що вона стала його «стражданням і щастям» на все життя [1].

Під час війни М.М. Амосова призначили головним хірургом у пересувний польовий шпиталь, де він пройшов війну з Німеччиною та Японією, прооперувавши за цей час 40 тисяч поранених. Лікував вогнепальні переломи стегна і поранення суглобів, розробив власні методи операцій. Після війни працював головним хірургом Брянської області, займався хірургією легень. Зокрема, робив операції хворим на туберкульоз, видаляючи каверни, і в такий спосіб врятував не один десяток життів.

У 1952 році М. Амосов директор Інституту туберкульозу ім. Ф.Г. Яновського О.С. Мамолат, обізнаний з роботами Миколи Михайловича в галузі торакальної хірургії, запросив його на роботу до Києва. 1955 року М.М. Амосов почав займатися хірургією серця, і в тому ж році вперше зробив операцію на серці [1].

М.М. Амосов писав: «Моє життя було віддано хірургії. Але не тільки: був інженерний диплом, кібернетика, дослідження й моделі організму, інтелекту, психіки, суспільства. Були учні, їх дисертації, написано статті і книги» [2].

Значний внесок академік М.М. Амосов зробив не лише в розвиток грудної та серцевої хірургії, а й у розвиток і становлення в Україні школи в галузі біологічної та медичної кібернетики. Ці роботи розпочалися 1958 р. у лабораторії для відпрацювання операцій з апаратом штучного кровообігу, який Микола Михайлович сам сконструював. Пізніше додалися фізіологічні дослідження серця, що допомагало М. Амосову як хірургу. За ініціативою академіка В.М. Глушкова в Інституті кібернетики було створено спеціальний відділ біокібернетики, який у 1960 р. очолив М.М. Амосов. Сформувалося п'ять напрямів роботи, за якими працював колектив під керівництвом Миколи Михайловича, що поступово сформувався в його школу в галузі біологічної та медичної кібернетики: 1) регулюючі системи організму; 2) механізми розуму

та штучний інтелект; 3) психологія та моделі особистості; 4) соціологія та моделі суспільства; 5) глобальні проблеми людства.

Перші роботи відділу були пов'язані з моделюванням різноманітних метаболічних процесів на клітинному та організменному рівнях. У середині 60-х рр. ХХ ст. німецькими та американськими вченими були запропоновані математичні моделі деяких фізіологічних процесів: дихання, кровообігу, терморегуляції, але таких моделей було небагато, а підходи до їх розробки та методи реалізації були різні [3]. Була запропонована й математична модель біохімічних процесів клітини. У зв'язку зі складністю метаболізму клітини та недосконалістю обчислювальної техніки, в основу цієї моделі були покладені лише деякі найважливіші ланцюги біохімічних реакцій, зокрема, синтез АТФ, деяких амінокислот, нуклеїнових кислот тощо [4].

Але для створення моделі організму людини в цілому необхідно було змоделювати системи, що забезпечують життєдіяльність організму. Упродовж 1968–1975 рр. група співробітників відділу біокібернетики Інституту кібернетики АН УРСР під керівництвом Миколи Михайловича провела роботи зі створення математичного опису та цифрових моделей низки найважливіших систем організму та дослідження деяких саморегуляторних процесів у них; з розробки комплексної моделі взаємопов'язаних фізіологічних систем і вивчення з її допомогою регуляції життєвих функцій організму за нормальних умов функціонування; застосування моделі для відтворення спрощених патологічних ситуацій. Були розроблені цифрові моделі підсистем деяких фізіологічних систем так званої внутрішньої сфери організму: кровообігу, зовнішнього дихання й тканинного метаболізму, водно-сольового обміну, терморегуляції. Роботи здійснювалися у три етапи — побудова математичних моделей, дослідження цифрових моделей окремих фізіологічних систем і процесів, а також вивчення комплексу цифрових моделей взаємопов'язаних фізіологічних систем організму людини. Так було створено комплексну модель регуляції життєво важливих функцій організму людини за нормальних умов. Дослідження моделей пока-

зали, що теоретичні дані добре збігалися з експериментальними, отриманий матеріал можна було використовувати як для кількісного аналізу експериментальних і клінічних даних, так і для системного аналізу фізіологічних функцій. Використовуючи створену математичну модель, вчені дослідили процеси регуляції фізіологічних процесів за умов нормального функціонування організму при імітації фізичного навантаження. Результати дозволили зробити висновок про відповідність більшості реакцій моделі експериментальним даним. За допомогою запропонованої комплексної моделі взаємопов'язаних фізіологічних систем організму людини можна було також вивчати роль тих чинників, які характеризують процес адаптації до фізичного навантаження. Ці відомості були особливо важливими для застосування в галузі фізіології праці та спорту. Крім того, на створеній моделі було досліджено регуляцію фізіологічних функцій для умов серцевої патології, зокрема слабкості серця. Розроблена модель у цілому виявилася придатною для відтворення деяких патологічних станів організму людини [5].

Упродовж тривалого часу в медицині широко застосовувалося штучне відтворення різноманітних хвороб і хворобливих станів у дослідях на тваринах. Усвідомлення, що організм людини може працювати в комплексі з технічними системами, привело до виникнення біотехнічних систем. Одним з напрямів їх розвитку стало створення систем компенсації втрачених фізіологічних функцій організму – вегетативних, сенсорних, рухових. Ще одним напрямом стала розробка систем підтримки фізіологічних функцій організму людини в екстремальних умовах середовища [6]. Розвиток кібернетики, електронно-обчислювальної техніки, інформатики дали можливість здійснювати математичне моделювання різноманітних функціональних розладів, патологічних станів і процесів, окремих захворювань та їх ускладнень. На початковому етапі найширше застосування кібернетичні методи знайшли у фізіології, прикладом чого є отримання характеристик органів і систем. Найзагальнішою є динамічна характеристика, у якій відображається зміна функцій у часі за різних умов на-

вантажень. Статичну характеристику можна отримати в стаціонарному режимі при переході з одного стійкого рівня на інший [7].

Розвиток інструментальної бази дозволив реєструвати багато функцій та обробляти великий масив результатів досліджень. Унаслідок цього з'явилася можливість отримувати дані для кількісних моделей алгоритмічного чи структурного типу. У першому випадку можна було намалювати схему розвитку хвороби й за нею створити алгоритмічний опис моделі з відповідними цифровими матрицями, після чого зробити ймовірні розрахунки динаміки патологічного процесу хворого. В другому – у процесі модельного експерименту отримували патологічні характеристики органів, за допомогою яких на мережевих структурних моделях можна було передбачати розвиток хвороби. Ще одним джерелом інформації для створення моделей були клінічні дослідження, що дозволяли накопичувати інформацію щодо фізіологічних процесів безпосередньо від хворих під час перебігу захворювання. Передбачалося, що клінічні моделі будуть ціннішими та перспективнішими за експериментальні, оскільки їх можна буде застосовувати на практиці, зокрема, моделювати не лише розвиток патологічних процесів, а й лікувальні заходи.

Разом з тим, при створенні моделей існували певні труднощі. Машинне моделювання не могло компенсувати нестачу відомостей про суть явищ, які неможливо було дослідити на момент побудови моделі. Були відсутні кількісні характеристики навіть тих органів, робота яких була вивчена добре. Досить складно було також отримати патологічні характеристики органів і систем, оскільки модельні досліді займали багато часу, їх важко було повторювати. Не дивлячись на складнощі, першим об'єктом для застосування методів кількісного моделювання у фізіології було обране серце, оскільки воно є одним з найважливіших органів людини і може працювати, будучи ізольованим. Не останню роль зіграло й те, що М.М. Амосов, який керував роботою, був кардіохіруром. Але різноманітність факторів, що впливають на діяльність серця, ускладнювала створення повної моделі його роботи. Тому дослідження здійснювалося на серцево-

легеневому препараті, а також було обмежено тип характеристик серцевої діяльності. У результаті було вирішено питання про однозначне кількісне описання роботи серця в чітко визначених умовах. Крім того, були продемонстровані нові методичні можливості порівняльного вивчення роботи серця в експерименті, а також властивостей математичної моделі системи саморегуляції міокарда [7].

Математичне моделювання патологічних станів організму людини, розпочате у 70-х рр., і створення співробітниками М.М. Амосова математичної моделі серцевої патології виявилось перспективним і отримало подальший розвиток. З точки зору теорії керування, патологічний стан характеризується виходом режиму внутрішнього середовища з певних меж. Оскільки сталість внутрішнього середовища залежить від багатьох зовнішніх і внутрішніх чинників, порушення в окремих ланках може призвести до порушення системи гомеостазу в цілому. Крім того, патологічний стан організму — це динамічний процес. Створення алгоритмічних адаптивних моделей патологічного стану пропонувало пояснення подолання організмом цього стану й відновлення режиму внутрішнього середовища.

Паралельно з М.М. Амосовим дослідження в галузі математичного моделювання фізіологічних систем здійснювалися в Інституті проблем управління в Москві, в Інституті експериментальної фізіології ім. І.П. Павлова в Ленінграді, в Інституті фізіології в Новосибірську та в київському Інституті фізіології ім. О.О. Богомольця.

Необхідно зазначити, що створення гомеостатичних систем за допомогою керуючих впливів має складнощі, пов'язані з деякою непередбачуваністю перебігу різних фізіологічних процесів, що визначаються зміною природних впливів і, внаслідок цього, невизначеністю параметрів.

Одним з параметрів, за якими можна визначити стан здоров'я людини, є хімічний склад крові, зокрема, рівень глюкози у плазмі. На початкових етапах вивчення системи регуляції рівня глікемії дослідники здійснювали узагальнення фізіологічних даних на основі гіпотез, що пояснювали

отримувані результати на якісному рівні. З часом з'явилася математична модель вуглеводного обміну. У середині 70-х рр. американськими вченими було створено глюкозний аналізатор крові — біостатор, а в 1985 р. в Інституті трансплантології та штучних органів (Москва) створено автоматизовану систему Біостатор-ЕОМ-дозатор, де біостатор виконував функцію датчика глюкози, а керування введенням інсуліну через дозатор за індивідуально виявленим алгоритмом регуляції цукру у крові хворого здійснювала персональна ЕОМ [8]. На початку 80-х років ученими колишнього СРСР, Італії, Канади було запропоновано новий методологічний прийом побудови складних математичних моделей системи вуглеводного обміну з включенням у моделі результатів спеціально поставлених експериментів. У 90-ті рр. було розроблено алгоритми зовнішнього керування системою регуляції глікемії [9].

Упродовж 80-х рр. було розроблено низку моделей вуглеводного обміну, що узагальнювали величезний обсяг інформації та дозволяли спостерігати деякі фізіологічні процеси, складні для спостереження в реальних умовах, за допомогою комп'ютерного експерименту. Такі моделі були надзвичайно великими й складними для синтезу алгоритмів зовнішнього керування. Тому було розроблено моделі доклінічного імітаційного дослідження, суть якого полягала в перевірці працездатності відібраних і попередньо оброблених на мінімальних моделях алгоритмів керування шляхом підключення їх до більш складних моделей. Наявність моделі фізіологічної системи, більш адекватної, ніж та, яку використовували при виборі алгоритму керування, дозволяла перевіряти роботу алгоритму за умов точнішої імітації внутрішніх зв'язків у модельованій системі. Ще одним важливим моментом дослідження була можливість перевірки всього комплексу процедур комп'ютерної підтримки забезпечення вуглеводного гомеостазу [10].

У цілому ін'єкційна терапія при цукровому діабеті задовольняє потреби хворого при нестачі власного гормону, проте призводить до значних за амплітудою коливань рівня глюкози протягом доби. Тому пошук техніч-

них засобів і способів зовнішньої корекції різних відхилень у системі регуляції глікемії залишається актуальною проблемою фізіологічної та практичної медицини. У Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій і систем НАН та МОН України з метою вивчення комплексу проблем, що виникають при вивченні взаємодії системи зовнішнього керування з системою вуглеводного обміну, на початку 90-х рр. було здійснено дослідження зі згаданої проблеми. У результаті було розроблено структуру комплексу для проведення доклінічного імітаційного дослідження різних способів зовнішнього функціонування фізіологічних систем. Було показано, що ефективність зовнішньої корекції збільшується при керуванні з одночасним контролем рівня глікемії та використаням прогнозуючої моделі, що дозволяє компенсувати запізнення надходження результатів вимірів і їхню дискретність [9].

Було запропоновано систему адаптивного керування рівнем глікемії. Відповідний алгоритм випробувано в модельному експерименті з вивчення впливу частоти забору крові для аналізу, тривалості інтервалу прогнозування та похибок приладів на якість управління. Виявилось, що похибки вимірювань і прогнозування суттєво впливають на процес керування рівнем глікемії. Було зроблено висновок, що оптимальним засобом покращення якості керування з дискретно-замкненим зворотним зв'язком є здійснення вимірів у керуваному об'єкті з інтервалом 10–15 хвилин.

Вищезазначені алгоритми є призначеними для стаціонарних пристроїв, які працюють в автоматичному режимі і мають датчики, що дозволяють здійснювати регулярні виміри. Разом з тим, використання адаптації прогнозуючої моделі можна поєднувати з пристроями зовнішньої корекції рівня глікемії, здатними працювати без швидкодіючих датчиків. У такому випадку контроль за рівнем глюкози у крові можна здійснювати традиційними методами, за яких проби беруть значно рідше.

Розробка низки систем імітаційного дослідження уможливила оцінку ефективності керуючих алгоритмів, які дозволяють регулювати рівень глікемії для підтримання нормального гомеостазу в ши-

рокому діапазоні змін умов взаємодії системи, що вивчається, з зовнішнім середовищем, оцінювати ризик, пов'язаний з неточністю й дискретністю вимірювань і з неадекватністю прогнозуючих моделей. Було з'ясовано, що для оцінювання ефективності вибору способів підтримки регулювання вуглеводного обміну на доклінічних етапах дослідження доцільно використовувати дворівневу систему моделювання, яка є принциповою основою комп'ютерної підтримки прийняття рішень при лікуванні діабету [10].

Досить важливою для фізіологічної кібернетики є перевірка адекватності фізіологічних моделей. Основний критерій якості моделі – її корисність для аналізу та інтерпретації експериментальних або клінічних даних. Математичні моделі можуть бути використані на будь-якому етапі фізіологічних і клінічних досліджень.

Часто у лікарів виникає необхідність обирати рішення з декількох можливих варіантів. Тому розв'язування завдань клінічної медицини можна віднести до багатопараметричних задач.

Поступово набуло поширення застосування кібернетики та електронно-обчислювальної техніки в хірургії для автоматичного контролю за якістю анестезіології; оцінки функціональних змін організму та його систем під час операцій та при застосуванні анестезіологічних засобів; визначення функцій серця і легень тощо. При деяких захворюваннях або травмах, коли є необхідність проведення хірургічної операції, виникає потреба в підтриманні певної глибини наркотичного стану хворого. Для швидкої оцінки сукупності цілої низки показників стану людини, яку оперують, необхідний великий досвід анестезіолога. У зв'язку з цим давно виникла необхідність створення автоматичної чи напівавтоматичної системи керування глибиною наркотичного стану. Ще з 50-х рр. минулого століття такі дослідження проводилися у США, Великій Британії, Франції, Швеції, а у 60–70-х рр. – у СРСР. Було з'ясовано, що найбільшим каменем спотикання в процесі створення автоматичного регулювання глибини наркозу є відсутність єдиного показника, тісно й беззаперечно пов'язаного з глибиною нарко-

тичного стану. Важливим також є контроль за низкою фізіологічних параметрів, що свідчать про стан організму при наркозі, а саме: за серцевою діяльністю, кров'яним тиском, електричною активністю мозку, диханням та вмістом кисню у крові. Було запропоновано три відносно автономних рівня керування. Перший з них спрямовувався на підтримку гомеостазу, другий — на визначення оптимального режиму внутрішнього середовища відповідно до критерію оптимальності, який вироблявся на третьому рівні в результаті обробки інформації, що надходила з навколишнього середовища. Було показано, що під впливом наркотичних речовин відбувається порушення системи керування організмом: повністю припиняється діяльність третього рівня й частково другого. При цьому не повиненно відбуватися порушення гомеостазу, що може спричинити смерть хворого. Тому визначення дози застосовуваної наркотичної речовини має здійснюватися з урахуванням показників усіх трьох рівнів керування [11].

Досить важливе діагностичне та практичне значення має вивчення шкіряно-гальванічного рефлексу. Групою дослідників з Інституту кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України було запропоновано метод вимірювання електричного градієнту шкіри голови, який є загальним показником функціонального стану центральної нервової системи й може використовуватися при диференціальній діагностиці неврозів і психозів [12].

У тому ж інституті в 80–90-ті рр. ХХ ст. було створено й досліджено математичні моделі системи регуляції захисних функцій організму з урахуванням стану імунної системи; модель керування за допомогою кровообігу процесами, що відбуваються в організмі при вірусному гепатиті. Було розроблено класифікатор захворювань на ВІЛ-СНІД, який можна застосовувати при здійсненні науково-дослідницьких робіт з проблеми СНІДу, для виявлення особливостей патогенезу з урахуванням різних груп ризику, віку, механізму передачі вірусу, регіональних особливостей тощо [13]. Було розроблено також математичну теорію оптимального керування імунною реакцією, що включала матема-

тичні моделі взаємопов'язаного функціонування різних ланцюгів імунної системи, та нормалізацію захисних реакцій організму за рахунок узгодження роботи окремих регуляторних ланцюгів імунної системи. Це дозволило кількісно оцінити вірогідності виникнення передпатологічних і патологічних станів у людей під впливом несприятливих чинників навколишнього середовища й обґрунтувати оптимальні лікувальні заходи для нормалізації імунної відповіді при окремих захворюваннях [14].

Стан імунної системи людини багато в чому залежить не тільки від умов довілля, його забрудненості, але й від продуктів харчування. Особливої актуальності ця проблема набула на територіях, що постраждали внаслідок Чорнобильської аварії. У зв'язку з цим на початку 90-х рр. групою співробітників Кібернетичного центру НАН України було запропоновано інформаційну систему для підвищення ефективності аналізу екологічних і медико-біологічних даних, необхідних для розробки безпечного й ефективного раціону осіб, які перебувають у зараженій зоні.

Розпорядженням Президії АН УРСР від 06.11.90 № 1094 Інститут кібернетики було затверджено базовою установою Академії наук України з розробки та впровадження моніторингу навколишнього середовища та республіканської екологічної інформаційної системи Державної програми охорони навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів УРСР на 1991–1995 рр. та на період до 2005 р. Визнанням авторитету школи українських учених у галузі математичного моделювання екологічних процесів виявилось проведення в Києві в листопаді 1990 р. Міжнародної наукової конференції «Керування екологічним ризиком», яка була організована Європейським відділенням Товариства з аналізу ризику, Всесвітньою організацією охорони здоров'я тощо.

У зв'язку з зовнішньою політикою, яку СРСР проводив у 70-80-х рр., радянські науковці були погано обізнані зі станом у багатьох галузях наук західних країн. Статті зарубіжних учених щодо вивчен-

ня і створення нейромереж публікувалися мало й несистематично, а доступ до відповідних журналів для вітчизняних учених був ускладненим та обмеженим.

У Москві та Ленінграді С.Н. Брайнес, А.В. Напалков, В.Б. Свечинський та інші приділяли більше уваги вивченню роботи мозку та моделюванню процесів, пов'язаних із пам'яттю. У Ростові-на-Дону група дослідників під керівництвом професора О.Б. Когана займалася створенням нейромереж, моделюванням нервових механізмів та створенням робототехніки, дослідженням нейрофізіології психічної діяльності.

Академік М.М. Амосов упродовж багатьох років також приділяв досить велику увагу проблемам створення нейромереж і систем штучного інтелекту. Він вважав, що штучний інтелект став особливою галуззю знання, оскільки поєднав у собі декілька підходів: кібернетичний, технічний та психофізіологічний [15]. Поступово сформувалися школи М.М. Амосова та О.Б. Когана в галузі біологічної кібернетики. На початку 80-х рр. у роботах школи М.М. Амосова з'явився напрям, пов'язаний зі створенням нейромережесистем керування роботами [16]. Київські дослідники активно й плідно працювали з ростовськими, беручи участь у всесоюзних конференціях з нейрокібернетики (із залученням іноземних фахівців), що проводилися у 70-90-х рр. у Ростові-на-Дону. У 1988 р. на конференції «Архітектура нейрокомп'ютерів», що проходила в Пушино-на-Оці (Росія), спеціалісти з Вірменії, Литви, Росії, України та деяких інших колишніх союзних республік організували співтовариство з нейронних мереж, яке у 1991 р. перетворилося на Російську асоціацію з нейроінформатики. Зараз ця асоціація об'єднує дослідників нейронних мереж, які працюють в ближньому та далекому зарубіжжі. Серед українських учених до складу правління Асоціації, обраного у 2005 р., упродовж двох років входила д-р техн. наук, співробітниця Міжнародного науковонавчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОН України, учениця академіка Амосова Т.М. Байдик [17].

Розглядаючи розум як здатність до виділення й переробки інформації, М.М. Амо-

сов зауважував, що створення штучного розуму зводиться до створення програм для універсальних машин або до конструювання спеціальних пристроїв, здатних виділяти інформацію, що до них надходить, і на її основі забезпечувати вплив на зовнішній світ. Тобто, штучний розум — це штучна імітуюча установка, елементи якої повинні виділяти просту інформацію, а сполучення з них — складну. В основі створення штучного інтелекту лежить проектування й розробка елементів і створення з них певних структур [18]. Якщо американські й англійські дослідники зосереджували увагу на принципах дії та навчання штучних нейронів, то українські — розглядали останні як функціональні одиниці нейромережі. Штучні нейромережі являли собою пристрої, що використовували величезну кількість умовних рефлексів.

Штучні нейронні мережі знайшли широкое застосування в наукових дослідженнях і в практичній діяльності людини, зокрема для вирішення деяких завдань біології та медицини. Одним з напрямів, який зараз інтенсивно розвивається, є використання нейромереж у кардіології. В Італії було розроблено експертну систему для діагностики та лікування артеріальної гіпертонії, яка розраховує індивідуальну схему лікування для кожного хворого; лікар може передавати цій мережі свій досвід, і в будь-який час можна ініціювати доучування нейромережі. Нейромережі застосовують також для діагностики захворювання периферійних судин та інфаркту міокарда, виявлення атеросклеротичних бляшок у артеріях, діагностики захворювань печінки, для роботи електрокардіостимуляторів та інтерпретації медичних даних тощо. Враховуючи, що одним із завдань перших перцептронів було розпізнавання образів, зараз у практичній медицині використовують нейромережі для обробки електрокардіограм, класифікації пухлин молочної залози за даними маммограм, обробки лабораторних аналізів і тестів. Серед нейромережесистем експертних систем є також прогностичні моделі для прогнозування результатів хвороби. У 1990 р. у США було розроблено й встановлено в реанімаційному відділенні однієї з лікарень штату Мічиган

експертну систему, яка швидко оцінювала динаміку стану хворого, зміни якої непомітні для лікарів.

Найбільше застосування штучні нейронні мережі знаходять у біологічних наукових дослідженнях. Оскільки в основу нейромереж покладено принципи роботи біологічних систем, функціонування деяких систем органів людини розглядається з точки зору нейронних мереж. Ще М.М. Амосов при роботі над створенням моделі «внутрішньої сфери» організму спирався на принцип прямих і зворотних зв'язків у роботі функціональних систем. Тому логічно, що сучасні дослідники розглядають функціонування ендокринної та імунної систем організму, як такі, що працюють саме за принципом, подібним до нейронних мереж. Останні використовуються також для ідентифікації хромосом людини в біологічних і медичних цілях та у криміналістиці. Штучні нейромережі застосовувались і в систематиці. При описанні нових видів рослин, тварин та мікроорганізмів іноді неможливо отримати всю необхідну інформацію, і в цьому випадку використання нейромереж може стати у нагоді, оскільки така система здатна працювати за відсутності деяких вхідних даних [19].

У 90-х рр. минулого століття М.М. Амосов став більше займатися соціальними й психологічними аспектами кібернетики. Приділяючи увагу питанням моделювання суспільства, він розумів, що основою соціологічних моделей є соціальна психологія людини, модель особистості.

З'ясування переваг і недоліків різних суспільних устроїв стало поштовхом до створення евристичних моделей суспільства. Такі моделі допомагали зв'язати в єдину систему численну кількісну та якісну інформацію, а також перевірити суперечність закладених у них гіпотез шляхом порівняння моделі та об'єкта, що моделюється, і за необхідності здійснити корегування цих гіпотез. Метод евристичного моделювання, вважав учений, підходить для будь-яких соціальних систем. Залежно від мети й ресурсів можна розробити моделі різної складності та спрямованості, причому в першу чергу потрібно створити обмежені системи, щоб удосконалити керування економікою.

Економічні моделі передбачали спеціальні економічні критерії ефективності управління (продуктивність праці, собівартість продукції, прибуток тощо), проте не враховували людський чинник (психіку людей та ідеологічні чинники). Тому дослідники запропонували доповнити інформаційну модель економічної системи її соціальною моделлю. М.М. Амосов вважав, що врахування психологічних аспектів у моделі суспільства дозволить повніше зрозуміти соціальні тенденції. «Моделі широко розповсюджені в економіці, проте з них виїнято серцевину — психологію та соціологію. Без них вони втрачають більшу частину своєї цінності. У трактуваннях таких складних систем, як особистість, суспільство, наші філософи розходяться з західними на 100%. І не зможуть домовитися, доки не буде теорії, що спиратиметься на методіку вимірів, та математичної моделі. Тобто, доки наука про суспільство не перейде зі сфери гуманітарної в природничу» [1]. Для цього він запропонував використовувати узагальнені моделі особистостей, які відображали б основні риси різних соціальних груп.

У СРСР соціологію можна було розглядати лише як суспільну науку, її біологізація не допускалася. Дослідження з соціальної психології викривали й певні недоліки соціалістичної системи. Тому відкрити в Інституті кібернетики відповідну тему не дозволили, дослідження в цьому напрямі, які велися там з 60-х років, на деякий час загальмувалися і стали більше спрямовуватися на робототехніку та штучний інтелект [1].

Але, незважаючи на заборони, у 1972 р. у результаті тривалих досліджень було побудовано першу структурно-функціональну модель узагальненої людини СОЦІОН. Завдяки експериментам було доведено, що можна створювати моделі з достатнім ступенем правдоподібності таких рис людини, як почуття, мотиви, стан душевного комфорту. Створена функціональна система узагальненої моделі особистості була зорієнтована на те, щоб врахувати людський фактор в автоматизованих системах керування виробництвом. Модель містила низку виробничих параметрів, зокрема, про-

дуктивність праці, ступінь втоми, рівень душевного комфорту тощо.

Можливість знов повернутися до проблем соціальної психології з'явилась у вчених вже за часів Перебудови.

З метою створення моделі особистості конкретного респондента М.М. Амосов 1990 р. здійснив через «Літературну» та «Учительську» газети декілька соціологічних опитувань, результати яких було оброблено й опубліковано в популярних журналах. Переймаючись ідеями побудови моделі суспільства, учений звертав увагу на питання відображення в ній ідеології. Він пропонував два джерела виникнення ідей – Алгоритм Розуму та біологічні потреби. До оптимізації ідеологій він підійшов через моделі соціальних систем. Для цього було використано три типи моделей: структурні, статистичні та експериментальні. Моделі були призначені для дослідження взаємодії ідеології та психології у їх впливі на політику та економіку. Учений сам досить скептично оцінював реальність і дієвість створених ним моделей і, разом з тим, наголошував на необхідності їх створення й використання для залучення науки до керування суспільством.

Ці роботи дозволили М.М. Амосову знайти цікаві модельні рішення оптимального балансу суспільство-особистість. Але, хоча впродовж 30 років М.М. Амосов з невеличкою групою співробітників розробили десятки схем, створити структурну кількісну модель, яка б відтворювала зміни ідей, почуттів, слів, дозволяла моделювати політику, їм не вдалося [1].

Зрозуміло, що формування школи академіка М.М. Амосова в галузі біологічної та медичної кібернетики стало можливим саме завдяки особистості вченого. Маючи безумовний авторитет і талант лідера, він створив особливу атмосферу наукових досліджень, виховав і згуртував навколо себе висококваліфікованих фахівців. Колишні учні та колеги Миколи Михайловича згадували, що він був надзвичайно яскравою, неординарною, геніальною людиною. Спогади деяких його учнів підкреслюють непересічність і масштаб цієї особистості.

Касаткіна Лора Михайлівна, канд. техн. наук, працювала з М.М. Амосовим з 1964 р., його перша аспірантка: «Він був чудовим науковим керівником, оскільки можна було мати свою думку і відстоювати її. Працювати з ним було дуже легко, він ніколи не відстежував тонкощі, давав повну самостійність. Задавав напрям роботи, консультації здійснював по суті, решта – справа самого аспіранта».

Белов Володимир Михайлович, д-р мед. наук, провідний науковий співробітник Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем (МННЦІТіС) НАН України та МОН України, працював з М.М. Амосовим з 1969 р. упродовж 21 року: «У Миколи Михайловича була вражаюча здатність знаходити слабкі місця у викладенні. Він міг тільки побіжно продивитися текст і одразу ж знайти це місце. Аналітичний розум і вражаюча допитливість, особливо в тих галузях, якими він не займався. Був жорстким у відслідковуванні ідеї, яка висувалася. У роботі дуже чіткий та обов'язковий.»

Єрмакова Ірена Йосипівна, д-р біол. наук, професор, провідний науковий співробітник МННЦІТіС НАН України та МОН України, працювала з М.М. Амосовим упродовж 25 років: «У роботі з Миколою Михайловичем допомагала його особистість – крайня інстанція, де ти намагався ствердитися на рівні бога. Був прикладом для нас у науці і в житті. Ідеї Амосова живуть у його безпосередніх учнях і в учнях його учнів. Ми пишаємось своїм вчителем і щасливі, що він у нас був і є!»

Ольшаніков Валерій Степанович, канд. техн. наук, працював з М.М. Амосовим упродовж 30 років: «У ньому приваблювали неймовірна працелюбність, відвертість, прагнення справедливості (у деталях і в глобальних масштабах). Він був досить демократичним у ролі наукового керівника. Для стилю й методів роботи колективу були характерні романтика, ентузіазм, готовність братися за найскладніші завдання з метою їх вирішення.»

Талаєв Семен Олексійович, головний інженер-програміст МННЦІТіС НАН України та МОН України, працював з

М.М. Амосовим упродовж 36 років, починаючи з аспірантури в 1966 р.: «Микола Михайлович був багатогранною особистістю. Він міг бути авторитарним, але брав на себе відповідальність в умовах діяльності, пов'язаної з високою ціною помилки (хірургія). Був суворим учителем, коли опікувався молодими, у яких вірив. І був «старшим» партнером при постановці та пошуку рішень проблем, у яких тільки формувалися основи наукових знань».

Рачковський Дмитро Андрійович, д-р. техн. наук, провідний науковий співробітник МННЦІТІС НАН України та МОН України, працював з М.М. Амосовим 15 років, його останній аспірант: «Микола Михайлович вимагав багато працювати і бути розумним. Вміти оцінювати будь-яку інформацію і не боятися висловлювати власну думку. Якщо Микола Михайлович був з чимось незгоден, свою точку зору завжди можна було відстояти. Іноді він потім погоджувався, що був неправий, іноді — ні. Але навіть у цьому випадку він дозволяв діяти самостійно, тобто вчитися на власних помилках».

Подальшому розвитку біологічної та медичної кібернетики в Україні сприяли саме колишні учні та прихильники ідей Миколи Михайловича Амосова. Потужний центр, яким був відділ біокібернетики, очолюваний ученим, дав початок багатьом осередкам цього наукового напрямку в Україні й на теренах колишнього СРСР.

Згаданий відділ біокібернетики мав досить тісні й тривалі наукові контакти з ученими Харківського державного університету ім. В.Н. Каразіна, Харківського державного медичного університету. Не дивно, що в Харкові теж відбувався розвиток біологічної та медичної кібернетики та інформатики. Зокрема, в Харківській медичній академії післядипломної освіти 1995 р. з'явилася кафедра клінічної інформатики та інформаційних технологій. Основні напрями її діяльності лежать у сфері розробки інформаційних технологій для нейро- та кардіодіагностики, медичних

експертних, інтелектуальних та навчальних систем, а також інформатизації охорони здоров'я. Здійснюються наукові дослідження зі створення типової госпітальної інформаційної системи, мережі «Укрмеднет» тощо [155]. І Харківська, і Київська медичні академії післядипломної освіти є членами Української асоціації «Комп'ютерна медицина».

Отже, крім установ, у яких традиційно, починаючи з 60-х рр. минулого століття, займалися дослідженнями в галузі біологічної та медичної кібернетики, цей напрям почали успішно розвивати інститути підвищення кваліфікації лікарів, а також вищі навчальні заклади. З 1996 р. на факультеті післядипломної підготовки Запорізького державного медичного університету було створено кафедру медичної, фармацевтичної інформатики та нових технологій, де здійснюється наукова робота з розробки методик формалізації медико-біологічних знань і програмного забезпечення для формування баз знань інтелектуальних медичних і біологічних систем. Науковцями кафедри було створено інформаційну систему для медичної санітарної частини Запорізької АЕС, а також інформаційні системи «Аутопсія», «Онколог», «Гінеколог», «Біопсія». Здійснюється робота зі створення інформаційної структури медико-екологічного моніторингу Запоріжжя на основі технологій Інтернет і розподілених баз даних [156].

Гідним продовженням розвитку ідей М.М. Амосова стала поява в 2002 р. міжуніверситетського медико-інженерного факультету, створеного на базі Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця та Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». На факультеті працюють кафедри медичної кібернетики та телемедицини і біомедичної інженерії, де готують студентів за спеціальностями «Медична кібернетика й інформаційні технології в телемедицині» та «Інформаційні управляючі системи і технології».

1. *Амосов Н.М.* Энциклопедия Амосова. Алгоритм здоровья. Человек и общество / Н.М. Амосов. – М.: ООО «Издательство АСТ»; Д.: «Издательство Сталкер», 2003. – 464 с.: ил. – Библиогр.: с. 456–458.
2. *Амосов Н.М.* Голоса времен / Н.М. Амосов. – М.: Вагриус, 1999. – 429 с.
3. *Амосов М.М., Лишук В.О., Палець Б.Л. та ін.* Моделювання «внутрішньої сфери» організму // Фізіологічний журнал. – 1971. – Т. 17, № 2. – С. 156–166.
4. *Амосов Н.М., Остапов Ю.Г.* Математическое моделирование метаболизма клетки // Проблемы кибернетики. – М., 1972. – Вып. 25. – ИА НБУВ НАН України. – Ф. 52. – Оп. 1. – Од. зб. 79. – Арк. 1–4.
5. *Теоретические исследования физиологических систем.* Математическое моделирование: (Монография) / Амосов Н.М., Палець Б.Л., Агапов Б.Т. и др. – К.: Наукова думка, 1977. – 246 с. – Библиогр.: с. 227–243.
6. *Ахутин В.М., Нефедов В.П., Сахаров М.П. и др.* Инженерная физиология и моделирование систем организма: (Монография) – Новосибирск: Наука, 1987. – 236 с. Библиогр.: с. 220–234.
7. *Саморегуляция сердца* / Амосов Н.М., Лишук В.А., Пацкина С.А. и др. – К.: Наукова думка, 1969. – 159 с. – Библиогр.: с. 153–158.
8. *Клиника «Ваше здоровье».* – URL: <http://www.lor.inventech.ru>.
9. *Кифоренко С.И.* Имитационные исследования системы углеводного обмена и синтез алгоритмов и режимов управления: Автореф. дис. ...доктора биол. наук / Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова АН Украины. – К., 1992. – 32 с.
10. *Биоэкология: единое информационное пространство:* (Монография) / Грищенко В.И., Вовк М.И., Котова А.Б. и др. – К.: Наукова думка, 2001. – 318 с. – Библиогр.: с. 303–314.
11. *Биологическая и медицинская кибернетика* / Под ред. С.Н. Брайнеса. – М.: Медицина, 1971. – 248 с.
12. *Иванов-Муромский К.А.* Способ исследования динамики электромагнитного гомеостаза организма // Биоматематика и медицинская информатика: Сб. науч. тр. - К.: АН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова, Науч. совет по пробл. «Кибернетика». – 1992. – С. 52–58.
13. *Отчет о научной и научно-практической деятельности ордена Ленина Института кибернетики имени В.М. Глушкова АН УССР.* – 1991. – Поточний архів Президії НАН України – С. 49–50.
14. *Атоев К.Л., Яненко В.М.* Иммунный статус организма: синегризм и антагонизм эффекторных и супрессорных популяций лимфоцитов. Математическое исследование // Кибернетика. – 1988. – № 4. – С. 115–125.
15. *Амосов Н.М.* Энциклопедия Амосова. Алгоритм здоровья. Человек и общество / Н.М. Амосов. – М.: ООО «Издательство АСТ»; Д.: «Издательство Сталкер», 2003. – 464 с.: ил. – Библиогр.: с. 456–458.
16. *Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы:* (Монография) / Амосов Н.М., Байдык Т.М., Гольцев А.Д. и др. – К.: Наукова думка, 1991. – 272 с. – Библиогр.: с. 260–266.
17. *Офіційний сайт Російської асоціації нейроінформатики.* – URL: <http://www.niisi.ru/iont/ni/>.
18. *Амосов Н.М.* Искусственный разум / Н.М. Амосов. – К.: Наукова думка, 1969. – 155 с.
19. *Нейроинформатика:* (Монография) / Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др. – Новосибирск: Наука. СП РАН, 1998. – 296 с.

Одержано 27.12.2013

О.Я. Гороховатская

Академик Н.М. Амосов и развитие идей его школы в области биологической и медицинской кибернетики

В статье рассматриваются некоторые аспекты деятельности научной школы академика Н.М. Амосова в области биологической и медицинской кибернетики, а также влияние его идей на развитие биологической и медицинской кибернетики в Украине и мире.