



1

Як створити людину

Що за майстерний витвір чоловік!

Вільям Шекспір. Гамлет

Давним-давно, ще коли я навчався в Америці в середній школі, наш учитель біології казав, що всі хімічні елементи, з яких складається людське тіло, можна купити в найближчій крамничці десь баксів за п'ять. Точної суми не пам'ятаю. Може, таки п'ять, а може, 2,97 чи 13,50. Але навіть у 1960-х вона була копійчаною. Пам'ятаю, який подив викликала в мене ідея, що таке сутуле й прищаве створіння, як я, можна зліпити практично задарма.

Одкровення було настільки несподіваним і протверезним, що застрягло в моїй голові на довгі роки. Але питання ось у чому: чи правда це? Чи дійсно ми коштуємо так мало?

Багато авторитетних фахівців (читайте — «старшокурсники факультетів природничих наук без дівчини») не раз розважали себе підрахунками собівартості будматеріалів для людини. Певно, найдостовірнішу й найповнішу спробу останніх років зробило Королівське хімічне товариство (КХТ), яке в межах Кембриджського наукового фестивалю 2013 року порохувало, скільки грошей піде на те, щоб зліпити Бенедикта Камбербетча. (Того року Камбербетч був гостем організатора фестивалю і, за щасливим збігом, середньостатистичною за розміром людиною.)

* Переклад Л. Гребінки. — Прим. пер.

За розрахунками КХТ на одну людину піде п'ятдесят дев'ять елементів¹. Шість з них — вуглець, кисень, водень, азот, кальцій і фосфор — становлять 99,1 відсотка нашого тіла. А от решта дещо цікавіша. Хто б міг подумати, що жодна людина не обходиться без крихточки молібдену, ванадію, марганцю, олова чи міді? Хоча потрібно нам їх не так уже й багато — лиш мільйонна чи навіть мільярдна частина. Наприклад, ми маємо всього двадцять атомів кобальту і тридцять атомів хрому на кожні 99999999,5 атома решти елементів².

Цілий 61 відсоток людського тіла заповнює кисень. То ми майже на дві третини складаємося з газу? Чом ми тоді не легкі й не підстрибуємо, як повітряні кульки? Усе тому, що кисень переважно зв'язується з воднем (з якого ви складаєтесь на 10 відсотків), формуючи атоми води. А вода, як ви знаєте, якщо колись намагалися перетягти повний дитячий басейн чи походити в мокрую одазі, на диво важка. Досить іронічно, що одні з найлегших елементів періодичної таблиці — кисень і водень — у поєднанні утворюють одну з найважчих речовин. Але такі вже ми є. А ще кисень і водень є найдешевшими елементами в людині. Увесь ваш кисень обійдеться лише у 8,90 фунта стерлінгів, а водень — у 16 з копійками (якщо припустити, що ви приблизно такого ж розміру, як Бенедикт Камбербетч). Азот (2,6 відсотка вас) теж досить бюджетний та оцінюється всього у 27 пенсів. А от далі все починає дорожчати.

Вуглецю вам потрібно близько 14 кілограмів, а це, за даними Королівського хімічного товариства, коштуватиме 44 300 фунтів стерлінгів. (КХТ бере лише найчистіші форми елементів. Робити людину з низькосортного матеріалу — себе не поважати.) Кальцій, фосфор і калій потрібні в набагато менших кількостях, але все одно обійдуться вам ще в 47 тисяч фунтів стерлінгів. Решта ще дорожча, але, на щастя, потрібна в мікроскопічних кількостях. Грам торію коштує майже дві тисячі фунтів, але становить усього 0,0000001 відсотка від маси людського тіла. Тож торію зважуємо на 21 пенс. Усе олово вам обійдеться в чотири фунти, цирконій та ніобій коштуватимуть по два фунти. А 0,00000007 відсотка самарію, мабуть, узагалі не варто враховувати. У кошторисі КХТ він оцінюється в нуль фунтів.

З п'ятдесяти дев'яти елементів людського тіла двадцять чотири вважаються «основними», бо без них ми справді не обійдемося. А от

решта — вінегрет. Якись елементи точно корисні. Деякі — може, й корисні, але ми досі не знаємо, чому і як. Ще одні — не шкідливі і не корисні, просто зібралися за компанію. А от якісь узагалі нічого хорошого не віщують. Наприклад, кадмій є двадцять третім за поширеністю елементом в організмі й становить 0,1 відсотка від загального об'єму, але, по суті, вважається отрутою. Нашому тілу кадмій не потрібен: просто він потрапляє з ґрунту в рослини, а звідти — у наш шлунок, коли ми ці рослини їмо. Якщо ви живете в Північній Америці, то, ймовірно, споживаєте близько вісімдесяти мікрограмів кадмію на день, і це вам зовсім не на користь.

Ідемо далі. Візьміть майже будь-яку клітину свого тіла — і знайдете там понад мільйон атомів селену. Донедавна ніхто й гадки не мав, нащо вони всі потрібні, але тепер ми знаємо: селен потрібен для створення й роботи двох життєво важливих ферментів, дефіцит яких пов'язують з гіпертонією, артритом, анемією, деякими видами раку і навіть зниженням кількості сперматозоїдів³. Тож, певно, не зайвим буде спожити трошечки селену (здебільшого він міститься в горіхах, цільнозерновому хлібі й рибі), але не переборщіть: забагато селену може вбити вашу печінку⁴. Правильний баланс — справа делікатна.

Королівське хімічне товариство назвало досить точну ціну за створення нової людини на подобу Бенедикта Камбербетча — 96 546,79 фунта стерлінгів. А ще на кругленьку суму потягне робота й ПДВ. Вам пощастить, якщо зможете придбати копію Бенедикта Камбербетча менш як за 200 тисяч фунтів — не захмарна цифра, але й не кілька нещасних доларів, про які торочив мій учитель біології. А втім, 2012 року американський науково-популярний телесеріал «Нова» (Nova) на каналі PBS випустив серію «Гонитва за елементами», де провів точно такий же аналіз⁵. У них собівартість основних компонентів людини вийшла 168 доларів, і це чудово ілюструє ідею, якою просякнута вся книжка: там, де йдеться про людське тіло, немає жодної точності.

Але, ясна річ, усе це балачки. Хоч би скільки ви заплатили і хай як старанно поєднали, людини у вас не вийде. Зберіть разом усіх геніїв сучасності й минулого, наділіть їх усіма знаннями людства — і вони не зможуть створити жодної живої клітини. Не кажучи вже про копію Бенедикта Камбербетча.

І це дивує в людях найбільше. Ми є звичайним набором інертних елементів, які можна відкопати в купі бруду. Я вже казав це в іншій книжці, але, гадаю, не зайвим буде повторити: унікальність елементів, з яких ви складаєтеся, лиш у тому, що ви з них складаєтеся. Це і є диво життя.

Увесь свій час ми проводимо в теплому згустку плоті під назвою «тіло» і сприймаємо його як належне. Хто хоча б приблизно знає, де є селезінка і що вона робить? Або в чому різниця між сухожиллями і зв'язками? Чи для чого потрібні лімфовузли? Як думаєте, скільки разів на день ви моргаєте? П'ятсот? Тисячу? Так-так, ви й гадки не маєте. А моргаєте ви чотирнадцять тисяч разів на день — так часто, що вдень ваші очі заплющені протягом аж двадцяти трьох хвилин⁶. Але вам про це думати не треба, бо щосекунди ваше тіло виконує незліченну кількість завдань: квадрильйон, нонільйон, квіндецильйон, вігінтильйон (це все реальні назви)... Коротше кажучи, якесь число, що значно перевершує межі уяви. І все це — без краплі усвідомлення.

За ту секунду, що ви читаете це речення, ваше тіло встигло виробити мільйон еритроцитів. Вони вже розносяться по організму, курсують по венах і не дають вам померти. Кожне кров'яне тільце обійде вас по колу близько 150 тисяч разів, невпинно транспортуючи кисень до клітин, а потім, виснажене і марне, віддасть себе на розтерзання іншим клітинам заради вашого блага.

Загалом наше тіло налічує сім мільярдів мільярдів мільярдів (тобто 7 000 000 000 000 000 000 000 000, або сім октильйонів) атомів. Ніхто не може сказати, чому ці сім мільярдів мільярдів мільярдів атомів так прагнуть скупчитися в нас. Зрештою, у них немає мозку, думок чи бажань. І все-таки від вашого народження і аж до самої смерті вони будуватимуть і підтримуватимуть усі ті незліченні системи і структури, що дають вам існувати, роблять вас самим собою, надають вам форму та дають насолоджуватися таким унікальним і надзвичайно приємним станом, як життя.

А це набагато важче, ніж ви думаєте. Якщо вас розібрати, то вийде купа матеріалу. Поверхня легень може вкрити цілий тенісний корт, альвеолами можна подолати відстань від Лондона до Москви, а кровонесними судинами — обігнути Землю аж два з половиною рази⁷.

Однак найдивовижніша частина вашого тіла — ДНК. У кожній вашій клітині міститься цілий метр цієї речовини, а пам'ятаєте скільки у вас клітин? Якщо витягнути всю ДНК людини в єдину тонку нитку, вона простягнеться більш як на десять мільярдів кілометрів, аж за самий Плутон⁸. Лишень уявіть: вас достатньо, щоб вийти за межі Сонячної системи. Ви — космічне створіння. У буквальному сенсі.

Але ваші атоми — усього лиш цеглинки. Самі вони не живі. А скажати, де саме починається життя, не так уже й просто. Базовою одиницею життя є клітина — це факт. Клітина сповнена важливих елементів — рибосом, білків, ДНК, РНК, мітохондрій та багатьох інших мікроскопічних штук, — але сама собою не є живою. Клітина — це лиш резервуар, така собі маленька кімнатка, а вони живими не бувають*. А втім, коли вся ця компанія збирається разом, звідкись раптом з'являється життя. Оцього моменту наука пояснити ніяк не може. І я дуже сподіваюся, що так буде завжди.

Найбільше вражає те, що в клітині немає начальника. Усі компоненти реагують на сигнали інших і штовхаються, як бамперні машинки в парку розваг. Але якось уся ця метушня виливається у плавну, скоординовану дію — не лише в межах клітини, а й по всьому тілу, бо клітини з різних куточків вашого особистого космосу спілкуються між собою.

Серце клітини — це ядро. Воно містить ДНК — цілий метр речовини, затиснутий у нескінченно малий простір. Як це все поміщається у малесеньке клітинне ядро? Річ у тім, що ДНК надзвичайно тонка. Щоб зробити з ДНК стрічку товщиною з найтоншу людську волосину, знадобиться аж двадцять мільярдів ниток⁹. І, до речі, кожна клітина вашого тіла (або, точніше, кожна клітина з ядром) містить по дві копії ДНК. Ось чому її вистачить аж до Плутона і навіть далі.

У ДНК лиш одне завдання: створити ще більше ДНК. Це просто інструкція зі створення вас. Молекула ДНК, як ви вже точно чули на уроках біології або в численних телепередачах, складається з двох ниток, поєднаних сходинками. Формою все це схоже на гвинтову драбину — подвійну спіраль. Нитка ДНК ділиться на менші сегмен-

* Cell з англ. — це не лише клітина, а й тюремна камера та келія для ченців. — Прим. наук. ред.

ти — так звані хромосоми, — а ті, так само, складаються із ще менших одиниць — генів*. Сума всіх ваших генів називається геномом.

ДНК — надзвичайно живуча штука. Вона не розкладається десятки тисяч років і дає змогу сучасним вченим досліджувати антропологію далекого минулого. Сумніваюся, що щось із ваших пожитків — листи, коштовності, дорогоцінна фамільна реліквія — не розсиплеться за тисячу років. А от ДНК майже напевно віліє, і її навіть можна буде відновити, якщо хтось вас знайде в майбутньому. ДНК передає інформацію з надзвичайною точністю і помиляється приблизно раз на кожен мільярд переданих букв. Однак це вже три помилки (або мутації) на один поділ клітини. Більшість цих мутацій організм ігнорує, однак іноді вони не минають безслідно. Це і є еволюція.

Усі компоненти генома мають одну-єдину мету: продовжити ваш рід. Гени у вашому тілі дуже давні і (принаймні поки що) вічні. Ви помрете і зникнете, але ваші гени продовжуватимуть жити доти, поки ви і ваші нащадки народжуватимете нове потомство. Але ще більше приголомшує той факт, що жодного разу за три мільярди років, які минули із зародження життя, ваш родовід не уривався. Зараз ви існуєте, бо всі ваші предки змогли передати свій генетичний матеріал нащадкам, перш ніж померти чи по-іншому втратити змогу розмножуватися. Просто успіх за успіхом.

Гени запрограмовані роздавати інструкції для створення білків. А білки забезпечують майже все функціонування організму. Якісь із них прискорюють хімічні реакції — вони зветься ферментами. Інші передають хімічні сигнали — це гормони. Ще є такі, що атакують патогенів і називаються антитілами. А найбільший з усіх наших білків зветься титин — він допомагає контролювати еластичність м'язів. Його хімічна назва складається з 189 819 літер, що робить його найдовшим словом в англійській мові¹⁰, якщо не враховувати той факт, що в словники не додають хімічні назви. Ніхто не знає, скільки типів білків міститься в нашому тілі, але цифри коливаються від кількох сотень тисяч до мільйона чи навіть більше¹¹.

* В автора неточний опис. Нитка не ділиться на хромосоми, а просто розподілена у просторі таким компактним чином, що формує хромосоми. — *Прим. наук. ред.*

Парадокс генетики полягає в тому, що всі ми дуже різні й водночас майже ідентичні генетично. Усі ми поділяємо 99,9 відсотка спільної ДНК, але двох однакових людей не буває¹². Наша з вами ДНК відрізняється лиш у 3–4 мільйонах місць — мізерна частка від загальної кількості, — але цього достатньо, щоб зробити нас різними¹³. Крім того, у вас є близько сотні особистих мутацій — ланцюжків генетичних інструкцій, які не відповідають жодному з генів, отриманих від батьків, і є лише вашими¹⁴.

Деталі роботи ДНК досі лишаються для нас великою загадкою. Лише два відсотки генома людини кодують білки, а отже, лише два відсотки роблять щось зрозуміле. Чим займається решта, точно невідомо. Здається, вона просто є в організмі. Як веснянки на шкірі. А певні ділянки взагалі збивають з пантелику. Одна коротка послідовність, що зветься Alu-елементом, повторюється більше мільйона разів по всьому геному — подеколи й у середині важливих генів, що кодують білок¹⁵. Усе це здається чимось абсолютно незрозумілим, але становить воно 10 відсотків усього нашого генетичного матеріалу. Спершу ця таємнича послідовність називалася смітцевою ДНК, зараз же її охрестили загадковіше — темна ДНК. Це означає, що ми й гадки не маємо, що вона робить і навіщо потрібна. Якісь її ділянки беруть участь у регуляції генів, але про решту ми нічого не знаємо.

Людське тіло часто порівнюють з машиною, але воно набагато складніше. Організм працює двадцять чотири години на добу протягом десятиліть, здебільшого не потребує регулярного обслуговування чи запчастин, працює на воді й кількох органічних сполуках, досить симпатичний, рухливий і пластичний, з ентузіазмом розмножується, жартує, відчуває емоції, обожнює красиві заходи сонця і прохолодний бриз. Скільки таких машин ви знаєте? Ясна річ, питання риторичне. Ви — справжнє диво.

І як же ми вшановуємо тріумф нашого існування? Багато їмо і мало займаємося спортом. Лиш подумайте, скільки лайна ви жбурляєте собі у шлунок і скільки часу овочем валяєтеся перед екраном телевізора. А втім, якимось дивовижним чином наше тіло піклується про нас, вбираючи поживні речовини зі сміття, яким ми харчуємося, й десятиліттями підтримує в нас життя — і, варто сказати, на досить пристойному рівні. Щоб убити себе раціоном та ледачістю, доведеться попінтіти.

Навіть якщо ви живете неправильно по всіх фронтах, тіло вас підтримує й захищає. І ми так чи інакше є цьому безпосереднім доказом. П'ять із шести курців ніколи не захворіють на рак легенів¹⁶. Багатьох своїх кандидатів серцевий напад омине. А ще щодня від однієї до п'яти клітин вашого тіла стають раковими, але імунна система хапає їх і вбиває¹⁷. Лишень задумайтеся: кілька десятків разів на тиждень — більше тисячі разів на рік — ви хворієте на найстрашнішу хворобу століття, і щоразу тіло вас рятує. Ясна річ, іноді такий рак переростає у щось серйозніше і може вас вбити, але це трапляється досить рідко: більшість клітин організму відтворюється мільярди і мільярди разів, без помилок. Рак може бути поширеною причиною смерті, але не надто поширеною хворобою.

Наші тіла — це Всесвіт з 37,2 трильйона клітин¹⁸, які більш-менш регулярно працюють у більш-менш унісон¹⁸. Біль, нетравлення шлунка, несподіваний синець або прищ — усе це за звичних умов сигналізує про нашу недосконалість. Є тисячі речей, які можуть нас вбити (насправді, трохи більше восьми тисяч, якщо вірити Міжнародному класифікатору хвороб, укладеному Всесвітньою організацією охорони здоров'я), і нам до смерті вдається уникнути всіх, окрім останньої¹⁹. Не так уже й погано.

Ми в жодному разі не ідеальні істоти. Часом у нас не прорізаються зуби, бо під час еволюції людська щелепа зменшилася настільки, що часто не може вмістити їх усі. А таз у нас надто вузький, щоб діти народжувалися без тортур. Усі ми рано чи пізно страждаємо від болю в спині. Ще в нас є органи, які самі відновлюватися не вміють. Якщо риба даніо реріо пошкодить серце, у неї виросте нова тканина. Якщо ви пошкодите серце... що ж, співчуваю. Майже всі тварини вміють виробляти вітамін С, а людина — ні. Наш організм проходить усі стадії відповідного процесу, але чомусь випускає останній пункт: виробити один-єдиний фермент²⁰.

* Ясна річ, число є обґрунтованим припущенням. Людські клітини бувають різні за типами, розмірами і щільністю, тож їх неможливо порахувати. Число в 37,2 трильйона отримала 2013 року група європейських учених на чолі з Євою Б'янкони з Болонського університету в Італії. Його опублікували в журналі *Annals of Human Biology*.

Диво людського життя не в тому, що ми наділені якимись слабкостями, а в тому, що вони нас не вбивають. Не забувайте, що ваші гени походять від предків, які переважну частину історії навіть людьми не були. Хтось плавав у морі рибою, а хтось був крихітним, пухнастим і жив у норі. Від цих істот ми й успадкували будову тіла. Ви — продукт трьох мільярдів років еволюційних стрибків. Усім було б набагато легше, якби можна було просто почати все наново і зробити собі тіла ідеальні для потреб *Homo sapiens*: ходити прямо, не шкодячи колінам і спині, ковтати без ризику подавитися, виштовхувати немовлят, як торговий автомат. Але наше тіло для цього не призначене. Ми почали нашу подорож віками як одноклітинні згустки, що населяли теплі мілководні моря. Усе, що трапилося відтоді, було довгою і цікавою випадковістю. Але випадковістю абсолютно чудовою — сподіваюся, наступні сторінки вас у цьому переконать.