



**Евген Сергієнко**  
журналіст,  
член Спілки журналістів України,  
м. Харків

**Щ**о таке головний мозок? З погляду фізиків або хіміків, це вода — слабкосолоний розчин, трохи жирів і пептидів і, разом з тим, людський мозок — це і лемент дитини, і паровий двигун, і симфонія *Бетховена*, і "Кобзар" *Тараса Шевченка*, і космічний корабель, і гороскопи астрологів, численні відкриття і помилки людства.

Мозок дає людині велике щастя пізнання: творення. Він дозволяє дістатися глибин Всесвіту і досягнути таємниці мікросвіту і, нарешті, пізнати саму себе.

Але мозок сам по собі — найзагадковіший об'єкт Всесвіту. З давніх-давен люди намагалися розкрити його таємниці, власне, те, що ставить *Ното Sapiens* над тваринним світом — здатність до мислення.

Від фантастичних уявлень до неспміливих спроб дослідити функцію мозку, від неявних гіпотез до точного експерименту, від остраху перед неосязністю божественної душі до спроб створення штучного інтелекту.

Довгим і тяжким був цей шлях пізнань. Ось його деякі основні віхи.

#### IV століття до нашої ери

Уже давні грецькі лікарі знали, що мозок зв'язаний з мисленням, почуттями і рухами людини. Але навіть геніальний *Аристотель* дотримувався найвищого уявлення, що мозок послугує для виділення рідини, що охолоджує серце, а піфагорійці, вважали, що людина має три душі — рослинну, яка

міститься в пупку, тваринну — в серці і раціональну — в мозку, причому остання є тільки у людини.

#### VI століття до нашої ери

Римські лікарі на чолі з видатним анатомом і медиком *Галеном* помилково вважали, що основні частини мозку — це його шлуночки, де "містяться" почуття, пам'ять і мислення. Таке уявлення панувало аж до епохи Відродження.

#### XVI століття

Великий анатом і лікар *Везалій* піддав гострій критиці уявлення *Галена*, а відтак дав могутній поштовх розвитку уявлень про роботу і будову людського тіла. *Везалій* писав: "*Мозок побудовано заради головування розуму, також чуттєвості і руху, що залежить від нашої волі*". Він вперше дав точні анатомічні співвідношення в побудові мозку.

#### XVII століття

Рідкісне поєднання широкого філософського розуму з точним науковим спостереженням дозволило *Декарту* відкрити рефлекторний принцип, згідно з яким мозок сприймає органами почуттів зовнішні стимули, а потім надсилає до ефекторів (м'язів, залоз). Рефлекс — основа первинної діяльності. Цей принцип отримав блискуче підтвердження надалі, особливо в XIX ст., зігравши винятково важливу роль у формуванні матеріалістичного погляду на діяльність нервової системи.

Однак у ХХ ст., в зв'язку з проникненням у науку про мозок уявлень про роль процесів саморегулювання, стала очевидною необхідність заміни класичних положень теорії Декарта про тричленну рефлекторну дугу уявленнями про рефлекторне кільце: дуга доповнюється зворотнім зв'язком, що сигналізує в центральну нервову систему про результат діяльності.

### XVIII століття

Це був період систематики. Зоологи та ботаніки ретельно розкладали по полицях дані про властивості рослин і тварин. Для пізнання фізіології та морфології частин людського тіла століття це дало дуже мало. Багато хто з дослідників вважали, що в мозку зосереджені відчуття і мислення, в серці — хоробрість, а в печінці — пристрасність. У ХVIII ст. були відкриті біопотенціали (*Гальвані*). Але лише в ХХ ст. їх реєстрація стала одним із провідних методів дослідження фізіології мозку.

### Кінець XVIII століття — початок XIX століття

Біля джерел тодішніх уявлень про діяльність мозку стояли два дослідники того часу *Галль* та *Флюранс*. Їхні погляди були протилежними. *Галль* спрavedливо вважав, що мозок — складна сукупність утворень, різних за своїми функціями. Але звідси випливав наївний висновок про те, що за співвідношенням частин мозку можна визначити характер людини. *Флюранс*, навпаки, вважав мозок цілісною системою, де окремі ділянки є взаємозамінними... Це значною мірою правильно. Але він помилявся, заперечуючи будь-яку локалізацію функцій.

### 70-ті — 90-ті роки XIX століття

Інтенсивні дослідження структур і функцій мозку дали важливі дані про те, яким чином він здійснює свою діяльність. Почали застосовуватися методи електричного подразнення (*Симонов*, *Фріч* і *Гітціг*), руйнування його структур (*Фур'є*, *Гольц*), мікроскопи (*Бец*, *Бехтерев*, *Гольджі*, *Рамані Кахаль*). Було встановлено, що мозок складається з нейронів, які контактують між собою, тобто нервових клітин. Чим інтенсивніші ці контакти, тим вищий інтелектуальний потенціал мозку. Кожна його ділянка пов'язана з певними функціями організму. Отож заповнюється функціональна карта мозку. Дослідження *М.Є. Введенського*, початок вивчення процесів координації в центральній нервовій системі.

### Кінець XIX століття — 30-ті роки XX століття

Створення *І.П. Павловим* вчення про умовні рефлекси як основи вищої нервової діяльності. Мозок — система аналізаторів. Локалізація його функцій динамічна. Структура і функції взаємопов'язані. Відкриті сигнальні системи мозку. Відкрито явище загального гальмування (*І.С. Берітов*). Вивчена мікроскопічна будова центральної нервової системи, а відтак з'ясовано архітектоніку мозку — створено карти розподілу клітин і волокон. *П.К. Анохін* запропонував теорію функціональних систем.

### Середина XX століття

Розквіт електрофізіології. Роботу частин мозку і окремих нейронів та волокон починають вивчати не за побічними показниками (зовнішні прояви діяльності організму і його частини м'язів, залоз, внутрішніх органів), а безпосередньо за електричними явищами, що виникають у самому нервовому субстраті. Аналіз біотоків головного мозку сприяє розкриттю функцій ретикулярної формації. Успіхи кібернетики відкривають нові шляхи моделювання функцій мозку. Наука про мозок переходить з розряду описових у розряд точних наук.

На світ з'являється перший радіокерований кіт. Це професор Йльського університету в США *Хосе Дельгадо* почав експерименти із вживлення в живий мозок найтонших золотих електродів, посылаючи радіосигнали, керувати поведінкою тварин: за командою дослідника кіт муркотів, ворухив лапами.

### 60-ті - 80-ті роки XX століття

Одержано ґрунтовні дані про фізико-хімічні процеси, що відбуваються при збудженні і гальмуванні нервових клітин. *П.Г. Костюк* довів, що збудження нейрона і генерація в ньому потенціалу дії зумовлені вибірковою проникливістю, спеціалізованих іонних каналів у мембрані клітини для іонів натрію, калію і кальцію. Він же вперше в тодішньому Радянському Союзі застосував метод внутрішньоклітинного відведення електричних потенціалів для дослідження окремих клітин мозку.

### Це цікаво знати

Середня вага головного мозку чоловіків становить 1375 г, у жінок середня вага головного мозку на 10% легша (це пов'язано з меншою вагою тіла). У процесі росту головний мозок досягає найбільшого розміру у чоловіків до 25 років, у жінок — до 20 років.

Середні розміри мозку: довжина півкуль 170 мм. Ширина обох півкуль — 140 мм, висота — 125 мм. Понад 80% ваги мозку дорослої людини припадає на долю великих півкуль.

Абсолютна вага мозку людини (1000-2000 г) більша за вагу мозку майже всіх тварин (окрім слона — 5000 г, кита — 2800 г.)

Загальна поверхня кори мозку дорослої людини дорівнює в середньому 220 000 мм. Поверхня кори вкрита глибокими борознами.

Безпосереднього зв'язку між розумовим розвитком і вагою мозку немає. Відомі випадки, коли вага мозку обдарованих людей не лише перевищувала середню вагу (наприклад, у *Тургенєва* — 2012 г, *Бехтерєва* — 1720 г, *Павлова* — 1653 г, *Менделєєва* — 1571 г), але й була меншою (у *Гамбетті* — 1160 г, у *Франса* — 1017 г). Найважчим з усіх досліджених мозків виявився мозок одного ідіота (2850 г). Однак є межа ваги головного мозку, нижче якої розумові здібності різко знижуються: для чоловіків — 1000 г, для жінок — 900 г.

В обох півкулях головного мозку людини нараховується ~14 мільярдів нервових клітин, розміри яких коливаються від 5 до 200 мікрон. Кожна клітина має, в середньому, 3-4 тисячі контактів.

На живлення мозкових клітин витрачається понад 1/5 всієї крові організму людини.

Хімічні реакції в нервовій тканині відбуваються вельми інтенсивно, якщо увесь організм людини у стані спокою споживає близько 300 куб. см кисню, то лише мозок — 50 куб. см. Стільки кисню потрібно і серцю.

Головна поживна речовина, що підтримує хімічний склад і забезпечує життєдіяльність мозку, — вуглеводи. Вони — найважливіше джерело енергії. Із 3500 г вуглеводів, що їх споживає людина за добу, близько 90 г поглинає мозок.

Основний вуглевод, необхідний нервовій тканині, — це глюкоза. Запас її в тканині мозку незначний: 100 г мозкової речовини містять лише 0,04 г глюкози. При звичайній діяльності нейронів такої кількості глюкози вистачило б лише на 10 хвилин. Тому для підтримки нормального стану мозку його клітини мають поповнюватися не тільки киснем, а й глюкозою.

### Тернистий шлях пізнання

Незважаючи на видатні досягнення зокрема таких вчених як *І.М. Сеченов*, *І.П. Павлов*, *В.М. Бехтерєв*, *Ч. Шеррінгтон*, *П.К. Анохін*, *І.С. Берітов*, мозок людини все ще зберігає свої головні таємниці за сьома замками. Більше

того, вчені й досі сперечаються, від якого часу вести відлік сучасного етапу в розвитку науки про мозок людини? Чи можна вважати точкою відліку відкриття *І.М. Сеченовим* рефлексів головного мозку? Звичайно, можна, вважає академік Російської академії наук, видатний нейрофізіолог, онука *В.М. Бехтерева* — *Наталія Петрівна Бехтерева*, але тоді доведеться говорити про уповільнений розвиток цього напрямку досліджень. Та чи був, власне, поступовий розвиток? Були винятково важливі відкриття на цьому шляху, але наука про мозок рухалася стрибками. — *І.М. Сеченов* та *І.П. Павлов* поклали початок об'єктивному вивченню вищої нервової діяльності, психічних явищ. Ще лише на вході і виході без проникнення в "чорну скриньку". Тут варто згадати і майже забутого українського вченого *В.В. Правдича-Немінського*, який у 1913 році вперше зареєстрував електричні потенціали мозку тварин, назвавши їх електроцереброграмою. Так, власне, народилася електрофізіологія. А у 1929 році німецький електрофізіолог і психіатр *Г. Бергер* вперше зареєстрував біоелектричну активність головного мозку людини методом електроенцефалографії (ЕЕГ). Варто звернути увагу і на роботи канадського вченого *У.Г. Лекфілда*, який проводив стимуляцію мозку під час операції і спостерігав при цьому роздвоєння свідомості. Причому й одна, й інша свідомості склалися зі зв'язаних між собою картин минулого і сьогодення.

Справжнім же початком нейрофізіології людини, на думку *Н.П. Бехтеревої*, слід вважати застосування *інвазивної технології* — вживлення в мозок пацієнтів тонких золотих електродів із використанням з цією метою комп'ютерів. Це відкриття припало на середину 1960-х років. Першою в колишньому Союзі почала вживлювати золоті електроди в живий мозок людини *Н.П. Бехтерева* в Інституті експериментальної медицини в Санкт-Петербурзі на початку 1970-х років. Повний контакт з мозком людини при використанні імплантованих електродів, як вона зазначала, був винятково вимогливим. Він застосовувався лише за умови показання хворому. При цьому, як би не хотілося пізнати внутрішній світ мозку людини, не робилося жодного кроку за рахунок інтересів певного хворого в інтересах інших пацієнтів і науки, і як тільки в діагностиці та лікуванні певного захворювання з'являлася інша, неінвазивна методика або одномоментна техніка, застосування довгострокових

інвазивних методик припинялося. Це і був *перший прорив* у сучасній історії нейрофізіології.

Значущих наукових результатів досягли вчені в останню чверть ХХ століття, а надто в 1990-і роки, названі нейрофізіологами "Декадою мозку людини".

Варто відзначити успіхи академіка РАН *Павла Васильовича Симонова* з Інституту вищої нервової діяльності та нейрофізіології РАН. Вчений обрав оригінальний і перспективний напрямок досліджень — нейро- і психофізіологія мотивацій та емоцій. *П.В. Симонов* запропонував потребнісно-інформаційну теорію емоцій, згідно з якою емоція — це відбиття мозком певної актуальної потреби і вірогідності її задоволення: цю вірогідність людина оцінює мимоволі, зіставляючи — часто підсвідоме — уявлення про засоби, час, ресурси, необхідні для досягнення мети, з інформацією, що надходить у мозок у цей момент.

Разом із інформаційною системою мозку людина має й "мотиваційну", яка встановлює динамічну ієрархію конкурентних потреб. Індивідуальні особливості взаємодії мозкових структур становлять, за *І.П. Павловим*, основу типів первинної діяльності та параметрів екстраверсії-інтраверсії та нейротизму. Порушення цієї взаємодії спричиняє неврози.

*П.В. Симонов* розробив класифікацію потреб, у якій поруч із природою базисних і первинних за проходженням (вітальних, соціальних, ідеальних), виділено клас додаткових, серед яких потреба в опануванні знаннями, навичками, вміннями і потреба подолання перешкоди на шляху до мети (воля). В ієрархії мотивів у дітей та підлітків потреба в опануванні знаннями домінує. Згідно з потребнісно-інформаційною теорією завдання вихователя — формування певного набору та ієрархії потреб, що забезпечують їхнє гармонійне поєднання в особистості. Вчений описав феномен емоційного резонансу, що виявляється на ранніх етапах еволюції живої природи, який у людини вихованням може бути розвинений у здатність до співчуття і співпереживання, тобто в домінування потреби в діяльності "для інших". На відміну від навчання, адресованого головним чином до свідомості, виховання потреб відбувається переважно на рівні підсвідомості і надсвідомості. На думку *П.В. Симонова*, творчий момент у діяльності мозку пов'язаний з неусвідомленим поєднанням досвіду, раніше накопиченого свідомістю і частково підсвідомістю.

Така діяльність зумовлена домінантною потребою. Отож, свідомість формує проблеми для розуму, виконує відбір гіпотез шляхом їх логічної оцінки і практики. Теорія емоцій *П.В. Симонова* стала основою для розробки комплексних методів об'єктивного контролю емоційного стресу, його впливу на творчу операторську діяльність людини.

#### Заирнути за "зворотній бік Місяця"

*Другий прорив* у нейро- і психофізіології 1990-х років пов'язаний із широким застосуванням у дослідженнях нового покоління неінвазивної техніки, що дало вченим можливість одночасно одержувати дані про весь мозок, всі його зони (*позитронно-емісійної томографії* — ПЕТ, *функціональної магнітно-резонансної томографії* — fMRI або MSI, *однофотонної емісійної комп'ютерної томографії* — SPECT, *модернізованої електроенцефалографії* — ЕЕГ, *магнітоенцефалографії* — МEG). Ці методи відкрили нові можливості нейрофізіологічного контакту з мозком, дали дослідникам, так би мовити, заирнути за "зворотній бік Місяця".

Як зазначає відомий український вчений, академік НАН України *О.О. Криштал*, зараз є технології і методи, що дозволяють буквально на власні очі побачити, як відбувається мислення. Томографія, нешкідливі методи просвічування мозку дозволяють простежити сам процес мисленевої діяльності — які ділянки мозку працюють у певні моменти.

А це відкриває широкі перспективи і перед наукою, і перед медициною, зокрема нейрохірургією.

#### Гамма-промінь замість скальпеля

У цій царині для прогресу в діагностиці та лікуванні нейрозахворювань вже зроблені важливі кроки. Принципово цього можна досягти за допомогою гамма-голографії, де для бачення об'єкта використовуються найкоротші гамма-промені. Як стверджують спеціалісти, в цьому напрямку залишилося лише подолати деякі технічні труднощі. І хоча тут ніхто не замінить рятівних дій вправних рук хірурга, він одержить принципово новий інструментарій. Вже з'явилася радіохірургія, коли визначена методами нейровізуалізації ділянка патології (пухлина, артеріовенозна мальформація та ін.) в глибині мозку вибірково руйнується гамма-променями або протонами.

Уявіть собі спеціальний металевий шолом, що надягається на голову хворого. В ньому рівномірно сферично

розташовано 200 мікроотворів. Через кожний такий отвір подається енергія в безпечних дозах. Коли двісті таких пучків збираються разом, вони руйнують мішень, тобто пухлину або мальформацію. Операція без операції. Ризик відкритого доступу — травмування мозку, кровотечі тощо — відпадає, результати знешкодження патологічної ділянки чудові. Саме так, зокрема, професор *Л. Ліхтерман* описує дії гамма-ножа (гамма-променя) і кіберножа із системою стереотаксичного наведення і колімацією пучків у Центрі радіохірургії при Пітсбурзькому університеті США. Нещодавно відбулася довгоочікувана подія відкриття відділення радіохірургії в Інституті нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова АМН України в Києві (директор — академік *Ю.О. Зозуля*).

### ...І відступають хвороби

“Декада мозку людини” позначена плідними дослідженнями й українських вчених. В Інституті фізіології імені О.О. Богомольця НАН України під керівництвом академіка *Платона Григоровича Костюка* комплексні дослідження проводилися за кількома напрямками.

Зокрема, у співдружності з Інститутом нейрохірургії ім. акад. А.П. Ромоданова АМН України під час сте-

реотаксичних операцій на головному мозку у хворих людей використовувався мікроелектродний метод реєстрації нейронної активності з метою уточнення цільових ділянок кріодеструкції для усунення ригідності і тремору. Вперше було здійснено детальне порівняльне дослідження відмітних особливостей фонові та викликані активності нервових клітин різних ділянок мозку при захворюваннях рухового апарату: паркінсонізму, торсіонно-м'язовій дистонії, спастичній кривошії, дитячому церебральному паралічі.

Досягнення вчених Інституту фізіології імені О.О. Богомольця НАНУ високо оцінені світовою наукою та громадськістю: 2000 року тут було відкрито кафедру ЮНЕСКО молекулярної і клітинної фізіології, співголовами якої стали лауреат Нобелівської премії *Ервін Негер* (Німеччина) та академік *П.Г. Костюк*.

Отож у XXI столітті — століття мозку — українські вчені вступили із вагомим доробком. Нині наукова робота Інституту фізіології спрямована, зокрема, на вивчення механізмів обміну кальцію у нервових клітинах і його порушень при мозковій патології. Особливої уваги надають дослідженню кальцієвих депо, зокрема, мітохондрій у різних типах нервових і

гліальних клітин і визначення їх участі у формуванні різних типів кальцієвих передавачиків - транзєнтів.

Започатковано вивчення властивостей іонних каналів ядерної мембрани. У цьому напрямку ефективно працюють фахівці з молекулярної фармакології, досліджуючи дію речовин, що моделюють різні прояви інтерактивної функції мозку.

### В очікуванні третього прориву

Серед найважливіших завдань нейрофізіології, на думку академіка *Н.П. Бехтеревої*, яка багато років очолювала Інститут мозку людини РАН, є дослідження мозкової організації мисленнєвої діяльності людини, розшифровка коду мислення. Це й стане *третьім проривом* у вивченні головного мозку. Але для його здійснення вже замало сучасної неінвазивної техніки, про яку згадано вище. Потрібні ґрунтовні дослідження механізмів роботи мозку на молекулярно-клітинному рівні. В цьому напрямку працюють науковці Інституту фізіології імені О.О. Богомольця НАН України.

Наука не знає кордонів, тож громадскість очікує нових цікавих результатів від поєднання зусиль Києва і Санкт-Петербурга, як і від інших спільних досліджень українських вчених з іноземними колегами.

