

## ЗМІСТ

ПРЕЛЮДІЯ	5
ВСТУП	7
I. АНАТОМІЯ ПРИСТРАСТІ (ЗОМБІ)	13
II. ЧИ СНЯТЬСЯ ЗОМБІ ВОСКРЕСАІ ВІВЦІ?	32
III. НЕЙРОННІ КОРЕЛЯТИ НЕЗГРАБНОСТІ	53
IV. ГОЛОДНИЙ, ЗЛИЙ ТА ДУРНИЙ НЕ МАЄ ШАНСІВ ПРОЙТИ КРІЗЬ НЕЖИТТЯ	69
V. СЕРЕД ЗОМБІ-АПОКАЛІПСИСУ НЕМАЄ СЛІЗ!	92
VI. НЕДОРІКУВАТИЙ ТА ПЕРЕКРУЧЕНИЙ	105
VII. ДЕФІЦИТ ПЕРЕМИКАННЯ НЕЖИТІ	130

VIII. І ЧИС Ж ЦЕ ВСЕ-ТАКИ НЕЖИВЕ ОБЛИЧЧЯ? _ _ _ _ _	147
IX. ЯК ЦЕ: Я — НЕ Я? _ _ _ _ _	163
X. ВІЧНЕ СЯЙВО НЕЖИВОГО РОЗУМУ _ _ _ _ _	175
XI. БОРОТЬБА З АПОКАЛІПСИСОМ ЗОМБІ... ЗА ДОПОМОГОЮ НАУКИ! _ _ _ _ _	197
ПОДЯКИ _ _ _ _ _	222
СЛОВНИК _ _ _ _ _	223
АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК _ _ _ _ _	243

## ПРЕЛЮДІЯ

Жертви були не марними

**Ц**я книжка написана про науку. Вона — про дослідження сутності того, що нібито повинно бути мислячою людською істотою. На жаль, нейрологія — це наука, частково побудована на трагедіях.

Значна частина нашого розуміння того, чим є людський мозок, походить від вивчення випадків, у яких мозок живої людини потерпає від травми або якогось розладу. Такі індивідууми є не просто анонімами, імена яких приховано за ініціалами в медичній літературі, — вони є нашими близькими. Це наші батьки, наші чоловіки або жінки, наші брати або сестри та наші найкращі друзі. І внаслідок якогось нещастя їхні життя постійно змінюються, адже ушкодження центральної нервової системи цих людей спричиняє їхню різноманітну поведінку, різноманітні думки або різноманітне сприйняття навколишнього середовища.

Вивчаючи відносини між цими ушкодженнями та наступними змінами в поведінці, ми можемо досягти безцінного розуміння того, як насправді працює наш мозок. Еволюція нашого усвідомлення властивостей людського мозку не лише просуває вперед фундаментальну науку, а й закладає необхідне підґрунтя для розвитку нових видів терапії та (є така надія) лікування. Як галузь ми постійно прагнемо вичавити кожну унцію знань, котру тільки можна здобути з таких особистих трагедій, — і все це задля покращення світу, пацієнт за пацієнтом.

Хоча значна частина цієї книжки нібито про зомбі, насправді вона є одою тим висновкам, які беруться з отаких особистих трагедій. Це ода науковцям, які приділили час на досить добре знайомство зі своїми пацієнтами, що дозволило зрозуміти складні нездужання, котрі мали вплив на повсякденне життя тих людей. Це ода тим, хто, часто не з власної провини, страждав від певного розладу, проте, їм достало терпіння дозволити незнайомцю в білому халаті розпитувати про «чому» та «як».

## ВСТУП

Знявши з полиці цю книжку, ви, імовірно, запитуете себе: «Як може нейрологія вивчати зомбі?» Але так, зомбі справді мають мозок (міф каже, що доводиться знищити їхній мозок, щоб їх «убити», чи якимось так), і ми опинилися б в скрутному становищі, якби треба було довести, що «зомбі-нейрологія» кваліфікується як окрема галузь досліджень. *Нейрологія* — вивчення мозку, особливо його взаємозв'язку з поведінкою та когнітивною сферою, — уже має неабияку власну частку, можливо, нерозумних та фантастичних «спеціалізованих» підгалузей; тож навіщо збільшувати цей перелік?

Що ж, а чи було вам відомо, що ми, нейрологи, маємо відповіді на геть усі запитання? Постійні читачі «Сторінки думок» у «*Нью-Йорк таймз*» або інших популярних медіа-виданнях уже чітко знають, що нейрологія може пояснити, чому людина закохана у свій айфон, чому брехати дітям про Санту є нейрологічно здоровою формою виховання і чому викликання коми є доказом існування раю. Бачте, дивлячись на все існування людства крізь призму наших дуже замулених лінз, ми можемо відповісти на всі життєві питання. За нашими оцінками, фМРТ<sup>1</sup>-дослідження, яке пояснює сенс життя, мало б вийти десь на початку 2015 року (підказка: воно містить 42 ділянки мозку). Нам страшенно не хочеться розчаровувати наших колег у галузі філософії, релігії та фізики, але завдяки декільком вигадливим машинам мозкової візуалізації та десятиліттям досить ретельного розміркову-

<sup>1</sup> Функціональна магнітно-резонансна томографія.— Прим. перекл.

вання на цю тему ми, неврологи, наразі маємо можливість розуміти все — тож їм, мабуть, доведеться шукати роботу десь в іншому місці.

Якщо нейрологія є панацеєю та здатна пояснити геть усе, тоді чому вона не може розтлумачити зомбі-апокаліпсис? На це ж є попит, чи не так?

Повернімося ж до книжки, яку ви тримаєте в руках. Уся історія розпочалася влітку 2010 року з телефонного дзвінка від Метта Могка, голови Товариства досліджень зомбі та автора книжки «*Це вже не те, що твоя мама й ти хотіли знати про зомбі*». Метт подивився на *YouTube* відео з лекцією Бреда, де той казав, як його виховували на діеті *Sega* та коміксах від *Marvel*. Метт хотів дізнатися, чи, урахуваючи подвійну любов Бреда до культури коміксів та мозку, не хотів би він дослідити природу мозку зомбі. Бред подумав: авжеж... і я точно знаю, кого запросити на цю шалену прогулянку...

Відтоді для нас обох це стало швидкісним спуском.

Ми (Тім із Бредом) познайомилися, коли працювали над нашими докторськими в Каліфорнійському університеті в Берклі. Ми недовго працювали разом над неінвазивним проектом стимуляції мозку, котрий, як і багато інших наукових експериментів, вів абсолютно в нікуди, але в процесі виявили обопільну любов до кіно про зомбі. Тому, крім сумісних занять справжньою наукою, ми відгалузились у сміховинний світ зомбі. Сподіваємося, вам сподобається це сміховинне, і плекаємо надію, що ви не триматимете на нас зла за нашу науку.

Якщо серйозно, ця тема про зомбі чимало нас повеселила. Ми обидва диваки, до того ж великі прихильники наукової пропаганди та спілкування. Це рідкісна можливість — поєднати наші дивакуваті наукові сторони з ненауковими. Останні десять років Бред жодного разу не пропустив *Comic Convention* у Сан-Дієго<sup>1</sup>, і навіть ще довше, коли він був прищавим підлітком двадцять років тому. Ніколи в житті йому й на думку не спадало, що наукова кар'єра надасть шанс виступати перед натовпом з кількості помішаних на коміксах диваків на тому

<sup>1</sup> Міжнародний щорічний фестиваль, здебільшого присвячений коміксам.— *Прим. перекл.*

заході (у тій самій кімнаті, де, чесне слово, він читав *справжню* лекцію як невролог зібранню з *набагато меншої кількості* вчених-нейрологів на щорічній конференції Товариства неврології). Тім пристрастився до фільмів про зомбі відтоді, як ще тінейджером подивився один за одним нашумілі «*Ніч комети*» (реж. Том Ебергардт; 1984) та «*Повернення живих мерців*» (реж. Ден О'Беннон; 1985). Можна було б сказати, що найпершим увагу Тіма до мозку привернув Тарман<sup>1</sup>.

У ті роки, розповідаючи про біологічну основу поведінки зомбі, ми відчували піднесення через те, що стільки людей захопилися цим разом із нами. Коли до вас підходять люди і кажуть щось на кшталт «Я — дорослий чоловік, у мене є родина та кар'єра, а ви, хлопці, примусили мене захотіти стати нейрологом!» або «Я раптом уподобав наукові речі, дякую вам!», ви розумієте, що робите потрібну справу. Оскільки ми вчені, то витрачаємо багато часу на вивчення питань, які є відірваними від людей, тому приємно дізнаватися, що нарешті ми робимо справу, яка резонує з людьми. Особливо якщо вона дурна.

Ні, неврологи й гадки не мають (біологічно), що таке кохання або в якій частині мозку воно розташоване. Нейрологія не може довести, що ви «любите свій айфон» (між іншим, то була справжня думка, висловлена в «*Нью-Йорк таймз*»<sup>2</sup>). Ми не можемо читати ваші думки (поки що) та лікувати хворобу Альцгеймера (досі).

Попри те що *наука* нейрологія не в змозі робити назване вище, ми сподіваємося, що двоє трохи дивакуватих *учених-нейрологів*, а також орда зомбі зможуть примусити вас випадково про щось дізнатися і що, читаючи цю книжку, ви, можливо, й відчуєте те саме почуття дива, яке переживаємо ми, коли робимо свою улюблену роботу.

<sup>1</sup> Тарман — мабуть, найбільш упізнаваний зомбі в попкультурі, який одноосібно пов'язує поняття «інтелект» та «зомбі» в одному реченні.

<sup>2</sup> Мартін Ліндстром «Ви любите свій айфон. У буквальному сенсі», «*Нью-Йорк таймз*», 30 вер. 2011 ([http://www.nytimes.com/2011/10/01/opinion/you-love-your-iphone-literally.html?\\_r=0](http://www.nytimes.com/2011/10/01/opinion/you-love-your-iphone-literally.html?_r=0)).

Немає сумнівів, що зомбі наразі популярні. Було багато суперечок щодо причини цього, у яких дехто з нас (Бред, Макс Брукс, Метт Могк та декілька інших спеціалістів із зомбі) брав участь під час панельної дискусії на *Comic-Con* у Сан-Дієго 2011 року (*Comic-Con* — це щорічне зібрання понад 100 000 ботанів усіх мастей та кольорів).

Нашим улюбленим поясненням загального сплеску популярності зомбі є те, що світ стає дедалі складнішим місцем, у якому з'являються нові форми соціальної взаємодії та спілкування, зростає глобалізація, посилюються зміни в соціумі, спостерігається безпрецедентний технологічний прогрес, процвітання перемішується із ненадійністю й таке інше. Чудовим явищем жанру зомбі на ТБ, у відеоіграх та фільмах є те, що ця тема є відносно чистим аркушем, на якому письменник може втілити будь-яку кількість великих і незбагнених суспільних або психологічних страхів та турбот.

Генетична модифікація? Зомбі. Атомна зброя та радіація? Зомбі. Класова війна? Зомбі. Расизм? Зомбі. Екзистенційна криза та невпевненість у собі та добрій волі? Зомбі. Біологічні експерименти? Зомбі. Дослідження космосу? Зомбі. Нестримне споживацтво? Зомбі. Безглузде насильство? Зомбі. Смерть? Зомбі.

Макс Брукс в інтерв'ю *CNN* колись сказав: «Не можна засняти фінансовий крах у голові — можна зробити це із зомбі... Усі інші проблеми є занадто великими. Скільки не намагався Ел Гор<sup>1</sup>, але ми не можемо уявити собі глобальне потепління. Ми не в змозі уявити руйнування наших фінансових установ. Проте в нас виходить уявити сутулого зомбі, який іде вулицею»<sup>2</sup>.

Важко не зважати на нестримну популярність феномена зомбі. 2002 року вийшла картина «28 днів по тому», яка надала свіжий погляд на фільм про зомбі, що допомогло оживити цей жанр. Того ж року було перероблено «Оселю зла»<sup>3</sup> та, до величезного вітання критиків,

<sup>1</sup> Альберт Гор — американський політик та кінодіяч, 45-й віцепрезидент США, лауреат Нобелівської премії за дослідження проблеми зміни клімату.— Прим. перекл.

<sup>2</sup> <http://www.cnn.com/2009/SHOWBIZ/10/02/zombie.love/index.html?iref=24hours>.

<sup>3</sup> Оригінальна назва *Resident Evil*, відеогра.— Прим. перекл.

перевидано для *Nintendo GameCube*<sup>1</sup>. Наступного року Макс Брукс написав дуже популярний «Посібник з виживання серед зомбі», який став потужним поштовхом для жанру літератури про зомбі. Потім, 2004 року, фільм «Зомбі на ім'я Шон» показав, що жанр зомбі може ще й бути смішним, проклавши в такий спосіб шлях для фільмів «Зомбі на ім'я Фідо» (2006), «Зомбіленд» (2009) та «Тепло наших тіл» (2013). У 1980-х спостерігалися нетривалі хвили смішних фільмів про зомбі, наприклад «Ніч комети» (1984) та «Повернення живих мерців» (1985), але жоден із них не переступив рівня популярності сучасної зомбі-комедії.

У цій книжці ми маємо за намір використати саме таке, радше комічне або жартівливе сприйняття зомбі. Нашою метою є скористатися образом зомбі, щоб забезпечити розважальний майданчик для розуміння нашої галузі когнітивної нейрології (а іноді й глузування з неї) та водночас навчити читача історії нейрології як науки та властивостей самого мозку. Ми не збираємося використовувати зомбі як метафору для соціальних недуг. Натомість ми спробуємо зрозуміти зомбі, ретельно розглянувши діапазон їхніх поведінкових розладів, зазирнувши в міфічний орган, який породжує всю поведінку зомбі,— зомбі-мозок.

Як на початку фільму «28 днів по тому» зауважив самотній випускник перед тим, як його розірвала зомбі-мавпа, «щоб вилікувати, спочатку треба зрозуміти».

Отже, ми тут намагаємося зрозуміти. Далі йтиме зібрання нейронаукових фактів, історичних виносков, особистих анекдотів та тонна посилянь на зомбі та попкультуру. Зокрема ми робитимемо безліч посилянь на сцени із класичних та неокласичних фільмів та літературних творів про зомбі. Тож ви почуєте сюжетні позначки зі стрічок:

<sup>1</sup> Оце можна прочитати в тегах *IGN*: «Найгарніша, найбільш атмосферна та найстрашніша в кожному куті гра, у яку ми досі грали»: <http://cube.ign.com/articles/358/358101p1.html>.

«Ніч живих мерців» (реж. Джордж Ромеро; 1968)  
«Світанок мерців» (реж. Джордж Ромеро; 1978)  
«Повернення живих мерців» (реж. Ден О'Беннон; 1985)  
«Змій і веселка» (книжка, Вейд Девіс; 1985)  
«Зловісні мерці 2» (реж. Сем Реймі; 1987)  
«28 днів по тому» (реж. Денні Бойл; 2002)  
«Зомбі на ім'я Шон» (фільм, реж. Едгар Райт; 2004)  
«Земля мертвих» (реж. Джордж Ромеро; 2005)  
«Зомбі на ім'я Фідо» (реж. Ендрю Керрі; 2006)  
«Зомбіленд» (реж. Рубен Фляйшер; 2009)  
«Корм» (книжка, Міра Грант; 2010)  
«Ходячі мерці» (телесеріал, 2010)  
«Тепло наших тіл» (реж. Джонатан Левін; 2013)  
«Світова війна Z» (книжка, Макс Брукс; 2006; фільм, реж. Марк Форстер; 2013)

Увесь час у наших описах будуть спойлери. Уважайте, що вас попередили.

Узагалі-то, беремо свої слова назад. Рекомендуємо вам просто зараз вийти та подивитися всі ці фільми та прочитати всі ці книжки. Вперед... ми зачекаємо.

Повернулися? Добре. Очікуйте попереду безліч спойлерів!

Ця робота є сумішшю матеріалу попередніх проєктів в інших середовищах, який ми склали разом; можливо, ви впізнаєте деякі з наших історій, які вже чули або читали в наших блогах та лекціях, але ми зібрали до купи всі пікантні дрібнички, створивши один гарний, стислий довідник, щоб ви могли вивчати зомбі самотужки.

Отож, друзі — дослідники нежиті... вперед, до царства мозку зомбі!!!

## АНАТОМІЯ ПРИСТРАСТІ (ЗОМБІ)

Із дикунами незабаром усуваються слабкі тілом або розумом; а ті, хто виживають, зазвичай показують неабиякий стан здоров'я.

Чарлз Дарвін «Походження людини»

**В**и от-от станете читати книжку про мозок зомбі. Лише подумайте про це хоча б хвилику. Нехай ця думка справді у вас увійде. Проаналізуйте, які прийняті в житті рішення призвели вас до цього.

Наразі давайте на мить поринемо в транс і подумаємо про всі ті розмірковування та аналізування, що ви щойно зробили. Спершу ви прочитали слова, написані нами в напівтворчому процесі. Ви зрозуміли ті слова, і вони змінили вашу поведінку. Ви проаналізували своє життя за допомогою певного процесу спогадів внутрішньої пам'яті. Можливо, ви навіть подумали про те, які ж саме рішення передусім призвели нас до написання цієї книжки.

Таке злиття до купи думок, спогадів та емоцій, яке ви щойно відчували й відчуватимете під час читання цієї книжки, є суцільним наслідком нескінченної симфонії електрохімічних процесів у вашому мозку. Кожен крок мислення, до якого ви щойно вдалися, від бачення друкованих літер на сторінці до слідування нашим лінгвістичним запитам до вас, які ми робили, витягуючи спогади про минуле, виконується

маленькими мережами нейронів, розповсюджених по всій сірій матері всередині черепа.

Як нейрологам нам здається абсолютно дивовижним той факт, що ми спроможні виконувати все це «мислення». Але що, як людина не може робити нічого з названого вище? Або якщо може робити дещо з того, але не здатна відчувати жодних емоцій щодо своїх дій? Або якщо людина має емоції, але не має пам'яті?

Нейрологія вивчає не лише тканини, нейрони та сигнали; вона також має міцну філософську, обчислювальну та психологічну основу. Це дуже важке, а іноді й дивовижне завдання, яке, однак, часто розчаровує.

Ось як ми дійшли до цього. Ми вже казали у вступі, що цю книжку було створено двома вченими, які ще й — так трапилося — помішані на зомбі.

Наша мета в цьому невеличкому уявному експерименті — зрозуміти, що відбулося із ходячими мерцями, що змінило їх з нормальних людей на так званих «бездумних ходячих трупів»<sup>1</sup>. Щоб це зробити, нам потрібно усвідомити, як мозок породжує поведінку — як у людей, так і в зомбі. Це означає, що спочатку нам доведеться зрозуміти, чим є сам мозок.

Але перш ніж ми по коліна зануримося в сіру матерію зомбі, давайте-но зробимо крок назад і кинемо погляд на маленьку, із три фунти, ділянку тканини, затиснуту між вашими вухами.

## НЕЙРОНАУКА БЕЗ МОЗКОВИХ СКАНЕРІВ

У цьому та наступних розділах ми вдамося до спроб пов'язати риси поведінки зомбі з різноманітними частками мозку, застосувавши класичний підхід криміналістичної нейрології.

Що ми під цим маємо на увазі?

Класична *нейрологія* була оригінальною науковою методою вивчення мозку ще до того, як у нас з'явилися великі машини, котрі роблять фотографії всередині живого мозку. Нейрологія здебільшого зосереджена на розумінні того, чому щось у мозку йде неправильно

<sup>1</sup> Так каже неповторний Денніс Хоппер у фільмі «Земля мертвих».

й спричиняє певні симптоми в пацієнта, але водночас вона багато дізналася й про те, як працює здоровий мозок. Коли в середині 1800-х з'явилася неврологія, лікарі мусили робити висновки про роботу мозку лише зі спостережень за поведінкою людей та тварин. Це тонке мистецтво, яке містить виведення висновків щодо мозку на основі ретельної деталізації поведінки обраного суб'єкта. Але почалося все не лише з появою неврології в дев'ятнадцятому столітті. Насправді така форма дослідження мала місце багато століть.

Авжеж, хоча ми зазвичай розуміємо *нейрологію* (емпіричне вивчення здорового мозку, на противагу неврології, яка є медичним відгалуженням, що має справу з розладами в роботі мозку) як «сучасне» наукове починання, проте перше експериментальне дослідження, яке пов'язує мозок та *нерви* з поведінкою, походить від експериментів римського лікаря Клаудіуса Галена десь між 150-м та 190-м роками н. е.

Пам'ятайте, що ми кажемо про час майже за 2000 років до того, як почали уявляти мозок, задовго до того, як доктор Хаус отримав змогу просто відправляти своїх пацієнтів на МРТ, щоб подивитися, наскільки здоровий у них мозок. Тоді лікарям та ученим доводилося багато чого робити, маючи дуже мало інформації. Вони мусили ставитися до своєї роботи творчо. Тобто вони багато чого робили навмання; щось працювало, щось ні. Але іноді вони дізнавалися про щось нове, і ці відомості додавали якусь крупицю до того невеличкого об'єму знань щодо мозку, котрими вони володіли.

Наприклад, у відомому експерименті з живою свинєю Гален намагався визначити нерви, які беруть участь у контролі дихання, але випадково перерізав зворотний гортанний нерв, що контролює м'язи гортані (або — голосові зв'язки). Жива свиня негайно припинила скиглити, але все одно рухалася та дихала. У такий спосіб він абсолютно випадково з'ясував, як це і буває під час багатьох великих наукових відкриттів, як контролюються голосові зв'язки.

Також Гален лікував римських гладіаторів, групу людей, які були *надто* схильні до травм. У процесі лікування цих, часто важкопоранених, чоловіків він спостерігав, як ураження спинного мозку впливали на поведінку, особливо як спричиняли параліч нижче рівня ураження.

Він продовжив цю роботу, експериментуючи на тваринах, і помітив, що поріз спинного мозку в дуже високому місці, у стовбурі мозку, убиває тварину. Це спостереження надало нам першу можливість подивитись, як наші кінцівки контролюються різними ділянками спинного мозку.

На жаль, після Галена в розвитку наших знань щодо мозку наступила тривала перерва, аж доки Просвітництво не відродило ідею наукового методу. На початку 1800-х Марі-Жан-П'єр Флуранс провів експерименти, подібні до зроблених Галеном, але здебільшого на кроликах та голубах. Він видаляв різноманітні частини мозку тварин та спостерігав їхню поведінку, маючи на меті зрозуміти, як різні ділянки мозку стосуються поведінки. Він з'ясував, що залежно від ділянки, яка видалялася, тварини втрачали здатність координувати діяльність м'язів, контролювати дихання або виконувати певні когнітивні функції. Ці результати надали початкове, але цінне уявлення про те, як завдяки мозку ми залишаємося живими.

З часів Промислової революції<sup>1</sup> і до прийняття медичною спільнотою перших технологій візуалізації мозку в 1940-х та 1950-х, ці класичні спостереження склали основу змісту неврологічної літератури й були всією інформацією, якою володіли лікарі.

А тепер уявіть, що зараз 1916 рік, а ви — військовий лікар. Ви маєте солдата, який щойно залишився живим після вибуху, отримавши різкий удар у голову. Чоловік на якийсь час утратив свідомість, а коли опритомнів, то мав складнощі з письмом та користуванням виделкою під час їжі.

Як ви діагностуєте його поведінку? Пам'ятайте: у вас немає інструментів для дослідження мозку. Ви можете лише зробити фотографію мозку вашого пацієнта й сказати: «Вибачте, схоже, ніби у вас уражений мозочок, тому ви маєте ускладнення з письмом, але більше ми нічого не можемо зробити».

Щоб робити свою роботу, вам доведеться покладатися на попередні дослідження, що проводилися переважно на тваринах на кшталт кроликів та голубів Флуранса, які й допоможуть вам повідомити діагноз. Отже, якщо ви хочете зрозуміти, яка саме ділянка мозку солда-

<sup>1</sup> Відбулася в період від 1760 до 1840 р.— Прим. перекл.

та могла бути ураженою так, що він більше не може користуватися повсякденними речами, як-от зубна щітка, то повинні поєднати проникливий розум дослідника із широкими знаннями написаної раніше літератури з неврології — і все зі значно менш розвинутих технологіями, ніж ті, які ми маємо сьогодні. У багатьох питаннях ми в одному човні, коли доходять до розуміння, що таке трапилося із мозком зомбі. Оскільки ми не маємо можливості отримати реального, живого зомбі та кинути його в МРТ-сканер, нам доведеться вдатися до цього ж класичного методу діагностики за спостереженням. Нашим першим кроком у цій подорожі до діагностування мозку зомбі є надання базової дорожньої мапи мозку та його різних ділянок. Це стане корисним, коли ми намагатимемося зруйнувати те, що пішло неправильно в мозку зомбі.

## НЕОСЯЖНА БІОЛОГІЧНА МЕРЕЖА ПОВІДОМЛЕНЬ

Мозок є органом, який керує всією вольовою поведінкою. Саме він підіймає вас уранці з ліжка. Саме він дозволяє вам дивитись, як сідає сонце, нюхати троянду, смакувати шоколад, буцати футбольний м'яч та розмахувати бойовою сокирою над головою зомбі, що наближається.

По суті, мозок — це не що інше, як сукупність мільярдів крихітних клітин, що називаються *нейрони* та *глія*. Нейрони діють як маленькі оператори вводу-виводу, начебто транзистори в комп'ютерах, але трохи складніше. На верхівці в них є гілочки — *дендрити*, завдяки яким нейрони слухають інші клітини. Потім інформація з цих гілочок подорожує крізь основну частину клітини, яка називається *тіло клітини*, або *сома*. Це те, що дає *сірій речовині*, частині мозку, яка містить ваші нейрони, її назву<sup>1</sup>. Через щільні кліткові тіла вона здається дещо темнішою за тканину, де немає клітинних тіл. Інформація з дендритів інтегрується в кліткове тіло, й ухвалюється рішення «запалити вогник». Це не справжній вогник, але з нього дійсно

<sup>1</sup> Чесно кажучи, вона більше схожа на вівсянку, але, якщо ми зануримось у деталі, ви ніколи більше не їстимете вівсянку.



починається електрохімічний сигнал, який передається далі від клітини крізь довгий вусик, що називається *аксон*. Іноді аксон називають *білою речовиною*, бо він насправді здається білим. Передусім аксони можна вважати біологічними дротами комп'ютеру, тобто нашого мозку. У кінці кожний аксон має багато відгалужень, що називаються *термінали аксона*. Вони поєднуються з дендритами інших клітин. Якщо вважати дендрити гілками дерева, тоді аксон — це стовбур, а термінали аксона — коріння.

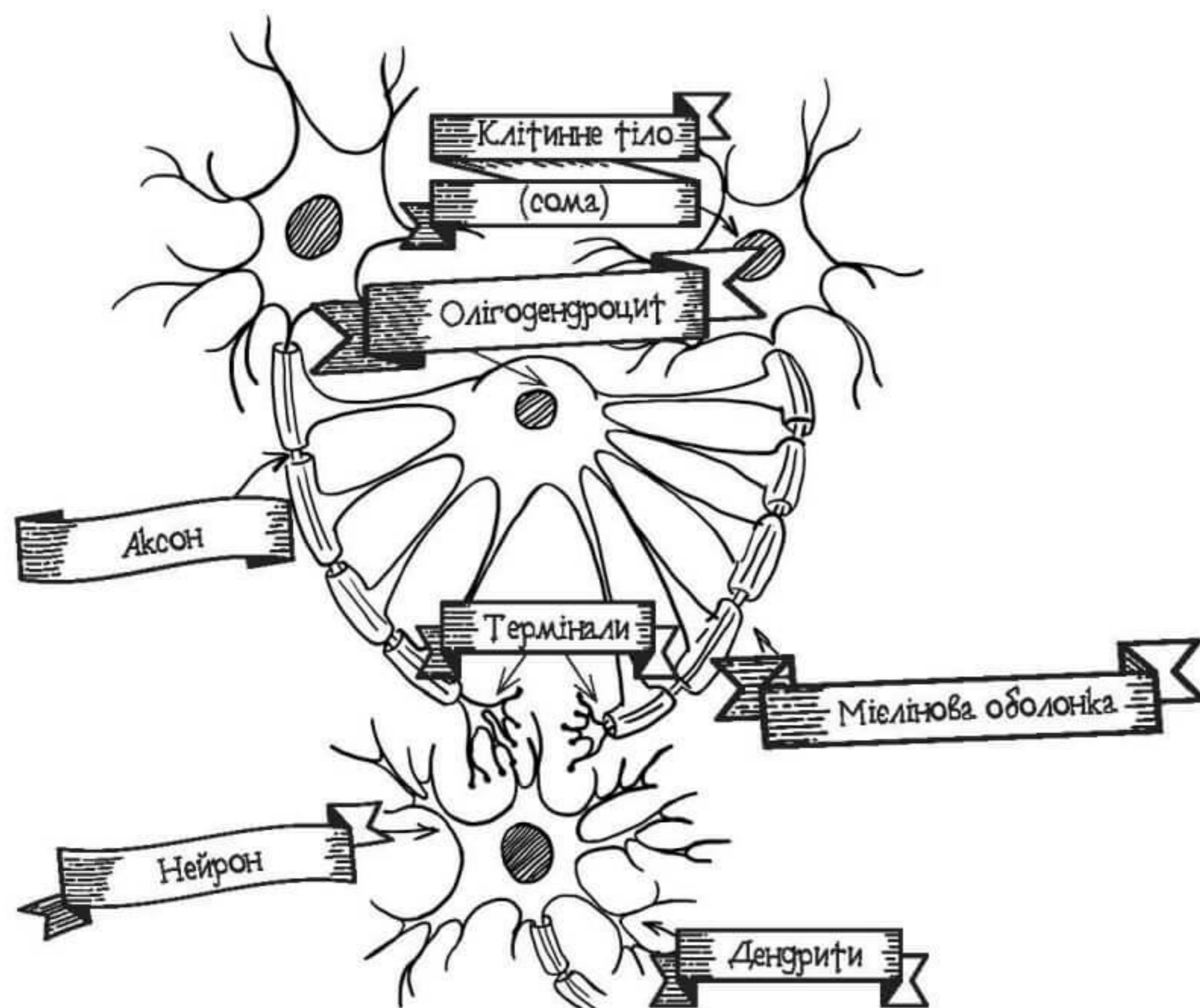


Рисунок 1.1. Мозкові клітини поділяються на комунікатори (нейрони) та опору (глія). І ті й ті мають клітинне тіло (сому), що містить структури, які підтримують клітину живою. Нейрони комунікують, надсилаючи електричні імпульси (потенціали дії) по схожій на дротовиння структурі (аксону), яка формує зв'язок (синапс), а той майже торкається гілок (дендритів) наступного нейрона. У цей простір вивільняються комунікативні молекули (нейромедіатори), які зв'язуються з рецепторами дендритів наступної клітини. Глія ізолює аксони за допомогою жировмісного покриття (мієлінової оболонки) та допомагає очистити довколишні молекули та нейромедіатори

Кожен нейрон комунікує з іншими нейронами шляхом створення електричного заряду, який примушує аксон клітини викидати хімічні речовини через невеликий проміжок між собою та дендритами клітини, що розташована нижче. Цей проміжок називається *синаптична щілина*. Такі хімічні речовини (вони відомі як *нейромедіатори* та *нейромодулятори*) змінюють напругу нижньої клітини, збільшуючи ймовірність того, що вона запустить власний *потенціал дії*. Цей процес передачі є фундаментальним обчисленням мозку: одна клітина вирішує запалити (або ні) імпульс на основі сигналів, які надсилає (або ні) клітина, з якою ця перша пов'язана. Ми обговоримо це детальніше в наступному розділі.

А що стосовно тих інших клітин, про які ми згадували, глії? Ну, більшість нейрологів довгий час уважали, що глія є чимось на кшталт служби підтримки нейронів. Ці клітини прибирають той безлад, який відбувається, коли нейрони повсюди викидають нейромедіатори. До того ж вони допомагають нейронам залишатися здоровими й сприяють комунікації між клітинами. Попри те, що модель «глія — служба підтримки» здається точною, наскільки це можливо, зараз стає дедалі очевиднішим той факт, що насправді вона є чимось набагато більшим. Щороку з'являється все більше досліджень, з яких стає зрозуміло, що глія також виконує деякі обчислення самостійно. Однак що це за обчислення і яке відношення вони мають до поведінки — наразі залишається великою загадкою.

Але ж як усе це змушує мозок працювати?<sup>1</sup>

Уже деякий час нам відомо, що мозок є потужною взаємопов'язаною *мережею*. Авжеж, перші оцінки ступеня масштабності цієї мережі були дещо перебільшеними. Наприклад, візьмемо заголовок статті, опублікованої в «*Нью-Йорк таймс*» 25 червня 1933 року: «Телефонні лінії мозку обчислюються в кількості 1 плюс 15 мільйонів нулів: науковці розповіли про такі приголомшливі цифри, що астрономічні кількості нишкнуть порівняно з ними». Якщо припустити, що розмір нейронів та їхніх аксонів нам відомі, то розмір нашого мозку, відпо-

<sup>1</sup> Ми маємо на увазі справжній людський мозок, оскільки ми теревенітимо про несправжній мозок зомбі впродовж наступних 40 000 слів чи близько того.

відно до даних у статті, має займати площу завбільшки Сонячної системи. Але хоча це число й було дещо роздутим, нейронів насправді дуже багато: десь між 80 та 100 мільярдами клітин із десь від ста до десятків тисяч з'єднань від кожної. Тож переважно мозок функціонує як широкомасштабно пов'язана комп'ютерна мережа з трильйонами деталей, що взаємодіють.

Щоб уявити це в перспективі, візьмемо за основу звіти компанії комп'ютерних мереж Cisco: станом на 2013 рік в усьому Інтернеті було близько 10 мільярдів активних зв'язків<sup>1</sup>. Увесь Інтернет до 2020 року не налічуватиме навіть і 50 мільярдів зв'язків. Це означає, що наш мозок просто зараз має майже в 100 000 разів масштабніші зв'язки, ніж уся мережа.

Однак якщо зробити крок назад і поглянути на мозок без мікроскопа, то перше, що ми помітимо: він дуже зморшкуватий. Тканина утворює складки, немов на голові собаки породи шарпей. Це тому, що в наших черепах ледве вистачає місця, аби розмістити всі ті клітини. Тож тканина укладається якомога компактніше. Пагорби складок називаються *звивини* (або ж *звивина*, якщо казати лише про одну), а западини — *борозни* (або *борозна*, якщо мається на увазі одна). Наша робота як нейрологів — орієнтуватися в цих пагорбах та западинах, щоб зрозуміти, завдяки яким саме пагорбам ми здатні бачити обличчя, які западини дають нам спроможність рухати руками і який нейронний код дає можливість комунікації між цими звивинами та борознами.

## ДОРОЖНЯ КАРТА МОЗКУ

У цій книжці ми здебільшого фокусуватимемося на цих пагорбах та западинах мозку, а також на надзвичайно складних скупченнях нейронів (їх називають *ядра*), схованих глибоко всередині. На перший погляд може здатися, що мозок — це лише випадковий набір зморшок і складок, але насправді він є досить послідовно організованим. Давайте-но поглянемо на різноманітні ділянки, з яких складається мозок людини.

<sup>1</sup> <http://newsroom.cisco.com/feature-content?type=webcontent&articleId=1208342>

## РЕПТИЛЬНИЙ МОЗОК

Наш тур людським мозком починається в ділянці, яка вже пов'язана із зомбізмом. У романі «Розтин зомбі» (2012) психіатр Стівен Шлозман змальовує випадок, коли мозок ходячих мерців ушкоджено в такий спосіб, що збереглися функції лише так званого *крокодилячого*, або *рептильного*, мозку.

Що таке крокодилячий мозок і чим він відрізняється від інших ділянок мозку?

Нейролог Пол Маклін колись виклав офіційну ідею про примітивний «рептильний» мозок, який міститься в кожному з нас. Свого часу цю ідею популяризував Карл Саган, який багато чого запозичив із цієї концепції для своєї книжки «Драconi Едему». Концептуальна структура мозку за Макліном називається *модель триединого мозку*, адже мозок складається з трьох окремих комплексів (хоча назви неважливі, заради довершеності опису пригадаймо, що їх назвали *мозок рептилії*, *давній мозок ссавців* та *новий мозок ссавців*). Вони приблизно відображають уявлення про відомі анатомічні відмінності, які й досі дещо актуальні.

Поки що нормально?

На жаль, гіпотеза Макліна також вважає ці три комплекси такими, що представляють різні еволюційні етапи (насправді це не так) та є доволі незалежними один від одного, що робить можливими окремі «свідомості» (імовірно, що такого насправді немає). Це означає, що кожна тварина мусить мати окремий тип *свідомості* залежно від її власного еволюційного ступеня розвитку. Хоча ця ідея є, безсумнівно, цікавою, сучасні досягнення в галузі нейрології насправді не підтримують довід про те, що ми *зазвичай* маємо окремі, конкурентні свідомості, ураховуючи великий обсяг комунікації, котрий відбувається між більшістю мозкових ділянок.

Уся ця преамбула — лише спосіб сказати, що нам, нейронауковцям, насправді не подобається цей термін, *рептильний мозок*, бо він дає хибне уявлення про сумісну роботу мозку та еволюції. Проте назва *рептильний мозок* таки приклеїлася, і ми для скорочення та з глузливим відтінком використовуватимемо цей термін. Важ-