

Егоїстичний ген Річард Докінз

Річард Докінз – британський етолог, еволюційний біолог і відомий популяризатор науки. У 1976 році вийшла друком його книжка «Егоїстичний ген», яка й принесла авторові всесвітнє визнання. ЗМІ часто називають його «ротвейлером Дарвіна» за палке відстоювання теорії природного добору. Докінз входить до сотні найгеніальніших людей, які живуть у наш час на планеті. «Егоїстичний ген» – перша і водночас визначна книжка Річарда Докінза, що досі залишається найвідомішою його працею і навіть через 40 років інтригує та не втрачає своєї актуальності. «Ми є машинами для виживання – самохідними роботами, що сліпо запрограмовані на збереження егоїстичних молекул, відомих як гени», – саме так проголошує автор. У чому ж полягає «егоїстичність» генів? Чому вчений так безжально висловлюється про людей? Які погляди відстоює? Річард Докінз наполягає на тому, що саме ген, а не особина є одиницею природного добору. Несподівано, чи не так? Але це ще не все. Альтруїзм автор пояснює не підсвідомим намаганням зберегти вид, а саме егоїстичністю генів: вони вдаються до найвигіднішої стратегії, щоб залишити у вічності часточку себе. Більше того, Докінз – той, хто вперше ввів поняття «мем», що є аналогом гена в живому організмі, але не на рівні біології, а на рівні культури. І якщо ми впевнені, що тільки залишивши потомство, продовжимо себе у вічності, то Докінз стверджує, що це геть не так: через кільканадцять поколінь від наших генів і сліду не буде, а от меми, створені нами, справді існуватимуть вічно.

Річард Докінз

Егоїстичний ген

Про автора

Річард Докінз з 1995 по 2008 роки обіймав посаду професора популяризації науки, запроваджену Чарльзом Симоні при Оксфордському університеті. Народившись у Найробі в британській родині, він отримав освіту в Оксфорді та захистив докторську дисертацію під керівництвом лауреата Нобелівської премії етолога Ніко Тінбергена. З 1967 по 1969 роки працював доцентом Каліфорнійського університету в Берклі, повернувшись на посаду лектора, а пізніше доцента кафедри зоології в Новому коледжі Оксфорду. Згодом, у 1995 році, стає першим головою кафедри Симоні. Почесний член ради Нового коледжу.

Книга «Егоїстичний ген» (1976; друге видання 1989) буквально катапультиувала Річарда Докінза на вершину слави і наразі залишається його найбільш відомою та досить поширеною працею. За нею була ціла низка інших

бестселерів: «Розширений фенотип» (1982), «Сліпий годинник» (1986), «Річка з Едему» (1995), «Сходження на пік неймовірного» (1996), «Розплітаючи райдугу» (1998), «Капелан диявола» (2003), «Розповідь предка» (2004), «Бог як ілюзія» (2006) та «Найбільше шоу на Землі» (2009). Він також видав наукову книжку для дітей «Магія реальності» (2011) та два томи мемуарів – «Апетит до дива» (2013) й «Коротка свічка в темряві» (2015). Докінз є членом Лондонського королівського товариства з розвитку знань про природу та Королівського літературного товариства. Він нагороджений численними відзнаками та преміями, серед яких премія Королівського літературного товариства 1987 року, газети «Лос-Анджелес Таймс» того ж року, Майкла Фарадея від Лондонського королівського товариства 1990-го, Накайяма 1994-го, Міжнародна премія космосу за досягнення в гуманітарних науках 1997-го, Кістлера 2001-го, а також Шекспірівська премія 2005-го, Льюїса Томаса за літературні твори про науку та Ніренберга за популяризацію науки 2009-го.

Вступ до 30-го ювілейного видання

Мене щоразу витверезує думка, що з книгою «Егоїстичний ген» пов'язана добра половина мого життя. Рік за роком, із появою кожної з моїх семи наступних книг, видавці відряджали мене з ними у промотур. Люди приходили на презентацію, реагували на кожну нову книжку з утішним ентузіазмом, ввічливо аплодували та ставили розумні запитання. А потім вони вишиковувались у чергу, щоб придбати та дати мені на підпис... «Егоїстичний ген». Звісно, я трохи перебільшую. Дехто таки купував нову книгу, а щодо решти, моя дружина заспокоює мене тим, що люди, які щойно відкрили для себе автора, зазвичай цікавляться його першим твором. Після прочитання «Егоїстичного гена» їх неодмінно привабить найостанніша і наразі улюблена дитина його батька.

Мені би дуже хотілося заявити, що «Егоїстичний ген» геть застарів та має поступитися місцем іншим ідеям. На жаль (хоча, як подивитись), я поки що не можу цього зробити. Деталі, звісно, змінилися, а фактичні приклади стали більш яскравими. Але, за одним винятком, про який я розповім згодом, у цій книзі знайдеться мало такого, чого я б не написав сьогодні або за що мав би перепросити. Артур Кейн, покійний професор зоології з Ліверпуля та один із тих викладачів, що надихали мене в Оксфорді в шістдесятих, у 1976 році назвав «Егоїстичний ген» «книгою молодого людини». Він навмисно процитував один із відгуків про книгу А. Дж. Айера «Мова, істина та логіка». Мені полестило таке порівняння, хоча я знав, що Айер зрікся багатьох ідей своєї першої книги, та не міг не звернути уваги на натяк Кейна, що колись і я, можливо, зроблю те саме.

Дозвольте мені почати з деяких роздумів щодо назви. У 1975-му за посередництва мого друга Десмонда Морріса я показав майже готову книгу Томові Машлеру, найповажнішому з лондонських видавців, і ми обговорили її в його кабінеті у видавництві «Джонатан Кейп». Книга йому сподобалась, але не назва. «Егоїстичний», як на нього, було «зверхнім» словом. Чому б не назвати книгу «Безсмертний ген»? Слово «безсмертний» видавалося «возвеличувальним», безсмертність генетичної інформації є центральною

темою книги, і назва «Безсмертний ген» мала би чи не той самий ореол певної таємничості, що й «Егоїстичний ген» (ніхто з нас, я гадаю, не помітив перегуку з «Егоїстичним велетнем» Оскара Вайлда). Зараз мені здається, що Машлер тоді мав рацію. Виявилось, що багато критиків, надто галасливих філософів, зазвичай судять про книгу виключно за її назвою. Безумовно, так можна робити з «Казкою про кролика Бенджаміна» або «Історією занепаду і загибелі Римської імперії», але я одразу ж бачу, що сама лише назва «Егоїстичний ген», без додаткової інформації у вигляді книги, може створити помилкове враження про її зміст. Сьогодні який-небудь американський видавець, поза сумнівом, вимагав би підзаголовок.

Найкращий спосіб пояснити назву – це поставити наголоси. Підкресліть слово «егоїстичний», і ви вважатимете, що у книзі йдеться про егоїзм, хоча вона таки про альтруїзм. Наголос у цій назві слід ставити на слові «ген», і зараз я поясню вам чому. Головна суперечка у самому вченні Дарвіна стосується справжньої одиниці добору, тобто, яка саме сутність виживає або не виживає внаслідок природного добору. Ця одиниця і стає більшою чи меншою мірою «егоїстичною» за своєю суттю. Альтруїзм здатен отримувати перевагу на інших рівнях. Чи обирає природний добір між видами? Якщо так, ми можемо сподіватися, що певні організми поводитимуться альтруїстично «на користь виду». Вони здатні обмежити рівень народжуваності, щоб уникнути перенаселення, або приборкати свої мисливські інстинкти задля збереження запасів поживи виду на майбутнє. Саме таке поширення хибного розуміння дарвінізму і спонукало мене узятися за цю книгу.

А може, природний добір, як я узявся тут переконувати, обирає між генами? Тоді нас не мають дивувати деякі організми, що поведуться альтруїстично «на користь генів», наприклад, годуючи та захищаючи своїх рідних, що, ймовірно, мають у собі копії тих самих генів. Такий родинний альтруїзм є єдиним способом, завдяки якому егоїзм гена може перетворитися на індивідуальний альтруїзм. У цій книзі я поясню, як це діє разом із взаємністю, іншим основним генератором альтруїзму згідно з теорією Дарвіна. Якщо я колись зберуся її переписати, як сталося нещодавно з «принципом гандикапа» Захаві / Графена (див. Примітки), то, мабуть, надам трохи місця ідеї Амоца Захаві, що альтруїстичне пожертвування може бути різновидом сигналу про домінування: бачиш, наскільки я вищий за тебе, що можу чимось пожертвувати задля тебе!

Дозвольте мені ще раз повторити та доповнити раціональне пояснення слова «егоїстичний» у назві цієї книги. Надзвичайно важливо отримати відповідь на запитання, який рівень ієрархії життя, де діє природний добір, неминуче стане «егоїстичним». Егоїстичний вид? Егоїстична група? Егоїстичний організм? Егоїстична екосистема? Говорити можна про більшість із них, і більшість із них сприймається на віру тими чи іншими авторами, але всі вони є неточними. Враховуючи, що ідея Дарвіна, по суті, зводиться до егоїстичного чогось, це щось виявляється геном з переконливих причин, які й розкриває ця книга. Влаштовує вас такий аргумент чи ні, але саме він пояснює її назву.

Сподіваюся, це завадить появі більш серйозних непорозумінь. Однак, оглядаючись у минуле, я помічаю власні помилки щодо цього моменту. Зокрема, на них можна натрапити в 1-му розділі у реченні: «Спробуймо хоча б навчати щедрості та альтруїзму, позаяк ми народжуємось егоїстами». У навчанні щедрості та альтруїзму немає нічого поганого, але слова

«народжуємось егоїстами» ведуть нас не туди, куди треба. Якщо коротко, то виразно бачити різницю між «засобами пересування» (зазвичай організмами) та «реплікаторами», які пересуваються всередині них (на практиці це гени, про що детально йдеться в 1-му розділі, доданому у другому виданні), я почав лише в 1978 році. Будь ласка, подумки вилучіть це неправильне речення та інші йому подібні, замінивши чимось доречним для цього параграфа.

Враховуючи наслідки від таких помилок, не дивуватимусь, якщо назву книги вкотре зрозуміють неправильно, а тому, можливо, мені таки доведеться змінити її на «Безсмертний ген». Ще варіантом може стати «Альтруїстичний носій». Мабуть, це було би надто загадково, але принаймні очевидну суперечку між геном та організмом як конкуруючими одиницями природного добору (суперечку, що турбувала покійного Ернста Майра до кінця життя) було б вирішено. Існує два види одиниць природного добору, між якими немає жодної незгоди. Ген є одиницею в сенсі реплікатора. Організм є одиницею в сенсі носія. Важливими є обидва, і не слід намовляти на будь-кого з них. Вони являють собою два абсолютно різних типи одиниць, і якщо ми не помічатимемо цю різницю, то безнадійно заплутаємося.

Ще однією непоганою альтернативою назві «Егоїстичний ген» міг би стати вираз «кооперативний ген». Він видається парадоксально протилежним за значенням, але центральна частина цієї книги наводить аргументи на користь певної форми кооперації серед корисливих генів. Це, звісно, не означає, що групи генів розкошують за рахунок своїх членів або інших груп. Насамперед, кожен ген розглядається як такий, що переймається власними інтересами на тлі інших генів у генофонді – наборі кандидатів для перетасування всередині виду завдяки статевому розмноженню. Ці інші гени належать до середовища, в якому перебуває кожен ген, так само, як складовими цього середовища є погода, хижаки та їхні жертви, рослинність та ґрунтові бактерії. Для будь-якого гена «фоновими» генами є ті, з якими він перебуває в одному організмі у своїх мандрах крізь покоління. В найближчій перспективі йдеться про інших членів геному. В якнайдалшій – про інші гени у генофонді виду. Отже, природний добір наглядає за тим, щоби групи взаємосумісних (можна навіть сказати, кооперативних) генів отримували перевагу від присутності одні одних. Така еволюція «кооперативного гена» жодним чином не порушує фундаментального принципу егоїстичного гена. 5-й розділ розгортає цю ідею за допомогою аналогії з командою веслярів, а 13-й розділ заведе її ще далі.

Отже, враховуючи, що природний добір егоїстичних генів зазвичай надає перевагу співпраці серед генів, слід визнати існування таких, що не співпрацюють, а навпаки, діють усупереч інтересам решти геному. Деякі автори називають їх «дикими», інші – «ультраегоїстичними», а ще інші – суто «егоїстичними генами», не бачачи тонкої грані між генами, що співпрацюють у корисливих картелях. Прикладами ультраегоїстичних генів є мейозні гени, описані на початку 13-го розділу, а також так звана «паразитична ДНК», що вперше згадується наприкінці 3-го розділу та змальовується різноманітними авторами під гучною назвою «егоїстична ДНК». Пошук нових та дедалі більш дивних прикладів ультраегоїстичних генів став прикметою багатьох років після першої публікації цієї книги [1 – Книга Остіна Берта та Роберта Тріверса «Гени в конфлікті: біологія егоїстичних генетичних елементів» (Гарвард Юніверситі Пресс, 2006) вийшла надто пізно, щоби її ідеї потрапили до першого накладу цього видання. Вона, безумовно,

стане визначальною довідковою роботою з цього важливого питання. (Прим. авт.)].

«Егоїстичний ген» критикували за антропоморфну персоніфікацію, тому варто надати додаткові пояснення, а може, й вибачення. Я вдаюся до двох рівнів персоніфікації – генів та організмів. Персоніфікація генів насправді не є провокацією, бо жодна нормальна людина не вважає молекули ДНК свідомими особистостями і розумний читач не припише авторові такої ілюзії. Якось я мав честь послухати виступ видатного молекулярного біолога Жака Моно про творчість у науці. Вже не пригадую його точних слів, але він зазначив, що, беручися розв'язати певну хімічну проблему, він намагається уявити себе електроном. Пітер Аткинс у чудовій книзі «Ще раз про створення» використовує подібну персоніфікацію, розглядаючи переломлення променя світла, що потрапляє в середовище з вищим коефіцієнтом переломлення, яке його гальмує. Промінь поводитьсь так, немов намагається мінімізувати час, потрібний для досягнення кінцевої точки. Аткинс уявляє собі це так: рятівник на пляжі поспішає на допомогу відпочивальнику, що тоне. Чи варто йому кидатись навпрошки? Ні, бо бігти він може швидше, ніж плисти, а тому буде мудро збільшити частину шляху по суходолу. Можливо, йому треба бігти до точки на березі, що перебуває навпроти його мети, мінімізуючи час запливу? Так буде краще, однак це ще не остаточний варіант. Розрахунок (якщо він матиме на нього час) покаже рятівникові оптимальний проміжний кут, що дасть ідеальну комбінацію швидкого бігу та дещо повільнішого плавання. Аткинс робить із цього такий висновок:

Це точно відображає поведінку світла, що потрапляє в більш густе середовище. Але як світло знає, вочевидь заздалегідь, який шлях є найкоротшим? І, зрештою, чому це так важливо?

Він розгортає цю тему в дивовижне пояснення, навіяне квантовою теорією.

Така персоніфікація – це не тільки химерний дидактичний прийом. Вона допомагає професійному вченому отримати правильну відповідь, уникнувши підступних помилок. Саме так відбувається з дарвінівськими розрахунками альтруїзму та егоїзму, співпраці та ворожості. Дуже легко повестися на неправильну відповідь. Персоніфікація генів, що зроблена з належною стриманістю і делікатністю, здатна порятувати прихильника теорії Дарвіна, що в'язне у плутанині. Моя стриманість була підбадьорена потужним прецедентом В. Д. Гамільтона, одного з чотирьох героїв цієї книги. У своїй статті 1972 року (коли я лише розпочав роботу над «Егоїстичним геном») Гамільтон пише:

Ген отримує перевагу при природному доборі, якщо сукупність його реплік формує зростаючу фракцію загального генофонду. Ми маємо намір мати справу з генами, що начебто впливають на соціальну поведінку їхніх носіїв, тому спробуймо зробити аргумент більше яскравим, тимчасово приписавши генам розум та певну свободу вибору. Уявіть, що ген переймається збільшенням кількості своїх реплік, а також, що він спроможний вибирати...

Саме під таким поглядом слід читати більшу частину книги «Егоїстичний ген».

Персоніфікувати організм більш проблематично. Бо організми, на відміну від генів, таки мають мізки, а тому, як ми ще побачимо, насправді можуть мати егоїстичні чи альтруїстичні мотиви в чомусь на кшталт суб'єктивного сенсу. Книга під назвою «Егоїстичний лев» могла би насправду збити з пантелику, утерши носа «Егоїстичному гену». Так само, як хтось здатен уявити себе променем світла, що розумно вибирає оптимальний шлях крізь каскад лінз і призм, або геном, що мандрує крізь покоління, він може уявити себе також левицею, що розраховує оптимальну поведінкову стратегію для тривалого виживання її генів у майбутньому. Гамільтонівським подарунком біології є точні математичні розрахунки, що до них вдається справжня дарвінівська істота, така як лев, вираховуючи рішення для максимізації виживання власних генів. У цій книзі я використовував неформальні словесні еквіваленти таких розрахунків для обох рівнів персоніфікації.

У 8-му розділі ми швидко переходимо з одного рівня на інший:

Ми розглядали обставини, за яких матері насправді краще, щоби таке маля загинуло. Інтуїтивно можна припустити, що йому варто боротися, поки є змога, але для теоретичних розмірковувань це не обов'язково. Якщо дитинча є настільки малим та слабким, що тривалість його життя зменшується до точки, де перевага для нього від батьківських внесків є меншою за половину переваги, яку ті самі внески можуть потенційно принести іншим дитинчатам, воно має померти чемно та невимушено. Цим воно принесе своїм генам найбільшу користь.

Все це інтроспекція на індивідуальному рівні. Припущення полягає не в тому, що найслабше дитинча обирає те, що приносить йому задоволення або добре самопочуття. Радше, припускається, що індивіди в дарвінівському світі роблять умовний розрахунок, що є найкращим для їхніх генів. У тому ж параграфі це пояснюється швидким переходом до персоніфікації на генному рівні:

Тобто, ген, що наказує організмові: «Якщо ти набагато слабший за інших дитинчат свого виводка, не тримайся за життя і помирвай», матиме перевагу в генофонді, бо отримує 50-відсотковий шанс опинитися в організмі кожного з врятованих братів і сестер, а от його надія на те, що виживе найменший із них, вкрай незначна.

А потім параграф одразу переходить назад на мотиви дитинчати:

У життеписі найменшого з дитинчат має бути певна межа. Не досягнувши цієї критичної позначки, воно має триматися за життя. Переступивши за неї,

мусить поступитися і, не чинячи опору, дозволити себе з'їсти іншим дитинчатам чи своїм батькам.

Я сподіваюся, що ці два рівні персоніфікації не плутаються, якщо читати все і в контексті. За умови правильного використання два рівні «умовного розрахунку» приходять до того самого висновку, що, по суті, є критерієм їхньої правильності. Тому я не вважаю персоніфікацію чимось, чого варто уникати, якби я знову узявся писати свою книгу.

Не писати книгу – то одне. Не читати – щось інше. Як реагувати на такий вердикт читача з Австралії?

Захоплююче, але часом я шкодую, що це прочитав... Так, я можу поділяти відчуття дива, що його Докінз заживає, розглядаючи такі складні процеси... Та зрештою, я маю підстави звинуватити «Егоїстичний ген» у загостренні депресії, від якої потерпаю вже понад десять років... Я ніколи не був упевненим у своїх духовних переконаннях і, намагаючись знайти щось вартісніше – намагаючись повірити, але не впоравшись із цим, – я з'ясував, що ця книга змела мої непевні ідеї, не дозволивши їм об'єднатись у щось більше. Кілька років тому я змушений був пережити досить сильну особисту кризу.

Я вже описував декілька подібних відгуків від читачів:

Один іноземний видавець моєї першої книги зізнався, що після її прочитання три ночі не міг заснути, бо був пригнічений її посланням, яке видалося йому холодним та похмурим. Інші цікавилися в мене, з яким почуттям я прокидаюся зранку. Вчитель із далекої країни докорив мені, що одна з учениць після прочитання цієї книги прийшла до нього у сльозах, бо переконалась, що життя є порожнім та даремним. Він порадив їй не показувати книгу друзям, щоб не заразити їх тим самим нігілістичним песимізмом («Розплітаючи райдугу»).

Якщо щось є правдою, її не затьмарить видавання бажаного за дійсне. Це перше, що слід сказати, але й інше майже так само важливе. Як я написав далі:

Припустимо, що кінцева доля Всесвіту, по суті, не має жодної мети, але чи хтось із нас пов'язує з нею надії нашого життя? Певна річ, що ні, якщо ми перебуваємо при здоровому глузді. Нашим життям керують значно ближчі, сердечніші людські амбіції та поривання. Дорікати науці, що вона позбавляє життя тепла, здатного надати йому вартості, вкрай абсурдно. Це категорично не збігається з моїми власними відчуттями, а також більшості науковців, тому такі необгрунтовані звинувачення доводять мене ледь не до відчаю.

Подібну звичку стріляти в посланця демонструють також інші критики, що вважають неприйнятними соціальні, політичні чи економічні натяки «Егоїстичного гена». Незабаром після того, як пані Тетчер виграла свої перші вибори в 1979 році, мій друг Стівен Роуз написав у журналі «Нью-Сайнтист»:

Я не маю на увазі, що фірма «Саачі енд Саачі» залучила до написання сценаріїв Тетчер команду соціобіологів чи що деякі оксфордські та сассекські викладачі зраділи такому практичному висловленню простих істин егоїстичної генетики, що їх вони намагалися нам донести. Збіг модної теорії з політичними подіями ще більш неймовірний. Проте я щиро вірю, що коли буде написано історію зміни політичного курсу в правий бік наприкінці 1970-х, від закону та порядку до монетаризму та (більш суперечливої) атаки на державний централізм, то перемикання наукової моди, навіть якщо лише з групової до родинної моделі добору в еволюційній теорії, розглядатиметься як частина хвилі, що накрила тетчеристів та їхню концепцію незмінної, конкурентної в стилі дев'ятого століття та ксенофобської людської природи при владі.

«Сассекським викладачем» був уже покійний Джон Мейнард Сміт, що його обожнював Стівен Роуз та і я також, і в листі до «Нью-Сайнтист» він дав очікувану відповідь: «Що ми мали зробити? Підробити рівняння?» Одна з головних ідей книги «Егоїстичний ген» (підкріплена титульним малюнком збірки «Капелан диявола») полягає в тому, що нам не слід запозичувати наші цінності з дарвінізму, якщо тільки вони не мають знаку «мінус». Наші мізки розвинулися до певного рівня, бо ми здатні повстати проти наших егоїстичних генів (це підтверджує використання контрацептивів). І це може та має виявлятися у більшому масштабі.

На відміну від другого видання 1989 року, до цього ювілейного не додано чогось нового, окрім вступу та деяких фрагментів оглядів, відібраних моєю тричі редакторкою та захисницею Латою Менон. Ніхто, крім Лати, не зумів би зрівнятися з Майклом Роджерсом, видатним редактором, чия невгамовна віра в цю книгу дала старт її першому виданню.

До цього видання знову потрапила – і для мене це становить неймовірну втіху – передмова Роберта Тріверса. Я вже згадував Білла Гамільтона як одного з чотирьох інтелектуалів, героїв цієї книги. Так от, Боб Тріверс є другим. Його ідеям присвячені великі частини 9-го, 10-го та 12-го розділів, а також увесь 8-й розділ. Ця передмова є не лише чудово написаним вступом до книги – зненацька він скористався нею, щоби повідомити світові блискучу нову ідею – теорію еволюції самообману. Я надзвичайно вдячний йому за надання дозволу прикрасити це ювілейне видання такою оригінальною передмовою.

РІЧАРД ДОКІНЗ

Оксфорд, жовтень 2005 р.

Передмова до другого видання

За дванадцять років після першої публікації книги «Егоїстичний ген» її основна ідея отримала загальне визнання та встигла потрапити до підручників. Якщо замислитися, це доволі парадоксально. Адже ця книга не з тих, що одразу після виходу отримують тавро революційних, а потім упевнено набувають прихильників, доки не стануть настільки загальновизнаними, що ми дивуємося, чим був спричинений увесь той галас. Усе було навпаки. Спочатку рецензії були схвальними і не трактували книгу як суперечливу. Її репутація контроверсійної визрівала поволі, аж поки вона не стала поширеним прикладом ледь не радикального екстремізму. Однак паралельно із формуванням екстремістської репутації книги її фактичний зміст не сприймався таким, поступово стаючи джерелом загальновизнаних істин.

Теорія егоїстичного гена – це теорія Дарвіна, висловлена у такий спосіб, який Дарвін не обирав, але його доречність, на мою думку, він би охоче визнав. По суті, це логічний витвір ортодоксального неодарвінізму, але висловлений на новий лад. Замість того щоб зосередитися на окремому організмі, природа розглядається очима гена. Це лише інший спосіб бачення, а не інша теорія. На початку своєї книги «Розширений фенотип» я пояснюю це за допомогою метафори куба Неккера.

Це – двовимірний малюнок чорнилом на папері, але сприймається він як прозорий тривимірний куб. Уважно подивіться на нього декілька секунд, і він сприйматиметься вже інакше. Дивіться далі, і знову перед вами попереднє враження. Обидва куби однаково сумісні з двовимірними зображеннями на сітківці, тому мозок легко перестрибує з одного на інший. Кожен з них не є правильнішим за інший. Моя ідея полягала в тому, що існують два типи розуміння природного добору, себто з позиції гена та індивіда. При правильному розумінні вони еквівалентні – як два варіанти однієї істини. Можна використовувати той чи інший, але однак це буде той самий неодарвінізм.

Зараз я вважаю, що ця метафора була надто обережною. Найважливіший внесок ученого часто полягає не так в обґрунтуванні нових теорій чи виявленні невідомих фактів, як у відкритті нового погляду на старі теорії чи факти. Модель куба Неккера вводить в оману, бо переконує, що два різних погляди є однаково правильними. Справді, така метафора частково правильна: «кути зору», на відміну від теорій, не можна оцінювати експериментально; ми не можемо вдатися до знайомих нам критеріїв істинності та помилковості. Але зміна бачення може, якщо все вдасться, привести до чогось більшого за теорію. Вона може створити цілісну атмосферу мислення, що продукує чимало

дивовижних і випробовуваних теорій, а також відкриває факти, що їх колись важко було собі уявити. Метафора куба Неккера цього не пропонує. Вона хапається за ідею перемикачів між кутами зору, але не здатна оцінити їх як належить. Ми ж говоримо не про перемикач на еквівалентну точку зору, а (у крайніх випадках) про повну трансформацію.

Запевняю, що мій власний скромний внесок аж ніяк не претендує на такий статус. Однак саме через це я б волів чітко не розмежовувати науку та її «популяризацію». Пояснення ідей, що раніше траплялися лише у спеціальній літературі, є складним мистецтвом. Воно вимагає відбірних нових мовних зворотів та промовистих метафор. Якщо просувати мовні новації та метафори досить сміливо, можна досягти нового способу бачення. А новий спосіб бачення, про що я вже казав, спроможний зробити оригінальний внесок у науку. Ейнштейн був добрим популяризатором, і я маю підозру, що його яскраві метафори не лише сприяли тому, що його зрозуміли. Чи не підживлювали вони також творчий геній самого Ейнштейна?

Розгляд дарвінізму з погляду гена простежується в роботах Р. А. Фішера та інших видатних піонерів неodarвінізму початку тридцятих років, але задекларували його лише В. Д. Гамільтон та Дж. К. Вільямс у шістдесяті. Їхні ідеї здалися мені провидчими. Проте самі аргументи мали вигляд надто лаконічних та недостатньо обґрунтованих. Я був переконаний, що більш детальна та доопрацьована версія здатна навести лад в усьому, що стосується життя, як у серці, так і в мозку читача. І тому я вирішив написати книгу, що розглядала б еволюцію з погляду генів. Вона мала оперувати прикладами соціальної поведінки, які б посприяли тому, щоб виправити несвідому прихильність до теорії групового добору, що на той час була поширена в популярному дарвінізмі. Я почав писати цю книгу в 1972 році, коли мої лабораторні дослідження припинилися через відімкнення електроенергії у зв'язку з конфліктами у промисловому секторі. На жаль (хоча хтозна), після написання двох розділів відімкнення припинилися, і я поклав рукопис на полицю, аж до своєї творчої відпустки в 1975-му. Тим часом теорія розвивалась, насамперед завдяки Джону Мейнард Сміту та Роберту Тріверсу. Сьогодні я розумію, що то був один із тих загадкових періодів, коли нові ідеї наче ширяють у повітрі. Я писав «Егоїстичний ген» у стані якогось гарячкового збудження.

Коли ж видавництво «Оксфорд Юніверсіті Пресс» запропонувало мені зробити друге видання, то наполягло, що робити традиційний детальний перегляд тексту сторінки за сторінкою недоцільно. Деякі книги, на думку видавців, наче приречені на низку виправлень, але «Егоїстичний ген» до них не належить. Перше видання запозичило в епохи, в яку воно писалось, юнацьке завзяття. З-за кордону тоді віяло революцією, блимали спалахи блаженного світанку, немов у поезії Вільяма Вордсворта. Не хотілося б переінакшувати дитя тих часів, розгодовувати його новими фактами або прикрашати зморшками ускладнень та засторог. Тому попередній текст мав залишитись як є, з усіма своїми недоліками, сексистськими зауваженнями та усіма іншими особливостями. Усі виправлення, відповіді на зауваження та подальші ідеї увійдуть до приміток у кінці книги. До того ж з'являться цілком нові розділи на теми, актуальність яких продовжуватиме тривання революційного світанку. Результатом стали 12-й та 13-й розділи. Пишучи їх, я надихався двома книгами з цієї теми, що мене найбільше схвилювали під час перерви між виданнями, – «Еволюцією кооперації» Роберта Аксельрода, бо вона, так видається, покладає певні сподівання на наше майбутнє; та моїм власним

твором «Розширений фенотип», бо для мене він усі ці роки був на першому місці, а також (ніде правди діти) є, мабуть, найкращим з усього, що я написав або напишу.

Заголовок «Чемні хлопці фінішують першими» я позичив у телевізійної програми «Горизонт», що її представляв на каналі «Bi-Bi-Ci» у 1985 році. Це був п'ятдесятихвилинний документальний фільм Джеремі Тейлора про погляди на еволюцію кооперації щодо теорії ігор. Створення цього фільму, а також іншого того самого режисера (йдеться про «Сліпий годинник») викликало в мене знову повагу до цієї професії. Режисери «Горизонту» (деякі їхні випуски можна побачити в Америці, часто перепаковані під брендом «Нова») подекуди стають справжніми експертами зі своєї теми.¹² 12-й розділ виник завдяки моїй найтіснішій співпраці з Джеремі Тейлором та командою «Горизонту», яким він завдячує не лише своєю назвою, і я дуже вдячний їм за це.

Нещодавно я довідався про один обурливий факт: деякі впливові вчені взяли моду ставити свої прізвища під публікаціями, до створення яких вони не мали жодного стосунку. Вочевидь, певні доктори й академіки претендують на співавторство, хоча їхній внесок зводиться лише до надання робочого місця, грошей та редагування рукопису. Скільки я знаю, вся наукова репутація іноді може ґрунтуватися на праці учнів та колег! Я не маю ані найменшого уявлення, як цьому можна зарадити. Мабуть, редактори журналів мають вимагати підписаних свідчень про внесок кожного співавтора. Але годі про це. Я порушив цю проблему лише для контрасту. Гелена Кронін зробила для покращення кожного рядка і кожного слова стільки, що її слід було, якби не її рішуча відмова, назвати співавтором усіх нових частин цієї книги. Я глибоко вдячний їй і шкодую, що цим доведеться обмежитись. Дякую також Марку Рідлі, Меріан Докінз та Алану Графену за поради та конструктивну критику окремих розділів. Томас Вебстер, Гілларі Мак-Глінн та інші співробітники «Оксфорд Юніверсіті Пресс» мужньо терпіли мої примхи та затримки в роботі.

РІЧАРД ДОКІНЗ

1989 р.

Передмова до першого видання

Еволюційна історія шимпанзе та людей спільна приблизно на 99,5 %, однак більшість інтелектуалів вважають шимпанзе недорозвиненими, незугарними й дивними, а себе ставлять на вищій щаблі на шляху до Всемогутнього. Для еволюціоніста такі погляди некоректні. Адже нема жодних об'єктивних підстав вивисувати один вид над іншим. Шимпанзе й люди, ящірки й гриби – ми всі виникли понад три мільярди років тому завдяки процесу, відомому як природний добір. У межах кожного виду певні індивіди залишають більш життєздатне потомство, ніж інші, тож в наступному поколінні численнішими стають спадкові ознаки (гени) репродуктивно успішних. У цьому й полягає

природний добір: у не випадковому диференційному відтворенні генів. Природний добір створив нас, і ми маємо зважати на нього, якщо хочемо досягнути власну індивідуальність.

Хоча дарвінівська теорія еволюції є центральною для вивчення соціальної поведінки (надто спільно з генетикою Менделя), нею часто нехтують. У суспільних науках зросли цілі галузі, присвячені додарвінівському та домєнделівському поглядові на соціальний та психологічний світ. Нехтування та некоректне використання теорії Дарвіна понад усяку міру навіть у біології. Які б причини не призвели до цієї абсурдної ситуації, вочевидь, вона добігає кінця. Видатну працю Дарвіна та Менделя не полишають без уваги дедалі більша кількість науковців, найпомітнішими з яких є Р. А. Фішер, В. Д. Гамільтон, Дж. К. Вільямс, а також Дж. Мейнард Сміт. Сьогодні ця важлива концепція соціальної теорії, базована на природному доборі, вперше представлена у простій та популярній формі Річардом Докінзом.

Одну за одною Докінз порушує в своїй новій праці з соціальної теорії важливі теми: концепції альтруїстичної та егоїстичної поведінки, генетичного визначення особистої вигоди, еволюції агресивної поведінки, теорії родинних зв'язків (включаючи відносини між батьками і дітьми та еволюцію соціальних комах), теорії співвідношення статей, реципрокного альтруїзму, обману, а також природного добору статевих відмінностей. Відчуваючи впевненість, що взялася від опанування основної теорії, Докінз наділяє нову працю дивовижною чіткістю і чудовим стилем. Озброєний глибокими знаннями з біології, він здатен залучити читача до розкоші її літератури. Не погоджуючись із опублікованими раніше роботами (маю на увазі також критику моїх власних помилок), він майже завжди влучає у ціль. Докінз спеціально розтлумачує логіку своїх аргументів, щоби читач міг скористатися нею і поглибив ці аргументи (та навіть уявив себе Докінзом). Ці аргументи поглиблюються у багатьох напрямках. Наприклад, якщо (на думку Докінза) основою комунікації між тваринами є обман, то повинен існувати потужний добір на користь обману, що має зі свого боку обирати певний рівень самообману. Задля цього деякі факти та мотиви стають несвідомими, щоби не виказувати обман, до якого вдаються. Отже, традиційне уявлення про те, що природний добір сприяє нервовим системам продукувати більш точні образи світу, мабуть, є надзвичайно наївним поглядом на ментальну еволюцію.

Нещодавній прогрес у вивченні соціальної теорії був достатньо значним, щоби породити невелике збурення контрреволюційної активності. Пролунало, наприклад, що він є, по суті, частиною циклічної змови, аби завадити соціальному успіху, оголосивши його генетично неможливим. Подібні думки повинні були створити враження, що соціальна теорія Дарвіна є реакційною в сенсі її політичних натяків. Насправді, це не так. Фішер та Гамільтон вперше чітко говорять про генетичну рівність статей. Теорія та кількісні дані, отримані від соціальних комах, демонструють, що не існує жодних спадкових тенденцій щодо домінування батьків над їхнім потомством (або навпаки). А концепції батьківського внеску та жіночого вибору забезпечують об'єктивний та неупереджений базис для розгляду статевих відмінностей, суттєве сприяння популярним зусиллям щодо підтримки влади та прав жінок у нефункціональному болоті біологічної ідентичності. Одним словом, соціальна теорія Дарвіна натякає на внутрішню симетрію та логіку соціальних відносин. Їх глибоке сприйняття здатне перемінити наше розуміння політики та забезпечить інтелектуальну підтримку науки та медичної психології. У

процесі роботи це також надасть глибше розуміння багатьох причин нашого страждання.

РОБЕРТ Л. ТРІВЕРС

Гарвардський університет, липень 1976 р.

Пролог до першого видання

Цю книгу слід читати майже як наукову фантастику. Вона покликана вразити уяву читача. Але це не наукова фантастика – це наука. Хоч це виглядає як кліше, але моє ставлення до істини точно передає вислів «дивовижніше за фантастику». Ми є машинами для виживання – самохідними роботами, що сліпо запрограмовані на збереження егоїстичних молекул, відомих як гени. Саме ця істина продовжує наповнювати мене подивом. Хоча вона відома мені вже багато років, здається, що я ніколи остаточно до неї не звикну. Сподіваюся лише, що мені вдасться здивувати інших.

Коли я писав цю книгу, через моє плече заглядали три уявні читачі, яким я її присвятив. Перший – пересічний читач, нефахівець. Заради нього я намагався уникати професійного жаргону, а там, де мусив вживати спеціальні терміни, брався їх пояснювати. Зараз я вважаю, що не завадило б викинути більшу частину нашого жаргону з наукових журналів також. Я виходив із того, що хоч читач не має спеціальних знань, але не є бовдуром. Кожен може популяризувати науку, якщо спростити її до максимуму. Я ж усіляко намагався популяризувати деякі глибокі та складні ідеї, викладаючи їх простою мовою, але не на шкоду суті. Не знаю, чи мені це вдалося і чи досяг я успіху щодо іншої моєї амбіції: зробити книгу такою цікавою та захопливою, як на те заслуговує її предмет. Я давно вважав, що біологія має хвилювати не згірш за якесь пригодницьке оповідання, бо саме ним вона і є. Дуже хочеться вірити, що я хоч трохи захопив тим азартом, що його може викликати сама тема.

Другий мій уявний читач – фахівець. Це жорсткий критик, що нервово сопе через деякі мої аналогії та фігури мови. Його улюбленими словами є «за винятком», «але з іншого боку» та «тм». Я уважно дослухався до нього та навіть переписав один розділ, але, зрештою, розповів історію так, як я її бачу. Фахівець, однак, не буде остаточно задоволений моєю манерою викладу. Проте я дуже сподіваюся, що навіть він натрапить тут на щось нове – можливо, новий погляд на відомі ідеї або навіть стимул для власних нових ідей. Якщо це надто зухвало, то, може, ця книга хоча б розважить його у потязі?

Третім читачем, якого я мав на увазі, є студент – певна проміжна ланка між пересічним громадянином та експертом. Якщо він все ще не визначився щодо галузі, де хоче стати фахівцем, я сподіваюся заохотити його обрати мою улюблену зоологію. Адже є краща причина для вивчення зоології, ніж її можлива «корисність», а також загальна привабливість тварин. Вона полягає

в тому, що ми, тварини, є найбільш складними та досконалими механізмами у відомому нам Всесвіті. Якщо розглядати цю науку саме так, важко збагнути, чому люди вивчають щось інше! Для того ж студента, що уже присвятив себе зоології, моя книга, сподіваюся, може мати деяку освітню цінність. Адже йому доводиться працювати з оригінальними статтями і фаховою літературою, на яких базується моє дослідження. Якщо ці оригінальні джерела йому важко перетравити, моя проста інтерпретація, можливо, стане у пригоді як вступ та доповнення.

Певна річ, намагаючись догодити трьом різним категоріям читачів, наражаєшся на очевидні небезпеки. Зазначу лише, що я добре розумів ці небезпеки, але потрібність такої спроби, здається, їх переважила.

Я – етолог, і ця книга про поведінку тварин. Мій борг перед етологічною традицією, що в ній я виховувався, було б складно окреслити. Зокрема Ніко Тінберген навіть не уявляє вагу свого впливу на мене протягом дванадцяти років роботи під його керівництвом в Оксфорді. Вислів «машина для виживання» хоча й не його за суттю, цілком міг би належати йому. Але нещодавно етологію збадьорило надходження свіжих ідей із джерел, що зазвичай не вважались етологічними. Ця книга значною мірою базується саме на цих нових ідеях. Їхні автори, серед яких Дж. К. Вільямс, Дж. Мейнард Сміт, В. Д. Гамільтон та Р. Л. Тріверс, згадуються у відповідних місцях тексту.

Різні люди запропонували для книги влучні назви, які я із вдячністю використав для окремих розділів: «Безсмертні спіралі» – це Джон Кребс; «Генна машина» – Десмонд Морріс; «Братерство генів» – Тім Глаттон-Брок та Джин Докінз незалежно один від одного, хай вже вибачить мені Стівен Поттер.

З уявними читачами, звісно, можна пов'язувати певні сподівання та прагнення, але практичної користі від них значно менше, ніж від реальних. Я неймовірно доскіпливий щодо виправлень, через що Меріан Докінз довелося перечитувати щоразу інші варіанти кожної сторінки. Її суттєві знання біологічної літератури та розуміння на теорії разом з її безмежною моральною підтримкою були для мене неймовірно цінними. Джон Кребс також прочитав чернетку книги. Він знає про її предмет більше за мене і був безмежно щедрим, радячи та пропонуючи. Гленіс Томсон та Волтер Бодмер критикували мій виклад генетичних тем по-доброму, але суворо. Потерпаю, що навіть кінцева редакція не здатна остаточно їх задовольнити, але маю надію, що певне покращення вони визнають. Я надзвичайно вдячний за їхній час та терпіння. Джон Докінз пильно відстежував всі неточні формулювання, а також пропонував чудові конструктивні пропозиції щодо їхнього виправлення. Кращого «розумного неспеціаліста», ніж Максвелл Стамп, годі було б і шукати. Його проникливість щодо недоліків стилю першого чорнового варіанта багато зробила для остаточної версії.

Серед інших, хто конструктивно критикував окремі розділи або давав свої експертні поради, я маю назвати Джона Мейнарда Сміта, Десмонда Морріса, Тома Машлера, Ніка Блертон Джонса, Сару Кетлвелл, Ніка Гампфрі, Тіма Глаттон-Брока, Луїз Джонсон, Крістофера Грема, Джеффа Паркера, а також Роберта Тріверса. Пат Сірл та Стефані Верховен не лише кваліфіковано надрукували рукопис, але й запевняли, що роблять це із задоволенням. Нарешті, хочу подякувати Майклу Роджерсу з «Оксфорд Юніверсіті Пресс», що

не обмежився критикою рукопису, а вийшов за межі своїх службових обов'язків, займаючись усіма аспектами підготовки цієї книги.

РІЧАРД ДОКІНЗ

1976 р.

1

Навіщо живуть люди?

Розумне життя на будь-якій планеті досягає зрілості, коли вперше окреслює причину свого власного існування. Якщо колись Землю відвідають вищі істоти з космосу, то перше запитання, яке вони поставлять задля оцінки рівня нашої цивілізації, буде таким: «Чи відкрили вони вже еволюцію?» Живі організми існували на Землі понад три тисячі мільярдів років, навіть не здогадуючись, навіщо, поки істина врешті не осяяла одного з них. Це був Чарльз Дарвін. Задля справедливості слід сказати, що інші теж натякали на істину, але саме Дарвін першим сформулював послідовну й логічну думку про те, навіщо ми існуємо. Він посприям, аби ми змогли дати розумну відповідь цікавій дитині, запитання якої й стало назвою цього розділу. Нам вже не треба удаватись до марновірства, маючи справу з одвічними запитаннями: Чи існує сенс життя? Задля чого ми живемо? Що таке людина? Поставивши останнє з цих запитань, видатний зоолог Дж. Г. Сімпсон сказав: «Хочу наголосити, що всі спроби відповісти на це запитання до 1859 року нічого не варті [2 – Деяких людей, навіть нерелігійних, образила ця цитата з Сімпсона. Я згоден, що, коли ви читаете її вперше, вона здається напрочуд міщанською, брутальною та нетактовною, трохи схожою на фразу Генрі Форда: «Історія – це, так чи інак, дурниці». Але, не вдаючися до релігійних відповідей (я знаю їх, тож не переймайтесь), якщо вам справді доведеться замислитися над додарвінінівськими відповідями на запитання: «Що таке людина?», «Чи існує сенс життя?», «Для чого ми живемо?», то чи зможете ви, власне кажучи, згадати хоч якусь із них, що й досі варта чогось, окрім (хай і суттєвого) історичного інтересу? Є такий феномен, як абсолютно неправильні уявлення, і саме такими помилковими були всі відповіді на ці запитання до 1859 року.] і ми добре зробимо, якщо цілковито їх ігноруватимемо».

Сьогодні теорія еволюції викликає не більше сумнівів, ніж те, що Земля обертається навколо Сонця, але всього значення здійсненої Дарвіном революції ми ще не усвідомили. Зоологія залишається в університетах другорядним предметом, і навіть ті, хто обирає для себе її вивчення, часто приймають таке рішення, не надто замислюючись про глибоке філософське значення цієї науки. Філософія та предмети, відомі як «гуманітарні», ще викладаються так, мовби Дарвін ніколи не жив на цьому світі. Безумовно, згодом це зміниться. Зрештою, ця книга не прагне захистити дарвінізм загалом. Натомість вона розгляне наслідки еволюційної теорії для конкретного випадку. Моею метою є дослідити біологію егоїзму та альтруїзму.

Окрім наукового інтересу, очевидна також важливість цієї теми для самих людей. Вона стосується всіх аспектів нашого суспільного життя, нашої любові та ненависті, протистояння та співпраці, жертвності та злочинства, нашої жадібності та щедрості. Саме цьому присвячені твори Лоренца «Про агресію», Ардрі «Соціальний контракт», а також Ейбл-Ейбесфельдта «Любов та ненависть». Але особливість цих книг у тому, що їхні автори сприймають все цілковито неправильно. Вони насамперед не до кінця збагнули, як працює еволюція. Бо виходять із хибного припущення, що користь для виду (групи) з точки зору еволюції важливіша за користь для індивіда (гена). Цікаво, що Ешлі Монтегю розкритикував Конрада Лоренца як «прямого нащадка мислителів дев'ятнадцятого століття – прихильників ідеї про "природу із закривавленими іклами та pazурами"». Наскільки я розумію погляди Лоренца на еволюцію, він мав би бути абсолютно заодно з Монтегю, заперечуючи натяки цієї знаменитої фрази Теннісона. На відміну від них обох, я вважаю, що «природа із закривавленими іклами та pazурами» чудово розкриває наші сучасні уявлення про природний добір.

Перш ніж викласти свої аргументи, я хочу коротко пояснити, що це за аргументи, а також чим вони не є. Якби нам сказали, що хтось прожив довге й успішне життя у світі чиказьких гангстерів, це б створило в нас ґрунт для певних уявлень. Ми б могли очікувати від цієї людини жорстокості, схильності застосовувати зброю, а також здатності заводити вірних друзів. Таке уявлення не було б цілковито безпомилковим, але, знаючи про обставини випробувань та добробуту цієї чи іншої людини, можна зробити певні висновки про її характер. Цією книгою я хотів сказати, що ми, а також усі інші тварини, є машинами, створеними нашими генами. Подібно до успішних чиказьких гангстерів, наші гени вижили (подеколи йдучи до нас крізь мільйони років) у надзвичайно конкурентному світі. Це дає нам право сподіватися від них певних властивостей. Я би запевнив, що від успішного гена насамперед слід очікувати безжального егоїзму. Цей генний егоїзм зазвичай робить егоїстичною і поведінку індивіда. Проте, як ми пересвідчимося далі, існують особливі обставини, в яких ген може безперешкодно досягати своїх власних егоїстичних цілей, заохочуючи обмежену форму альтруїзму на рівні окремих тварин. Зверніть увагу на слова «особливі» та «обмежену» в останньому реченні. Як би нам не хотілося вірити в інше, загальні любов та добробут виду загалом є концепціями, що цілком не мають еволюційного сенсу.

Це підводить мене до першого моменту, на якому я хочу наголосити, пояснюючи, чим не є ця книга. Вона не є захистом певної моралі, що ґрунтується на еволюції [3 – Час від часу критики помилково сприймають книгу «Егоїстичний ген» як намагання представити егоїзм певним принципом, за яким ми маємо жити! Інші (можливо тому, що читають у книзі лише назву або ніколи не заглиблюються далі перших двох сторінок) приписують мені слова про те, що, подобається нам це чи ні, егоїзм та інші неприємні речі є невіддільною частиною нашої природи. Такої помилки легко припустити, якщо вважати (як, схоже, з нез'ясованих причин робить багато людей), що генетична «визначеність» є чимось вічним – абсолютним і незмінним. По суті, гени «визначають» поведінку лише в статистичному сенсі (див. також с. 80–84). Чудовою аналогією є широко відоме узагальнення, що «червоний і не захмарений захід сонця – це на ясну й вітряну погоду». Може бути статистичним фактом, що гарний червоний захід сонця віщує на завтра чудовий день, але ми би не поставили на це велику суму грошей. Бо добре знаємо, що

на погоду дуже складним чином впливають багато різних факторів. Жоден прогноз погоди не застрахований від помилок. Це лише статистичне передбачення. Ми ж не переконані, що чудова погода наступного дня незмінно визначається червоними заходами сонця? Тож чому ми маємо вважати, що щось незмінно визначається генами? Немає жодних перепон для того, щоб змінити дію генів іншими впливами. Детальний розгляд «генетичного детермінізму» та причин виникнення пов'язаних із ним непорозумінь див. у 2-му розділі книги «Розширений фенотип», а також у моїй роботі «Соціобіологія: Нова буря у чашці чаю». Мене навіть звинуватили у тому, що я запевняв, наче всі людські істоти є за своєю суттю чиказькими гангстерами! Але підставою для моєї аналогії з гангстером (с. 34) було, звичайно, що: Знання про те, в якому світі людина досягала успіхів, дещо пояснює вам про цю людину. Це не пов'язано з конкретними якостями чиказьких гангстерів. Так само я міг би скористатись аналогією людини, яка досягла висот у англіканській церкві або була стала членом відомого наукового клубу «Атенеум». У будь-якому разі об'єктом моєї аналогії були не люди, а гени. Ці та інші надто буквальні непорозуміння я розглядаю у своїй статті «На захист егоїстичних генів», з якої наводиться цитата. Мушу додати, що періодичні політичні відступи у цьому розділі змусили мене почуватися трохи ніяково, коли я взявся перечитувати його в 1989 році. Фраза «Скільки про це [потребу обмежити егоїстичну жадобу, аби запобігти вимиранню всієї групи] нещодавно говорилося представникам робітничого класу Британії» (с. 42) більше пасувала б якомусь торі! В 1975 році, коли вона була написана, уряд соціалістів, обранню якого я сприяв, відчайдушно протистояв 23-відсотковій інфляції і явно був стурбований вимогами підвищення зарплат. Моя ремарка могла бути взята з виступу будь-якого міністра праці того часу. Тепер, коли Британія має уряд нових правих, які возвели скнарість та егоїзм у статус ідеології, мої слова, схоже, стали асоціюватися з певними неприємними речами, про що я шкодую. Не те, що я відмовляюся від цих слів. Егоїстична непередбачливість все ще має небажані наслідки, які я згадував. Але зараз, шукаючи приклади егоїстичної недалекозорості в Британії, не слід було би дивитися, в першу чергу, на робітничий клас. Зрештою, мабуть, найкраще було би взагалі не обтяжувати наукову роботу політичними зауваженнями, оскільки вони надзвичайно швидко втрачають актуальність. Так, праці політично активних учених 1930-х років (наприклад, Дж. Б. С. Холдейна та Ланселота Гогбена) сьогодні суттєво псують їхні мало кому вже зрозумілі дотепи.]. Я лише розповідаю, як виникли ті чи інші речі. Я не пояснюю, як ми маємо поводитися з погляду моралі. Наголошую на цьому, бо передбачаю ризик неправильного розуміння людьми, доволі численними, що нездатні відрізнити констатацію факту від пропаганди. Як на мене, жити в людському суспільстві, базованому виключно на генному законі загального безжального егоїзму, було б дуже неприємно. Але, на жаль, хоч як би ми про щось не шкодували, факти залишаються фактами. Ця книга, насамперед, покликана зацікавити вас, але якщо ви хочете отримати певну мораль, можете читати її як попередження. Знайте, що якщо ви, як і я, мрієте про суспільство, де індивіди щедро та альтруїстично співпрацюватимуть заради спільного блага, не слід чекати якоїсь допомоги від біологічної природи. Спробуймо хоча б навчати щедрості та альтруїзму, позаяк ми народжуємось егоїстами. Збагнімо, чого прагнуть наші власні егоїстичні гени, бо тоді в нас, принаймні, буде шанс порушити їхні плани, на що не наслідився ще жодний інший вид живих істот.

Із цих зауважень щодо навчання випливає, що вважати генетично успадковані ознаки, за визначенням, постійними та незмінними є помилкою (до речі, дуже

поширеною). Наші гени можуть налаштовувати нас на егоїзм, але ми не зобов'язані коритися їм усе своє життя. Просто навчитися альтруїзму може бути складніше, ніж якби ми були генетично запрограмовані на нього. Серед усіх тварин лише людина керується культурою, засвоєною та переданою наступним поколінням. Хтось може запевняти, що культура аж так важлива, що гени, егоїстичні вони чи ні, практично не мають стосунку до розуміння людської природи. Інші з цим не погодяться. Це залежатиме від того, яку позицію ви оберете у суперечці природи проти виховання як вирішальних факторів людських властивостей. Так в розмові з'являється другий момент про те, чим не є ця книга: вона не є обстоюванням тієї чи іншої позиції в полеміці про роль природи та виховання. Певна річ, я маю щодо цього власну думку, але не маю наміру її тут висловлювати, окрім як у контексті погляду на культуру, представленого в заключному розділі. Навіть якщо гени справді не мають жодного впливу на визначення поведінки сучасної людини, якщо ми дійсно є у цьому унікальними серед тварин, однак щонайменше цікаво дослідити правило, винятком з якого ми лише нещодавно стали. А якщо наш вид не є таким вже винятком, як нам, можливо, хотілося б думати, то дослідити це правило ще важливіше.

Третій момент полягає в тому, що ця книга не є детальним описом поведінки людини або будь-якого іншого конкретного виду тварин. Я використовуватиму фактичні деталі лише як ілюстративні приклади. Я не казатиму тут: «Спостерігаючи за бабуїнами, ви пересвідчитесь в їх егоїстичності, а тому існує ймовірність, що поведінка людей також егоїстична». Логіка мого аргументу з чиказьким гангстером дещо інша. Вона полягає в тому, що люди та бабуїни еволюціонували за рахунок природного добору. Якщо поглянути, як працює природний добір, видасться, що всі істоти, що виникли внаслідок нього, мають бути егоїстичними. Тому ми повинні очікувати, що, поспостерігавши за поведінкою бабуїнів, людей, а також інших живих істот, вона видасться егоїстичною. Якщо ж наші очікування не справдяться, бо ми пересвідчимось, що людська поведінка насправді є альтруїстичною, це означатиме, що ми натрапили на щось загадкове, що потребує пояснення.

Перш ніж рухатися далі, нам потрібно прояснити одне визначення. Певна істота, наприклад, бабуїн, називається альтруїстичною, якщо її поведінка спрямована на підвищення добробуту іншої істоти за рахунок свого власного. Егоїстична ж поведінка має цілковито протилежне спрямування. «Добробут» визначається як «шанси на виживання», навіть якщо його вплив на реальні перспективи життя та смерті настільки малий, що здається несуттєвим. Один із цікавих висновків сучасної версії теорії Дарвіна полягає в тому, що й незначні та крихітні впливи на вірогідність виживання можуть мати дуже велике значення для еволюції. І це завдяки значній кількості часу, яку мали такі впливи для прояву.

Важливо пам'ятати, що наведені визначення альтруїзму та егоїзму є поведінковими, а не суб'єктивними. Я не маю на увазі психологію мотивів. І не маю наміру сперечатися, чи «справді» люди, що поведуться альтруїстично, чинять це через певні таємні чи підсвідомі егоїстичні мотиви. Може й так, а може й ні. А ще може статися, що ми ніколи про це не довідаємося, але в будь-якому разі, моя книга не про це. Мое визначення стосується лише того, чи зменшує/підвищує вплив певної дії перспективи виживання як гаданого альтруїста, так і гаданого об'єкта альтруїзму.

Продемонструвати впливи поведінки на довготривалі перспективи виживання дуже складно. На практиці, застосовуючи це визначення до реальної поведінки, ми повинні пом'якшувати його словом «очевидно». Очевидно альтруїстична дія – це та, що, на перший погляд, покликана збільшити (хоч і не так, щоб дуже) шанси альтруїста на смерть, а шанси об'єкта – на виживання. Коли уважніше глянути, часто виявляється, що акти очевидного альтруїзму насправді є приховано егоїстичними. Я не маю наміру переконувати, що базові мотиви є приховано егоїстичними, але реальний вплив цього акту на перспективи виживання є протилежним до того, що ми собі уявляли спочатку.

Наведу кілька прикладів очевидно егоїстичної та очевидно альтруїстичної поведінки. Маючи на думці наш власний вид, складно подолати звичку до суб'єктивного мислення, тому я краще використаю для прикладу інших тварин. Наведу декілька різних прикладів егоїстичної поведінки окремих індивідів.

Мартин звичайний гніздиться великими колоніями, де відстань між гніздами – приблизно метр. Коли пташенята щойно вилупилися з яєць, вони ще надто малі й беззахисні, тому ними легко поживитися. Мартинам звично дочекатися, коли сусіди відвернуться або, наприклад, полетять ловити рибу, щоби схопити одне з їхніх пташенят та ковтнути його. Так вони отримують добру поживу, не витрачаючи час на риболовлю, а також не залишають без захисту власні гнізда.

Більш відомим є моторошний канібалізм самиць богомолів. Богомоли – це такі великі м'ясоїдні комахи. Зазвичай вони харчуються меншими комахами (наприклад, мухами), але нападають майже на все, що рухається. Під час спарювання самець обережно підкрадається до самиці, вилазить на неї та копулює. Якщо самиці тільки випаде шанс, вона його з'їсть, почавши з голови, коли самець ще наближатиметься чи тоді, як він на неї вилізе, або після того, як вони розділяться. Здавалося б, найрозумніше для неї дочекатися закінчення копуляції, а вже потім братися його їсти. Але схоже на те, що втрата голови не вибиває тіло самця зі статевого ритму. Оскільки в голові комах містяться деякі стримуючі нервові центри, можливо, що, з'їдаючи голову самця, самиця тільки покращує його статеву продуктивність [4 – Вперше я почув цей дивний факт про самців комах з дослідницької лекції одного з моїх колег про волохокрильців. Він сказав, що хотів би розводити волохокрильців у неволі, але, як не намагався, не зміг змусити їх спаровуватися. Тоді професор ентомології з переднього ряду прогарчав, немов це було найочевиднішим недоглядом: «А ви не пробували відрізати їм голови?»]. Якщо так, то це додаткова вигода. Головною ж є отримання доброї поживи.

Для таких крайніх випадків, як канібалізм, слово «егоїстичний» може видатися применшенням, хоча воно є чудовою ілюстрацією до нашого визначення. Можливо, нам простіше поспівчувати боягузливій поведінці імператорських пінгвінів у Антарктиці. Було помічено, що вони стоять біля води і не наважуються пірнути, бо бояться, що їх з'їсть морський леопард. Якби хоч один із них пірнув, решта би точно дізналась, є там леопард чи ні. Певна річ, ніхто не хоче бути піддослідним, а тому вони стоять собі й чекають, іноді намагаючись зіштовхнути у воду один одного.

У простіших випадках егоїстична поведінка може проявлятися у відмові ділитись якимось цінним ресурсом, на кшталт їжі, території чи статевих партнерів. А тепер кілька прикладів очевидно альтруїстичної поведінки.

Поведінка робочих бджіл, коли вони жалять викрадачів меду, є дуже ефективним захистом вулика. Але бджоли, що жалять ворога, йдуть на вірну смерть. Річ у тім, що разом із жалом з тіла зазвичай вириваються життєво важливі внутрішні органи, і бджола невдовзі помирає. Її самогубство може врятувати необхідні бджолиній колонії запаси їжі, але сама вона скористатися з цього вже не зуміє. За нашим визначенням, це є актом альтруїстичної поведінки. Пам'ятайте, що ми не говоримо про свідомі мотиви. Як тут, так і в егоїстичних прикладах, їх може й не бути, а тому для нашого визначення вони не важливі.

Коли хтось кладе своє життя за друзів, це очевидний альтруїзм, але альтруїзмом також є й невеличкий ризик заради них. Багато дрібних птахів, побачивши хижака (наприклад, яструба), подають характерні сигнали біди, щоби попередити зграю. Існують непрямі докази того, що птах, який сигналізує про загрозу, наражається на серйозну небезпеку, бо привертає до себе увагу хижака. Це лише невеликий додатковий ризик, але, згадавши визначення альтруїзму, його, без сумніву, можна кваліфікувати як альтруїстичний акт.

Найпоширенішими та найпомітнішими актами альтруїзму серед тварин є альтруїзм батьків, насамперед матерів, заради своїх дитинчат. Самиці висиджують їх у гніздах або виношують у власному тілі, годують, докладаючи величезних зусиль і наражаються на великі ризики, захищаючи їх від хижаків. Розглянемо лише один конкретний приклад. Багато птахів, що гніздяться на землі, рятуючись від хижака (скажімо, лисиці), використовують так звану «відволікаючу демонстрацію». Один із батьків починає накульгувати геть від гнізда, тримаючи одне крило так, немов воно зламане. Хижак, сподіваючись на легку здобич, віддаляється від гнізда з пташенятами. Врешті птах припиняє прикидатися та злітає якраз вчасно, щоб уникнути лисячих щелеп. Така тактика, вочевидь, рятує життя пташенят, але загрозлива для самого птаха.

Я не намагаюся переконати цими історіями. Наведені приклади навряд чи є серйозними доказами для будь-якого вартого довіри узагальнення. Вони лише ілюструють моє розуміння альтруїстичної та егоїстичної поведінки на рівні індивідів. Ця книга продемонструє, як фундаментальний закон, що його я називаю егоїстичністю генів, визначає індивідуальний егоїзм та індивідуальний альтруїзм. Але спершу слід спростувати одне поширене помилкове пояснення альтруїзму, яке навіть вивчають у школах.

Воно базується на хибному уявленні, яке я вже згадував, що живі істоти еволюціонують з метою робити щось «на користь виду» або «на користь групи». Легко зрозуміти, як ця ідея зародилась у біології. Значна частина життя тварин присвячена відтворенню, і більшість актів альтруїстичної самопожертви, що трапляються в природі, здійснюють батьки заради власних дітей. «Збереження виду» є звичайним евфемізмом відтворення, і, без сумніву, є наслідком відтворення. Достатньо логічно подумати, щоб виявити, що «функцією» відтворення є збереження виду. А потім досить одного маленького хибного кроку, щоби зробити висновок, що тварини загалом

поводитимуться таким чином заради збереження виду. Наступним висновком щодо поведінки інших представників виду може бути тільки альтруїзм.

Такий хід думок можна викласти приблизно, вдаючися до дарвінівських термінів. Еволюція розвивається завдяки природному добору, а природний добір означає диференційоване виживання «найпристосованіших». Та чи маємо ми на увазі найпристосованіші індивіди, найпристосованіші раси, найпристосованіші види чи щось інше? Іноді це не надто важливо, але не тоді, коли мова про альтруїзм. Види конкурують між собою в процесі, який Дарвін назвав боротьбою за існування, тому індивіда найкраще вважати пішаком, яким жертвують заради вищих інтересів цілого виду. Сформулюємо це у більш шанобливій формі. Група, на кшталт виду або популяції у межах виду, певні члени якої здатні пожертвувати собою заради групи, матиме менші шанси на вимирання, ніж конкурентна група, члени якої дбають за власні егоїстичні інтереси. Тому світ заселяється переважно групами, що складаються із саможертвних індивідів. У цьому й полягає теорія «групового добору», яку визнавали біологи, що не розуміються на деталях еволюційної теорії. Вона неприховано викладена в знаменитій книзі В. К. Вінн-Едвардса та популяризована в «Соціальному контракті» Роберта Ардрі. Загальновизнану альтернативу зазвичай називають «індивідуальним добром», хоча я віддаю перевагу генному добору.

Уявімо собі негайну відповідь прихильника «індивідуального добору» на наведений аргумент. Він вважатиме, що навіть у групі альтруїстів майже напевно знайдеться дисидентська меншість, що відмовиться жертвувати собою. Якщо у ній виявиться хоч один егоїстичний бунтівник, схильний експлуатувати альтруїзм решти, то саме він, з огляду на запропоноване визначення, матиме більші за них шанси вижити та мати потомство. До того ж усі його нащадки, очевидно, успадкують його егоїстичні риси. Після кількох поколінь такого природного добору «альтруїстична група» стане меншою за кількість егоїстичних індивідів, і її вже неможливо буде розрізнити. Навіть якщо уявити малоімовірне існування суто альтруїстичної групи без жодного бунтівника, буде складно обґрунтувати, що стане на заваді міграції егоїстичних індивідів із сусідніх егоїстичних груп і схрещенню між ними.

Прихильник індивідуального добору визнає, що групи поступово вимирають, а також, що на вимирання групи впливає поведінка її членів. Він може навіть визнати, що, якби члени групи мали дар передбачення, то збагнули б, що у сталій перспективі їм краще обмежити свою егоїстичну жадобу задля порятунку всієї групи. Скільки про це нещодавно говорилося представникам робітничого класу Британії? Але вимирання групи є повільним процесом, якщо порівнювати зі швидкими пертурбаціями індивідуальної конкуренції. Навіть тоді, коли група повільно і невблаганно щезає, егоїстичні індивіди однак процвітають завдяки альтруїстам. Наділені громадяни Британії даром передбачення чи ні, еволюція сліпа до майбутнього.

Хоча теорія групового добору наразі не користується великою підтримкою серед професійних біологів, що розуміються на еволюції, вона все одно виглядає інтуїтивно вельми привабливою. Одне за одним покоління студентів-зоологів, що закінчують навчання, з подивом виявляють, що ця теорія не є загальновизнаною. Їм важко за це докорити, оскільки в «Посібнику для вчителів біології» для поглибленого вивчення біології у британських школах, виданому фондом Наффілда, ми натрапляємо на таке: «У вищих тварин поведінка може набувати форми індивідуального самогубства заради

забезпечення виживання виду». Щасливий невідомий автор цього посібника навіть не підозрює, що сказав щось контроверсійне. Під цим оглядом він склав компанію одному лауреату Нобелівської премії, адже в своїй книзі «Про агресію» Конрад Лоренц говорить про функції «збереження виду» агресивної поведінки, що дбає про розмноження лише найпридатніших індивідів. Це приклад аргументу, що заводить у заворожене коло, але річ у тім, що ідея групового добору вкорінилася настільки глибоко, що Лоренц, зрештою, як і автор Наффільдського посібника, таки не збагнув, що його твердження суперечать загальновизнаній теорії Дарвіна.

Нещодавно я почув на каналі «Bi-Bi-Ci» інший такий приклад в телепередачі про австралійських павуків, до якої, в принципі, більше нема за що прискіпатися. У цій передачі пані «експерт» зауважила, що переважна більшість новонароджених павучків стає здобиччю інших видів, а тоді додала: «Мабуть, це є справжньою метою їхнього існування, адже для збереження виду достатньо вижити лише кільком»!

У своєму «Соціальному контракті» Роберт Ардрі скористався теорією групового добору для опису суспільного ладу загалом. Він упевнено сприймає людину як вид, що збився на манівці зі шляху тварин. Ардрі, принаймні, проробив чималу роботу. Його позиція не погодиться із загальновизнаною теорією була свідомою, і за це він заслуговує на повагу.

Мабуть, однією з причин великої привабливості теорії групового добору є те, що вона не суперечить моральним і політичним ідеалам, що їх поділяє більшість із нас. Ми таки досить часто поводимося як егоїстичні індивіди, але в найбільш ідеалістичні миті шануємо і захоплюємося тими, хто ставить на перший план добробут інших. Щоправда, ми дещо плутаємося, інтерпретуючи слово «інші». Часто альтруїзм у межах групи сусідить із егоїзмом між групами. Це є основою профспілкового руху. На іншому рівні головну вигоду від нашої альтруїстичної самопожертви отримує держава, що вимагає від молоді готовності померти як індивідам заради більшої слави своєї країни. Мало того, їх заохочують убивати інших індивідів, про яких їм нічого не відомо, лише те, що вони належать до іншої нації. (Важливо, що у мирний час заклики до індивідів пожертвувати чимось задля покращення їхнього життя виглядають менш ефективними, ніж покласти життя у час війни.)

Зараз поширена реакція проти расизму та патріотизму, а також тенденція робити об'єктом наших дружніх почуттів увесь людський вид. Таке гуманістичне розширення мети нашого альтруїзму призводить до цікавого наслідку, що, так виглядає, підтверджує еволюційну ідею «користі для виду». Політичні ліберали, що, зазвичай, є найвідданішими прихильниками видової етики, сьогодні найбільше зневажають тих, хто скеровує свій альтруїзм на інші види. Коли я скажу, що більше переймаюся тим, щоб завадити винищенню великих китів, ніж покращенням рівня життя людей, то, певна річ, шоку деяких із моїх друзів.

Переконавання, що представники нашого власного виду заслуговують на більше моральне співчуття, ніж представники інших видів, є давнім і глибоким. Недарма найсерйознішим з усіх злочинів вважається вбивство людини не на війні. Ще більше засуджується нашою культурою людоджерство (навіть мерців). Проте ми із великим задоволенням поїдаємо представників інших видів. Багатьох із нас лякає думка про смертний вирок навіть для найжахливіших злочинців-людей, але водночас ми легко схвалюємо відстріл без суду і

слідства не таких вже й страшних шкідників-тварин. До того ж ми залюбки вбиваємо представників інших нешкідливих видів заради відпочинку та розваги. Людський зародок, що відчуває не більше за амебу, користується значно більшими перевагами і правовим захистом, аніж дорослий шимпанзе. Хоча шимпанзе відчуває, мислить і – за результатами нещодавніх експериментів – навіть здатен у певному обсязі засвоїти людську мову. Але ж зародок належить до нашого власного виду, а тому негайно отримує особливі привілеї та права. Річард Райдер використовує для цього термін «видизм». Не певен, чи можна дібрати для логічного обґрунтування такої вибіркової етики інше слово, ніж «расизм». Але я точно знаю, що належної бази в еволюційній біології вона не має.

Нелогічність людської етики щодо щабля, де альтруїзм є бажаним (родини, нації, раси, виду або всього живого) віддзеркалюється у паралельній плутанині в біології щабля, де слід сподіватися альтруїзму згідно з теорією еволюції. Навіть прихильник групового добору не буде здивований, виявивши ворожість між представниками конкурентних груп – саме так, подібно до членів профспілки або солдатів, вони сприяють своїй власній групі в боротьбі за обмежені ресурси. Але тоді варто поцікавитися, як прихильник групового добору вирішує, який щабель є важливим. Якщо добір відбувається між групами всередині виду та між видами, чому б йому не відбуватися також між більшими групами? Види об'єднуються в роди, роди – в ряди, а ряди – в класи. Леви та антилопи належать до одного класу ссавців, як і ми. Чи не слід нам тоді сподіватися, що леви утримуватимуться від вбивства антилоп «заради користі для всіх ссавців»? Безумовно, вони мали б полювати вже на птахів або рептилій, щоби запобігти вимиранню свого класу. Але як тоді щодо потреби зберегти весь тип хребетних?

Мені, звісно, подобається доводити свої аргументи до абсурду і звертати увагу на складнощі теорії групового добору, але очевидне існування індивідуального альтруїзму і далі потребує пояснення. Ардрі заходить настільки далеко, що називає груповий добір єдиним можливим поясненням поведінки, на кшталт високих стрибків газелей Томсона. Ці енергійні та показні стрибки перед хижаким аналогічні сигналові небезпеки у птахів: видається, що вони попереджають інших про небезпеку, водночас привертаючи увагу хижака до самих стрибунів. Ми зобов'язані пояснити таку поведінку газелей та подібні явища, і саме це я маю намір зробити у подальших розділах.

Та спершу я наведу аргументи, що еволюцію краще розглядати з точки зору добору, що відбувається на найнижчому з усіх рівнів. У цьому мене надзвичайно переконала чудова книга Дж. К. Вільямса «Адаптація та природний добір». Цікаво, що предтечею центральної ідеї, що нею я скористаюсь, став А. Вейсман ще в догенну епоху на зламі століть і його доктрина «безперервності зародкової плазми». Я стверджуватиму, що основною одиницею добору, а, отже, егоїзму, є не вид, не група, і навіть, якщо уважно розглянути, не індивід. Насправді це ген, одиниця спадковості [5 – З часу написання свого манифесту генного добору я змінив думку щодо можливості існування певного добору вищого рівня, що періодично спрацьовує на довгому шляху еволюції. Додам також, що, коли йдеться «вищого рівня», я не маю на увазі щось на зразок «групового добору». Я говорю про щось значно тонше та значно цікавіше. Сьогодні я відчуваю, що не лише деякі окремі організми виживають краще за інших, але й цілі класи організмів можуть еволюціонувати краще за інших. Звичайно, еволюціонування, про яке

ми тут говоримо, є все тією ж старою доброю еволюцією, якій слугує добір генів. Він все ще сприяє мутаціям через їхній вплив на виживання та репродуктивний успіх індивідів. Але велика нова мутація в базовому плані ембріонального розвитку може також відкрити нові шляхи для еволюції в усіх напрямках протягом наступних мільйонів років. Цілком може існувати якийсь добір вищого рівня для ембріонального розвитку, що піддається еволюції, – добір на користь здатності до еволюції. Такий добір може навіть бути кумулятивним, а отже, прогресивним, інакшим чином, ніж груповий добір. Про ці ідеї йдеться в моїй статті «Еволюція здатності до еволюції», яка значною мірою навіяна іграми зі «Сліпим годинником» – комп'ютерною програмою, що моделює різні аспекти еволюції.]. Деяким біологам це твердження спочатку може видатися дещо екстремальним. Сподіваюся, що коли вони збагнуть той сенс, який я вкладаю у нього, то погодяться, що нічого надзвичайного тут насправді немає, навіть якщо й висловлено воно дещо незвичним чином. Для обґрунтування моєї думки потрібен час, тому почнемо ми з початку, з самого походження життя.

2

Реплікатори

Спочатку була простота. Світ був простим, але навіть його виникнення пояснити доволі складно. Гадаю, що пояснити раптову появу такого складного явища, як життя, або ж істоти, здатної створювати життя, буде ще складніше. І тут нам якраз стане у пригоді еволюційна теорія Дарвіна з її природним добром, що здатна пояснити, яким чином простіше змінилося складнішим, неупорядковані атоми згуртувались у дедалі складніші структури, поки все це не завершилося створенням людини. Дарвін пропонує рішення (єдине правдоподібне з усіх наразі запропонованих) глибокої проблеми нашого існування. Я спробую пояснити цю велику теорію з більш загального погляду, ніж зазвичай, почавши з часу ще до початку еволюції як такої.

Дарвінівське «виживання найпристосованіших» насправді є особливим випадком більш загального закону виживання стабільного. Всесвіт населений стабільними об'єктами. Стабільний об'єкт – це набір атомів, належно постійний або поширений, щоби отримати свою назву. Це може бути унікальний набір атомів, наче гора Маттергорн в Альпах, що існує досить давно, щоби бути вартим найменування. Або це може бути певний клас істот, що наче краплі дощу, розпочинають своє існування в досить швидкому темпі, і заробили колективну назву, навіть якщо будь-хто з них живе недовго. Всі об'єкти, що ми бачимо навколо себе і що потребують пояснення (скелі, галактики, океанські хвилі), щонайменше є стабільними структурами атомів. Мильні бульбашки набувають форму сфери, бо вона є стабільною конфігурацією для тонких плівок, наповнених газом. На борту космічного корабля вода також весь час стабільна у вигляді сферичних кульок, але на землі, де діє гравітація, стабільна поверхня для стоячої води є пласкою та горизонтальною. Кристали солі набувають форми куба, бо це є сталим способом поєднання разом іонів натрію та хлору. На сонці найпростіші з усіх атомів – атоми водню – об'єднуються в атоми гелію, бо за умов, що там

переважають, конфігурація гелію більш стабільна. Інші, ще складніші атоми формуються на зірках по всьому Всесвіті, починаючи з самого «великого вибуху», що, згідно з панівною теорією, призвів до його виникнення. Саме звідти й походять складові елементи нашого світу.

Іноді, коли атоми зустрічаються, відбувається хімічна реакція, в результаті якої вони об'єднуються в більш-менш стабільні молекули. Часом подібні молекули бувають дуже великими. Такий кристал, як діамант, можна вважати окремою молекулою, цілком сталою, але також дуже простою, бо її внутрішня атомна структура безкінечно повторюється. В сучасних живих організмах є й інші великі і дуже складні молекули, і їхня складність виявляється на кількох рівнях. Гемоглобін нашої крові є типовою молекулою білка. Вона побудована з ланцюжків менших молекул (амінокислот), кожна з яких містить кілька десятків атомів, організованих у чітку структуру. Загалом у молекулі гемоглобіну міститься 574 молекули амінокислот. Вони зібрані в чотири ланцюжки, що переплітаються між собою, утворюючи кулясту тривимірну структуру дивовижної складності. Модель молекули гемоглобіну схожа радше на густий колючий кущ. Але, на відміну від справжнього колючого куща, це не якесь випадкове утворення, а чітка й незмінна структура, де всі відгалуження та вигини мають своє місце, ідентично повторювана в організмі звичайної людини понад $6 \cdot 10^{21}$ разів. Точна форма колючого куща молекули білка, наприклад, гемоглобіну, є сталою, бо два ланцюжки, що містять однакові послідовності амінокислот, наче дві гілочки, зазвичай урівноважуються в абсолютно однаковій тривимірній звивистій конструкції. Одні «кущі» гемоглобіну розростаються до своєї «бажаної» форми у вашому організмі зі швидкістю десь $4 \cdot 10^{14}$ на секунду, а інші з такою самою швидкістю руйнуються.

Гемоглобін є сучасною молекулою, яку я використав для ілюстрації принципу, що атоми мають тенденцію до об'єднання у стабільні структури. Доречно наголосити, що навіть до появи життя на землі певна елементарна еволюція молекул могла відбуватися завдяки звичайним процесам фізики та хімії. Тут не варто бачити якийсь задум, мету чи спрямування. Якщо якась група атомів в присутності джерела енергії об'єднується в сталу структуру, вона зазвичай залишається такою. Найдавнішою формою природного добору був добір сталих форм і відхилення несталих. У цьому немає нічого дивного. Це мало статися за визначенням.

Але не варто робити висновок, що існування таких складних об'єктів, яким є людина, можна пояснити суто такими самими принципами. Не можна узяти потрібну кількість атомів і збавити їх разом з певною кількістю зовнішньої енергії, доки вони не об'єднаються у необхідну структуру, і з колби не постане Адам! У такий спосіб можна отримати молекулу з кількох десятків атомів, однак людина складається з понад $1 \cdot 10^{27}$ атомів. Щоби спробувати створити людину, доведеться працювати над її біохімічним шейкером стільки, що весь вік Всесвіту здасться миттю, і навіть це не дасть успіху. Саме тут доречно згадати теорію Дарвіна в її найбільш загальному вигляді. Вона береться до справи там, де історія повільної побудови молекул безпорадна.

Опис походження життя, що я наводжу, є наперед спекулятивним, бо він не міг мати свідків. Сьогодні існує кілька суперечливих теорій, але вони мають певні спільні моменти. Сподіваюся, що мій спрощений опис не надто далеко відбіг від істини [6 - Існує багато теорій про походження життя.

Замість того, щоб продиратися крізь них у книзі «Егоїстичний ген», я вибрав лише одну для ілюстрації своєї основної ідеї. Проте мені не хотілося б створити у вас враження, що ця теорія була єдиним серйозним кандидатом чи навіть найкращим. Фактично, в книзі «Сліпий годинникар» я навмисно вибрав з тією самою метою іншу теорію, гіпотезу шматочків глини А. Дж. Кернса-Сміта. І в жодній книзі я не зациклююся на певній вибраній гіпотезі. Якщо я напишу ще одну книгу, то, мабуть, скористаюсь можливістю спробувати пояснити інший погляд, а саме німецького математичного хіміка Манфреда Ейгена та його колег. Мене завжди, в першу чергу, цікавлять фундаментальні властивості, що мають лежати в основі будь-якої серйозної теорії про походження життя на будь-якій планеті, особливо ідея самореplikуючих генетичних одиниць.].

Ми не знаємо, якої хімічної сировини було на Землі вдосталь до появи життя, але цілком вірогідними варіантами є вода, двоокис вуглецю, метан та аміак: відомо, що всі ці прості сполуки присутні, принаймні, на деяких інших планетах нашої сонячної системи. Хіміки спробували відтворити хімічні умови молодій Землі. Вони брали ці прості речовини до колби та забезпечували джерело енергії – наприклад, ультрафіолетове світло або електричні розряди (штучну імітацію первісних блискавок). Після кількох тижнів за таких умов усередині колби зазвичай виявляли щось цікаве: рідкий брунатний бульйон із вмістом великої кількості молекул, складніших за попередні. Зокрема, там були виявлені амінокислоти – будівельні блоки білків, один із двох великих класів біологічних молекул. До проведення цих експериментів природні амінокислоти вважались ознакою наявності життя. Якби вони були виявлені, скажімо, на Марсі, життя на цій планеті було б доведене. Тепер їхнє існування має означати лише присутність кількох простих газів у атмосфері, діючих вулканів, сонячного світла або грозової погоди. Згодом відтворення в лабораторії хімічних умов Землі до появи життя створило органічні речовини під назвою пурини та піримідини. Це вже будівельні блоки молекули гена, самої ДНК.

Аналогічні процеси, мабуть, і створили «первісний бульйон», що, на думку біологів та хіміків, становив собою моря десь три-чотири мільярди років тому. Подекуди, у шумовинні, що висихало на березі, або у крихітних краплинках суспензії виникла локальна концентрація органічних речовин. Під подальшим впливом енергії ультрафіолетового світла сонця вони об'єднувались у більші молекули. Зараз великі органічні молекули не протрималися б достатньо довго, щоби стати помітними: вони були б стрімко поглинуті та зруйновані бактеріями або іншими живими істотами. Але бактерії виникли пізніше, а тоді великі органічні молекули могли спокійно дрейфувати собі у дедалі густішому бульйоні.

Якось була випадково сформована вельми цікава молекула. Ми називатимемо її реплікатором. Можливо, вона й не була найбільшою або найскладнішою молекулою з усіх, але мала видатну властивість – була здатна створювати копії самої себе. Ця подія може виглядати дуже мало ймовірною. Такою вона насправді й була – майже нереальною. В масштабах життя людини такі мало ймовірні речі можна вважати практично неможливими. Ось чому ви ніколи не виграєте великий приз у футбольній лотереї. Але в наших людських оцінках того, що можливе, а що ні, ми не мали справу з сотнями мільйонами років. Якби ви заповнювали лотерейні білети щотижня протягом сотень мільйонів років, то, швидше за все, зірвали вже декілька джекпотів.

Фактично молекулу, що копіює саму себе, уявити не так складно, як це виглядає на перший погляд, а виникнути їй достатньо лише раз. Подумки намалюйте реплікатор у вигляді форми для виливання металу або матриці. Уявіть, що це велика молекула, яка містить складний ланцюг різного роду молекул – будівельних блоків. Цих невеличких будівельних блоків було вдосталь у бульйоні навколо реплікатора. Тепер вважатимемо, що кожен будівельний блок має структурну спорідненість з іншими блоками свого типу. Тоді кожного разу, коли будівельний блок з бульйону опиняється поблизу частини реплікатора, з якою має спорідненість, він зазвичай приліплюється до неї. Будівельні блоки, що з'єднуються таким чином між собою, автоматично організуються в послідовність, що нагадує сам реплікатор. Завдяки цьому легко уявити, як вони з'єднуються у сталий ланцюг так само, як і при формуванні первинного реплікатора. Цей процес може тривати з накладанням одного шару на інший. Так само відбувається при формуванні кристалів. Однак два ланцюжки можуть розпастися, і тоді буде два реплікатора, кожен з яких продукуватиме свої копії.

Вірогідний також більш складний варіант, де кожен будівельний блок має спорідненість не з іншими блоками свого типу, а взаємну спорідненість з одним конкретним іншим типом. Тоді реплікатор діятиме як шаблон не для ідентичної копії, а для певного «негативу», що, зі свого боку, відтворюватиме точні копії первинного «позитиву». Для нашої мети нема значення, чи був первісний процес реплікації позитивно-негативним, чи позитивно-позитивним, хоча варто зазначити, що сучасні еквіваленти першого реплікатора, молекули ДНК, використовують позитивно-негативну реплікацію. Значення має лише те, що у світ знезацька прийшов новий різновид «сталості». Цілком імовірно, що раніше жодного конкретного різновиду складних молекул у бульйоні не було вдосталь, бо всі вони залежали від випадкового об'єднання будівельних блоків у певну конкретну сталу конфігурацію. Одразу ж після появи реплікатора він, мабуть, почав швидко поширювати свої копії по всіх морях, поки менші молекули, що виявилися будівельними блоками, не стали дефіцитом, а інші, більші молекули, виникали дедалі рідше.

Отже, на часі приступити до великої популяції ідентичних реплік. Але спершу треба згадати важливу властивість будь-якого процесу копіювання: він не є ідеальним. Трапляються помилки. Я сподіваюся, що у цій книзі немає друкарських помилок, але, якщо поглянути уважніше, ви, либонь, натрапите на декілька. Вони, може, не здатні спотворити значення речень через власну незначущість. Але уявіть собі час, коли не було друкарських верстатів, а книги, наприклад Євангеліє, копіювалися від руки. Всі писарі, якими б вони не були уважними, припускалися певних помилок, а деякі навіть наважувалися на незначні «покращення» на свій розсуд. Якщо вони робили копії з єдиного оригіналу, головний зміст не надто спотворювався. Але щойно копії почали робитися з копій, що також були зроблені з інших копій, кількість помилок загрозливо накопичилась. Зазвичай ми вважаємо помилки при копіюванні недоліком, а скопійований документ помилки аж ніяк не скрашують. Гадаю, що лише з Септуагінтою (грецький переклад Старого Заповіту) трапилося так, що, неправильно переклавши єврейське слово, що означало «молода жінка» грецьким «діва» та отримавши пророцтво: «Ось Діва в утробі зачне і Сина народить...», учені започаткували щось значне [7 – Кілька стурбованих дописувачів беруть під сумнів неправильний переклад у біблійному пророцтві слів «молода жінка» як «діва» та зажадали від мене відповіді. Образа почуттів віруючих у наші дні є справою ризикованою, тому

мені краще зробити їм таку ласку. Насправді ж для мене це – задоволення, бо вченим не часто вдається досхочу попорпатися в бібліотеці, розважаючись справжніми академічними примітками. По суті, цей момент добре відомий знавцям Біблії і не викликає у них заперечень. У книзі пророка Ісаї значиться єврейське слово ???? (альма), яке беззаперечно означає «молода жінка», без жодного натяку на незайманість. Якби йшлося про діву, можна було би використати замість нього слово ????? (бетула). Те, як легко можна зісковзнути з одного значення на інше, ілюструє двозначне слово «дівця». «Мутація» тут відбулася, коли в дохристиянському грецькому перекладі, відомому як Септуагінта, альма було передано словом ??????? (партенос), що дійсно зазвичай означає «дівка». Матвій (звісно ж, ніякий не апостол та сучасник Ісуса, а автор Євангелія, написаного багато років потому), процитував Ісаю в тому, що здається похідним від версії Септуагінти (всі, крім двох із п'ятнадцяти грецьких слів ідентичні), коли сказав: «А все оце сталося, щоб збулося сказане пророком від Господа, який провіщає: «Ось Дівка в утробі зачне, і Сина породить, і назвуть Його Йменням Еммануїл». Серед дослідників християнського вчення поширена думка, що історія про непорочне зачаття Ісуса була більш пізньою вставкою, зробленою, вочевидь, грецькомовними послідовниками з метою, щоб (неправильно перекладене) пророцтво здавалося здійсненим. Сучасні версії, на кшталт «Нової англійської Біблії» вже правильно передають пророцтво Ісаї словами «молода жінка». Однак не менш правильно вони залишають «дівка» в Євангелії від Матвія, оскільки перекладають його з грецької мови.]. Однак, як ми пересвідчимось далі, помилки під час копіювання в біологічних реплікаторах можуть таки призвести до суттєвого покращення, і для прогресивної еволюції життя деякі помилки виявилися дуже важливими. Ми не знаємо, як точно вихідні реплікаторні молекули робили свої копії. Їхні сучасні нащадки, молекули ДНК, є надзвичайно точними порівняно з найбільш високоякісним процесом людського копіювання, але навіть вони іноді роблять помилки, і, врешті-решт, саме ці помилки зробили еволюцію можливою. Вірогідно, вихідні реплікатори припускали значно більше помилок, але кожного разу ми можемо бути впевнені, що помилки траплялися, і ці помилки були кумулятивними.

Саме тоді, як робилися і накопичувались помилки копіювання, первісний бульйон наповнювався популяціями не ідентичних реплік, а кількох різновидів реплікантних молекул, що «походили» від одного й того самого предка. Чи були одні різновиди численнішими за інші? Майже напевно так. Деякі різновиди мали більшу спадкову стабільність, ніж інші. Певні молекули після свого формування мали меншу тенденцію до нового розпаду. Ці типи ставали в бульйоні порівняно численними не лише внаслідок їхньої «довговічності», але й тому, що мали багато часу для самокопіювання. Отже, реплікатори зі значною довговічністю ставали дедалі численнішими, і (за інших рівних умов) у популяції молекул мала виникнути «еволюційна тенденція» до більшої довговічності.

Але інші умови були не рівні, і ще однією властивістю реплікаторів, що, мабуть, мала ще більше значення для їхнього поширення в популяції, стала швидкість реплікації або «поширеність». Якщо реплікаторні молекули типу А копіюють себе, в середньому, раз на тиждень, а молекули типу В роблять це раз на годину, нескладно зрозуміти, що доволі скоро молекул А стане менше, хоч вони і «живуть» значно довше за молекули В. Мабуть, саме так діяла «еволюційна тенденція» до вищої «плодючості» молекул у бульйоні. Третьою характеристикою реплікаторних молекул, що мала позитивно проходити добір, була точність реплікації. Якщо молекули типу Х та типу Y «живуть»

однаковий час і реплікують з однаковою швидкістю, але X робить помилку, в середньому, у кожній десятій реплікації, а Y – лише в кожній сотій, саме їх стане більше. Контингент X у популяції втрачає не лише заблудлих «дітей», але й усіх їхніх нащадків, наявних або потенційних.

Якщо ви хоч щось знаєте про еволюцію, вам ця інформація видасться дещо парадоксальною. Чи можемо ми взаємно узгодити ідею про те, що помилки копіювання є важливою передумовою для виникнення еволюції, із твердженням, що природний добір надає перевагу високій точності копіювання? Відповідь виглядатиме так: хоча еволюція виглядає потрібною, надто якщо пам'ятати, що ми є її продуктом, насправді еволюціонувати ніхто й ніщо не «хоче». Еволюція відбувається несамохіть, попри всі зусилля реплікаторів (а зараз генів) запобігти цьому. Жак Моно вельми вдало розтлумачив це в своїй Спенсерівській лекції, в'ідливо зауваживши: «Ще один цікавий аспект теорії еволюції полягає в тому, що всі вважають себе її знавцями!»

Первісний бульйон почали заселяти стабільні різновиди молекул. Стабільні, бо певні молекули зберігалися тривалий час, мали велику швидкість або точність реплікації. Еволюційні тенденції щодо цих трьох видів стабільності відбувались таким чином: якби ви взяли проби бульйону двічі в різний час, то взята пізніше мала б вищу концентрацію різновидів зі значною довговічністю/плодючістю/точністю копіювання. Саме це біологи й називають еволюцією, коли говорять про живі істоти, і механізм тут той самий – природний добір.

Чи маємо ми називати первісні реплікаторні молекули «живими»? А яка різниця? Я можу сказати вам: «Найвидатнішою людиною, що колись жила, був Дарвін», а ви можете заперечити: «Ні, Ньютон», але я маю надію, що суперечку ми припинимо. Річ у тім, що хто б не переміг, на головний висновок це не впливатиме. Факти життя та досягнень Ньютона і Дарвіна залишаються абсолютно незмінними, називатимемо ми їх «видатними» чи ні. Мабуть, й історія реплікаторних молекул відбувалася десь так, як я розповідаю, незалежно від того, чи називатимемо ми їх «живими». Людські страждання виникають, бо надто багато хто не може зрозуміти: слова є лише інструментами, до яких ми вдаємося, й наявність у словнику такого слова, як «живі», зовсім не означає, що воно обов'язково має стосуватися чогось конкретного в реальному світі. Називатимемо ми ранні реплікатори живими чи ні, вони були прообразами життя – нашими прабатьками.

Наступною важливою ланкою в аргументі, на якій наголошував сам Дарвін (хоча він говорив про тварини і рослини, а не молекули), є конкуренція. Первісний бульйон не міг підтримувати нескінченну кількість реплікаторних молекул. Насамперед, розмір землі має свою межу, але й інші обмежуючі фактори теж, мабуть, важливі. В нашій уявній картині реплікатора як форми для виливання або матриці ми уявляли бульйон, густий від невеличких будівельних блоків – молекул, необхідних для виготовлення копій. Та коли реплікатори стали чисельними, будівельні блоки, мабуть, використовувались із такою швидкістю, що стали дефіцитними та коштовними ресурсами. Різні модифікації або різновиди реплікатора, певно, конкурували за них. Ми вже називали фактори, що могли збільшити кількість привілейованих видів реплікатора. Зараз ми бачимо, що менш привілейовані різновиди, чи не через конкуренцію, стали менш чисельними і, зрештою, чимало їхніх різновидів вимерли. Серед різновидів реплікатора відбувалася боротьба за існування. Хоча вони навіть не знали, що змагаються і не переймалися цим; боротьба

велася без важких почуттів, ба, навіть, без жодних почуттів. Однак вони змагалися в тому сенсі, що будь-яке неправильне копіювання, результатом якого ставав новий вищий рівень стабільності або новий спосіб зменшення стабільності конкурентів, автоматично зберігався і множився. Цей процес покращення був кумулятивним. Способи збільшення власної стабільності та зменшення стабільності конкурентів ставали більш досконалішими і ефективнішими. Деякі з них змогли навіть «відкрити» хімічний спосіб руйнування молекули конкурентів та використання вивільнених завдяки цьому будівельних блоків для виготовлення власних копій. Ці протохижаки одночасно отримували їжу та усували суперників. Інші реплікатори, мабуть, відкрили не лише хімічний, але й фізичний спосіб захисту, звівши навколо себе стіну з білка. Можливо, саме так і виникли перші живі клітини. Реплікатори вже не просто існували, але й будували для себе контейнери – носії для продовження свого існування. І виживали саме ті реплікатори, що змайстрували для себе машини для виживання. Перші такі машини, мабуть, склалися лише із захисної оболонки. Але з часом появи нових конкурентів, що мали кращі та ефективніші машини для виживання, підтримувати життя ставало все складніше. Тому ці машини для виживання ставали дедалі більшими і досконалішими, а сам процес був кумулятивним і прогресивним.

Чи є якась межа в поступовому покращенні технік та хитрощів, використовуваних реплікаторами для забезпечення самозбереження в цьому світі? Часу для удосконалення буде ще чимало. Які дивовижні двигуни самозбереження принесуть із собою наступні тисячоліття? Якою є доля давніх реплікаторів чотири тисячі мільйонів років потому? Вони не вимерли, бо є чудовими майстрами мистецтва виживання. Але не шукайте їх у морі, їх давно там немає. Тепер вони зібралися у величезні колонії, перебувають у безпеці всередині велетенських незграбних роботів [8 – Цей яскравий пасаж (рідкісна, доволі-таки рідкісна ласка) цитували всі, кому не ліньки, радісно доводячи ним мій затятий «генетичний детермінізм». Почасті проблема полягає в популярних, але помилкових асоціаціях зі словом «робот». Ми живемо в золотий вік електроніки, коли роботи більше не є негнучкими в своїх діях бовванами, а здатні до навчання, мислення та творчості. За іронією долі, навіть у далекому 1920 році, коли Карел Чапек вигадав це слово, «роботи» були механічними створіннями, що поступово переймали людські почуття, наприклад, закоханість. Ті, хто вважає, що роботи, за своєю суттю, більш «детерміністичні», ніж людські істоти, помиляються (якщо тільки вони не релігійні, бо тоді вони можуть широко вірити, що люди мають якийсь Божий дар свободи волі, в якому відмовили простим машинам). Якщо ж, подібно до більшості критиків мого пасажу про «незграбних роботів», ви не є віруючими, тоді спробуйте відповісти на таке запитання: «Ким же ви себе вважаєте, якщо не роботом, хай навіть і дуже складним?» Все це я розглядаю в книзі «Розширений фенотип». Ця помилка була викликана ще однією промовистою «мутацією». Так само, як виглядало теологічно виправданим, аби Ісус народився від діви, так само здається демонологічно необхідним, щоби будь-який «генетичний детермініст», вартий своєї назви, вірив, що гени «контролюють» кожен аспект нашої поведінки. Я написав про генетичні реплікатори так: «вони створили нас, наше тіло та розум» (с. 57). Але це добряче перекрутили (наприклад, у книзі «Не в наших генах» Роуза, Каміна та Левонтіна, а ще раніше в науковій статті Левонтіна, як «[вони] контролюють нас, наше тіло та розум» (курсив мій). Думаю, з контексту мого розділу очевидно, що я мав на увазі під словом «створили», і це аж ніяк не «контролюють». Власне кажучи, будь-хто зрозуміє, що гени не контролюють власні створіння в суворому сенсі,

критикованому як «детермінізм». Адже ми без жодних зусиль (ну, майже) ігноруємо їх щоразу, коли використовуємо засоби контрацепції.], відділені від навколишнього світу, спілкуються з ним звивистими шляхами і мають дистанційний вплив. Вони є у вас та в мені, вони створили нас, наше тіло і розум, а їхнє збереження є основною метою нашого існування. Ці реплікатори пройшли тривалий шлях. Сьогодні вони називаються генами, і ми з вами є їхніми машинами для виживання.

3

Безсмертні спіралі

Ми є машинами для виживання, але це «ми» означає не лише людей. Воно охоплює всіх тварин, а також всі рослини, бактерії та віруси. Загальну кількість машин для виживання на землі підрахувати дуже складно – невідома навіть загальна кількість видів. Якщо взяти самих лише комах, то кількість видів, що живуть нині, налічує приблизно три мільйони, хоча кількість окремих індивідів може становити $1 \cdot 10^{18}$.

Різні типи машин для виживання дуже відрізняються одні від одних і ззовні, і будовою своїх внутрішніх органів. Восьминіг, наприклад, абсолютно не схожий на мишу, і нікого з них не сплутаєш із дубом. Однак за основним хімічним складом усі вони досить однорідні. Зокрема реплікатори, чиїми носіями вони є (їхні гени), по суті, це молекули, присутні в кожному з нас – від бактерій до слонів. Ми всі є машинами для виживання для одного й того самого різновиду реплікатора – молекул під назвою ДНК, але існує багато різних способів забезпечення життя на землі, і реплікатори створили широкий спектр машин для їхньої експлуатації. Мавпа, наприклад, є машиною, що зберігає гени високо на деревах, риба – машиною, що зберігає їх у воді. Є навіть маленький хробачок, що зберігає гени в німецьких підставках під пивні кухлі. ДНК працює дивовижним чином.

Дотримуючися простого викладу, ми вирішуємо, що сучасні гени, сформовані з ДНК, є майже такими самими, як і перші реплікатори в первісному бульйоні. Можливо, це не цілком так, але наразі не має значення. Вихідні реплікатори могли виглядати як споріднені з ДНК молекули або як інші. Тоді ми вважатимемо, що ДНК, мабуть, захопила їхні машини для виживання на більш пізньому етапі. Якщо це правда, то первинні реплікатори були цілком знищені, бо в сучасних машинах для виживання від них не лишилося й сліду. З огляду на це еволюціоніст А. Дж. Кернс-Сміт запропонував цікаву гіпотезу, що наші предки (перші реплікатори) могли бути аж ніяк не органічними молекулами, а неорганічними кристалами – мінералами, шматочками глини. Є ДНК узурпатором чи ні, сьогодні її керівна роль беззастережна, за умови, як я гіпотетично припускаю в 11-му розділі, що зараз не розпочалося нове захоплення влади.

Молекула ДНК являє собою довгий ланцюг будівельних блоків – невеличких молекул, що називаються нуклеотиди. Так само, як молекули білка є ланцюжками амінокислот, молекули ДНК – це ланцюжки нуклеотидів. Молекула ДНК є надто малою, щоби бути видимою, але оригінальні непрямі методи

дозволили встановити її точну форму. Вона складається з пари нуклеотидних ланцюжків, закручених в елегантну спіраль, яку називають «подвійною» або «безсмертною». Нуклеотидні будівельні блоки бувають лише чотирьох типів, назви яких можна скоротити до А, Т, Ц і Г. Вони є однаковими в усіх тварин та рослин. Відрізняється лише порядок їхнього з'єднання між собою. Будівельний блок Г людини цілком ідентичний блоку Г слимака. Але послідовність будівельних блоків людини інакша, ніж у слимака. Вона також відрізняється – хоча й менше – від послідовності будь-якої іншої людини (крім особливих випадків однойцевих близнюків).

Наша ДНК живе в усьому нашому організмі. Вона не сконцентрована в певній конкретній частині тіла, а розподілена між клітинами. Загалом, організм людини складається з 10^{15} клітин, і, за поодинокими винятками, що їх можна проігнорувати, кожна з цих клітин містить повну копію ДНК цього організму. ДНК можна вважати збіркою інструкцій з побудови тіла, написаною алфавітом нуклеотидів А, Т, Ц, Г. Це схоже на те, немов у кожній кімнаті велетенської будівлі стоїть книжкова шафа з архітектурними планами для всієї будівлі. Ця «книжкова шафа» клітини називається ядром. «Архітектурні плани» у людини налічують 46 томів – у інших видів ця кількість відрізняється. «Томи» ж називаються хромосомами. Під мікроскопом вони нагадують довгі нитки, вздовж яких у певному порядку розташовані гени. Визначити, де закінчується один ген та починається наступний, доволі складно, а іноді й марно. На щастя, як ми побачимо трохи згодом, наразі це не важливо.

Я й далі використовуватиму метафору архітектурних планів, вільно перемішуючи мову метафор з мовою реальності. «Том» буде вживатися поперемінно з «хромосомою». «Сторінка» подекуди підмінитиме «ген», хоча поділ між генами є менш чітким, ніж між сторінками книги. Ця метафора супроводжуватиме нас доволі довго. Коли ж вона нарешті перестане працювати, я запропоную вам інші метафори. До речі, жодного «архітектора» не існує. Інструкції ДНК були зібрані суто в результаті природного добору.

Молекули ДНК роблять дві важливі речі. По-перше, вони реплікують, тобто створюють копії самих себе. Цей процес відбувається безперервно з самої миті зародження життя, і сьогодні молекули ДНК справді чудово з цим справляються. Це зараз ви – доросла людина і складаєтесь із 10^{15} клітин, але в момент зачаття ви становили одну-єдину клітину, наділену одним примірником архітектурних планів. Ця клітина поділилася на дві, і кожна з цих двох клітин отримала свою власну копію планів. Подальші поділи збільшили кількість клітин до 4, 8, 16, 32 і так далі до мільярдів. І при кожному поділі плани ДНК копіювалися дуже точно, практично без помилок.

Говорити про подвоєння ДНК – то одне. Але якщо ДНК справді є набором планів для будівництва організму, як ці плани реалізуються на практиці? Як вони втілюються в тканини тіла? Час згадати другу важливу справу ДНК: вона опосередковано контролює виготовлення іншого типу молекул – білка. Гемоглобін, про який ми згадували у минулому розділі, є лише одним прикладом величезного спектра білкових молекул. Закодована в ДНК інформація, написана чотирилітерним нуклеотидним алфавітом, простим механічним способом перекладається іншою абеткою. Це алфавіт амінокислот, яким кодуються молекули білка.

Може здатися, що формування білків дуже далеке від формування організму, але це перший невеличкий крок у потрібному напрямку. Білки не лише складають значну частину фізичної конструкції тіла; вони також здійснюють чутливий контроль усіх хімічних процесів всередині клітини, вибірково вмикаючи та вимикаючи їх у певний час і в певному місці. Щоб пояснити, як саме це, врешті-решт, призводить до розвитку немовляти, ембріологам знадобляться десятки або й сотні років. Але факт лишається фактом. Гени справді опосередковано контролюють побудову організмів, причому вплив є суто однобічним: набуті характеристики не успадковуються. Скільки б знань та мудрості ви не набули за час свого життя, вони аж ніяк не передадуться вашим дітям завдяки генетиці. Кожне нове покоління починається з нуля. Організм використовується генами для збереження їхньої незмінності.

Еволюційна важливість того факту, що гени контролюють ембріональний розвиток, полягає ось у чому: це означає, що гени, принаймні, частково відповідальні за власне виживання в майбутньому, бо цей процес залежить від ефективності організмів, у яких вони живуть та які вони допомогли збудувати. Колись давно природний добір полягав у диференційованому виживанні реплікаторів, що вільно плавали собі у первісному бульйоні. Тепер природний добір віддає перевагу реплікаторам, що добре будують машини для виживання, – генам, що опанували мистецтво контролю ембріонального розвитку. Щодо цього реплікатори є не більш свідомими чи цілеспрямованими, ніж раніше. Ті самі старі процеси автоматичного добору між конкурентними молекулами через їхню довговічність, поширеність, а також точність копіювання все ще тривають всліпу та неухильно, як і у далекому минулому. Гени не мають дару передбачення. Вони не здатні планувати заздалегідь. Гени лише існують (деякі краще за інших), от і все. Але властивості, що визначають довговічність та поширеність генів, вже не такі прості. Геть не такі.

Останнім часом – це десь шістсот мільйонів років – реплікатори досягли значних успіхів у таких технічних рішеннях машин для виживання, як м'язи, серце і очі (виникали кілька разів незалежно одне від одного). А перед тим вони радикально змінили основні особливості свого способу життя як реплікаторів, що слід розуміти, якщо ми збираємося говорити про них далі.

Перш за все, коли мова йде про сучасний реплікатор, мають на увазі його високий колективізм. Машина для виживання – це засіб пересування не для одного, а багато тисяч генів. Створення організму є спільним підприємством, та й ще настільки заплутаним, що розмежувати внесок одного з генів майже неможливо [9 – Тут, а також на сторінках 145–148, наведена моя відповідь критикам генетичного «атомізму». У буквальному значенні слова, це навіть не відповідь, а радше гра на випередження, оскільки критика з'явиться пізніше! Шкода, що доведеться процитувати самого себе настільки повно, але мене непокоїть думка, що потрібні місця з «Егоїстичного гена» можна випадково пропустити! Наприклад, у розділі «Турботливі групи та егоїстичні гени» (книги «Великий палець панди») С. Дж. Гулд стверджує: Немає жодних генів таких чітко виражених морфологічних ознак, як ваша ліва колінна чашечка чи ваш ніготь. Організми не можна розкласти на частини, кожна з яких створена окремим геном. У створенні більшості частин організму задіяні сотні генів...Гулд написав це як критику «Егоїстичного гена». А тепер подивіться на мої точні слова (с. 62): Створення організму є спільним підприємством, та й ще настільки заплутаним, що розмежувати внесок одного з генів майже неможливо. Один ген

впливає на зовсім різні частини тіла, а на певну частину тіла діють багато генів, і ефект дії будь-якого одного гена залежить від взаємодії з багатьма іншими. І ще раз (с. 80): Якими б незалежними і вільними не були гени у своїй мандрівці крізь покоління, вони аж ніяк не є вільними та незалежними агентами контролю ембріонального розвитку. Вони заплутано і вкрай непросто співпрацюють та взаємодіють не лише між собою, але й зі своїм зовнішнім середовищем. Вирази на зразок «ген довгих ніг» або «ген альтруїстичної поведінки» є зручними фігурами мови, але важливо пам'ятати, що вони означають. Не існує такого гена, що сам-один створює ногу, довгу чи коротку. Створення ноги є кооперативним підприємством, де задіяно багато генів. Впливи зовнішнього середовища також необхідні: зрештою, ноги створюються з їжі! Проте цілком може виявитися один такий ген, що за інших однакових умов здатен зробити ноги довгими, ніж вони були би під впливом його алеля. Я розвинув цю думку в наступному параграфі за допомогою аналогії з впливом добрива на ріст пшениці. Дуже схоже на те, що Гулд заздалегідь був настільки впевненим у моєму наївному атомізмі, що пропустив великі фрагменти, де я висловив ту саму думку про взаємодію, на якій він пізніше наполягав. Гулд продовжує: Докінзу знадобиться ще одна метафора: генів, що проводять збори, створюють союзи, демонструють шанобливе ставлення до можливості приєднатись до якогось пакту, оцінюють можливі середовища. У своїй аналогії з веслуванням (с. 145–147) я вже зробив саме те, що пізніше рекомендував Гулд. Подивіться на цей уривок, і ви також побачите, чому Гулд, хоча ми з ним багато в чому згодні, неправий, стверджуючи, що природний добір «приймає або відхиляє цілі організми, бо набори частин, які взаємодіють між собою складним чином, дають переваги». Справжнє пояснення «кооперативності» генів є таким: Гени добираються не тому, що вони «гарні» самі по собі, а тому, що добре працюють порівняно з іншими генами у генофонді. Такий ген має бути сумісним та неконкурентним з іншими генами, з якими йому доводиться ділити тривалу послідовність організмів. (с. 145) Більш повну відповідь на критику генетичного атомізму я дав у книзі «Розширений фенотип».]. Один ген впливає на зовсім різні частини тіла, а на певну частину тіла діють багато генів, і ефект дії будь-якого одного гена залежить від взаємодії з багатьма іншими. Деякі гени грають головну роль, контролюючи дію кластера інших генів. За нашою аналогією, будь-яка конкретна сторінка плану містить посилання на багато різних частин будівлі, і кожна сторінка має сенс лише з огляду на перехресні посилання на численні інші сторінки.

Така заплутана взаємозалежність генів може викликати у вас сумнів, навіщо ми взагалі використовуємо слово «ген». Чому б не скористатись якимось збірним іменником на зразок «генного комплексу»? Відповідь полягає в тому, що для решти цілей це справді непогане рішення. Але якщо ми поглянемо на все під іншим кутом зору, матиме сенс вважати генний комплекс сукупністю дискретних реплікаторів або генів. Це пов'язано з явищем статевого розмноження. Статеве розмноження створює ефект перемішування і перетасування генів. Тобто певний організм є лише тимчасовим засобом пересування нетривалої комбінації генів. До того ж комбінація генів, якою є будь-який індивід, може бути короточасною, та гени, як такі, потенційно напрочуд довговічні. Покоління за поколінням, їхні шляхи увесь час то сходяться, то розходяться. Один ген можна вважати одиницею, що виживає у великій кількості подальших окремих організмів. Саме про це я й говоритиму у цьому розділі. Деякі з моїх найповажніших колег уперто відмовляються погоджуватися із цим аргументом, тому даруйте, що я приділяю йому забагато уваги! Але спершу я маю коротко пояснити факти щодо статевого розмноження.

Трохи вище я казав, що плани будівництва людського тіла викладені в 46-ти томах. Однак це дещо надмірне спрощення. Насправді все значно плутаніше. 46 хромосом складають 23 пари. Отже, в ядрі кожної клітини містяться два альтернативні набори з 23-х томів планів. Назвемо їх томом 1a та 1b, томом 2a та 2b і так до тому 23a і 23b. Певна річ, що ідентифікаційні номери, які я використовую для томів і, пізніше, сторінок, абсолютно довільні.

Кожну хромосому ми цілою й неушкодженою отримуємо від одного з двох наших батьків, в чиїх яечках чи яєчнику вона була сформована. Томи 1a, 2a, 3a тощо хай надходять від батька. Томи ж 1b, 2b, 3b тощо надходять від матері. На практиці це виглядає дуже складно, але в теорії під мікроскопом можна роздивитися 46 хромосом у будь-якій з ваших клітин, розрізливши 23 батьківських та 23 материнських.

Парні хромосоми не перебувають увесь свій вік у фізичному контакті з іншими чи навіть поблизу одна від одної. Тоді які ж вони «парні»? Та кожен том, що дається батьком, можна вважати, сторінку за сторінкою, прямою альтернативою конкретного тому, що дається матір'ю. Наприклад, сторінка 6 тому 13a та сторінка 6 тому 13b обидві можуть «стосуватися» кольору очей; от тільки на одній писатиметься «блакитні», а на іншій – «карі».

Іноді ці дві альтернативні сторінки є ідентичними, але в інших випадках, як у нашому прикладі з кольором очей, вони відрізняються. Якщо вони дають суперечливі «рекомендації», тоді як діє організм? По-різному. Іноді одне формулювання превалює над іншими. У щойно наведеному прикладі з кольором очей людина насправді б отримала карі очі: інструкції щодо блакитних очей при побудові тіла були би проігноровані, хоча б не припинилися передаватися майбутнім поколінням. Ген, що ігнорується, називається рецесивним. Його протилежністю є домінантний ген. Ген карих очей є домінантним щодо гена блакитних. Людина отримує блакитні очі, лише якщо обидві копії відповідної сторінки одноставно їх рекомендують. Зазвичай, коли два альтернативні гени не ідентичні, результатом стає певний компроміс – організм будується за якимось проміжним або взагалі зовсім іншим планом.

Коли два гени, на зразок карих і блакитних очей, змагаються за одне і те саме місце на хромосомі, вони називаються алелями один одного. Для нас слово «алель» є синонімом суперника. Уявіть собі томи архітектурних планів у вигляді скорозшивачів, сторінки в яких можна вільно виймати та міняти місцями. Кожен том 13 повинен мати сторінку 6, але між сторінками 5 і 7 можуть бути кілька шостих сторінок. В одній версії йтиметься про блакитні очі, в іншій – про карі, а загалом у популяції можуть бути версії, де передбачені інші кольори, наприклад зелений. Існують чи не шість альтернативних алелей, що у популяції загалом можуть розташовуватися на місці сторінки 6 хромосоми 13. Кожна конкретна людина має лише дві хромосоми тому 13. Отже, на сторінці 6 вона може мати максимум два алелі. Наприклад, блакитноока людина може мати дві копії одного алеля або будь-які два алелі, вибрані з півдюжини альтернатив, можливих у популяції загалом.

Певна річ, не можна аж ніяк піти та вибрати собі гени з генофонду, доступного для всієї популяції. В певний момент всі гени пов'язані всередині своїх машин для виживання. Наші гени надаються нам при зачатті,

і цьому ми ніяк не можемо зарадити. Однак в тривалій перспективі гени популяції загалом можна вважати генофондом. Тобто, це технічний термін, до якого вдаються генетики. Генофонд є виправданою абстракцією, бо при статевому розмноженні гени перемішуються, хоча й досить обережно. Зокрема, як ми у цьому незабаром пересвідчимось, відбуватиметься щось на зразок вилучення й заміни сторінок та цілих їхніх стосів у скорозшивачах.

Я вже описував звичайний поділ клітини на дві нові, кожна з яких отримує повну копію усіх 46-ти хромосом. Цей звичайний поділ клітин називається мітозом. Але існує інший тип поділу клітин, що називається мейозом. Він відбувається лише під час вироблення статевих клітин: сперматозоїдів або яйцеклітин. Сперматозоїди та яйцеклітини є унікальними серед наших клітин, бо замість 46-ти хромосом вони мають лише 23. Це, певна річ, рівно половина від 46-ти, що зручно для з'єднання при статевому заплідненні, коли створюється новий організм! Мейоз є особливим різновидом поділу клітини, що відбувається лише в яєчках та яєчниках, де клітина з повним подвійним набором із 46-ти хромосом ділиться, формуючи статеві клітини з одинарним набором із 23-х хромосом (для ілюстрації я весь час використовую потрібну кількість для організму людини).

Сперматозоїд із його 23-ма хромосомами утворюється завдяки мейотичному поділові однієї зі звичайних 46-хромосомних клітин у яєчку. Які саме хромосоми закладаються в кожен конкретний сперматозоїд? Дуже важливо, щоби він отримав не просто якісь 23 старі хромосоми: в ньому не мають опинитися дві копії 13-го тому і жодної 17-го тому. Теоретично, індивід може забезпечити один зі своїх сперматозоїдів хромосомами, що походять, скажімо, цілковито від його матері: томами 1b, 2b, 3b і т. д. аж до 23b. У такому маловірогідному випадку дитина, зачата таким сперматозоїдом, успадкувала б половину своїх генів від бабусі з боку батька і жодного від дідуся з боку батька. Але насправді такого загального цілдохромосомного розподілу не відбувається. Реальність значно складніша. Пам'ятайте, що ми уявляємо собі томи (хромосоми) у вигляді скорозшивачів. Відбувається те, що під час формування сперматозоїда певні сторінки або чи не цілі стоси з багатьох сторінок вилучаються і міняються місцями з відповідними стосами альтернативних томів. Таким чином один конкретний сперматозоїд може скласти свій 1-й том, узявши перші 65 сторінок з тому 1a, а з 66-ї сторінки і до самого кінця – з тому 1b. Інші 22 томи цього сперматозоїда можуть бути організовані подібним чином. Тому кожен сперматозоїд індивіда є унікальним, навіть попри те, що всі інші зібрали свої 23 хромосоми з частинок того самого набору з 46-ти хромосом. Яйцеклітини в яєчниках формуються схожим чином і також усі є унікальними.

Реальна механіка цього змішування цілком зрозуміла. Під час виробництва сперматозоїда (або яйцеклітини) частинки кожної батьківської хромосоми фізично від'єднуються від інших та міняються місцями із суто відповідними їм частинками материнської хромосоми. (Не забувайте, що ми маємо на увазі хромосоми, похідні від батька індивіда, що виробляє сперматозоїди, тобто, від дідуся з боку батька дитини, що її, зрештою, зачинають цим сперматозоїдом). Процес обміну ділянками хромосоми називається кросинговером і вельми важливий для цілої теми цієї книги. Він означає, що якби ви вирішили роздивитися під мікроскопом хромосоми свого власного сперматозоїда (чи яйцеклітини, якщо ви – жінка), ви б змарнували час, намагаючись ідентифікувати хромосоми, що походять від вашого батька, і хромосоми, що від вашої матері. Цим вони значно відрізняються від

звичайних клітин тіла (див. вище). Будь-яка хромосома у сперматозоїді нагадує ковдру з клаптиків, певну мозаїку з материнських і батьківських генів.

Ось тут метафора сторінки, що її ми використовуємо для опису гена, починає блякнути. В скорозшивач можна вставити, з нього можна вилучити або замінити всю сторінку цілком, але не її частину. Проте генний комплекс є лише довгою низкою нуклеотидів без жодного видимого поділу на окремі сторінки. Звісно, існують особливі символи для ПОЧАТКУ та ЗАКІНЧЕННЯ повідомлення БІЛКОВОГО ЛАНЦЮГА, записаного тою самою чотирилітерною абеткою, що й білкові повідомлення. Між цими двома пунктуаційними позначками закодовані інструкції для створення одного білка. За бажанням, можна визначити окремий ген як послідовність нуклеотидів, що лежить між символом ПОЧАТКУ і КІНЦЯ та кодує один білковий ланцюг. Визначену таким чином одиницю запропонували називати словом цистрон, і дехто використовує його в парі зі словом ген. Але кросинговер не визнає кордонів між цистронами. Розриви можуть виникати і в самих цистронах, а не лише між ними. Це виглядає так, наче архітектурні плани були написані не на сторінках, а на 46-ти сувоях. Цистрони не мають сталої довжини. Єдина можливість визначити, де закінчується один цистрон і починається наступний, – це прочитати символи на сувої, знайшовши позначки КІНЦЯ і ПОЧАТКУ ПОВІДОМЛЕННЯ. Кросинговер виявляється в тому, що з відповідних батьківських та материнських сувоїв вирізаються і міняються місцями певні ділянки, не зважаючи на те, що на них написано.

У назві цієї книги слово «ген» означає не певний цистрон, а щось більш витончене. Мое визначення сподобається не всім, але загально визнаної характеристики гена не існує. Навіть якби й була, жодне визначення не є непорушним. Ми можемо визначати те чи інше слово на власний розсуд, але за умови, що робитимемо це чітко й однозначно. Визначення, що його хочу навести я, належить Дж. К. Вільямсові [10 – Точні слова Вільямса в книзі «Адаптація та природний добір» є такими: Я використовую термін «ген» у значенні «те, що розділяється та рекомбінує з істотною частотою»...Ген можна визначити як будь-яку спадкову інформацію, для якої існує сприятливе або несприятливе зміщення добору, що від кількох до багатьох разів перевищує швидкість її внутрішньої зміни. Сьогодні книга Вільямса зазвичай (причому заслужено) вважається класичною і користується повагою і «соціобіологів», і критиків соціобіології. Гадаю, цілком зрозуміло, що Вільямс ніколи не вважав, що обстоє в своєму «генному селекціонізмі» щось нове чи революційне, як не робив цього і я в 1976 році. Ми обидва вважали, що просто заново стверджуємо фундаментальний принцип Фішера, Холдейна та Райта – батьків-засновників «неодарвінізму» 1930-х. Тим не менш, мабуть, через наші безкомпромісні висловлювання, дехто, зокрема сам Сьюелл Райт, не згоджувався з нашим поглядом, що «одиницею добору є ген». Основний їхній аргумент полягав у тому, що природний добір розрізняє організми, а не гени всередині них. Моя відповідь на зауваження Райта та інших представлена в книзі «Розширений фенотип». Найсвіжіші думки Вільямса щодо гена як одиниці добору, викладені в його статті «Захист редукаціонізму в еволюційній біології», і вони, як завжди, гострі. Деякі філософи, наприклад, Д. Л. Галл, К. Стерельни та П. Кітчер, а також М. Гампе та С. Р. Морган, теж нещодавно зробили корисний внесок у з'ясування питання «одиниць добору». На жаль, є й інші філософи, які все переплутали.]. Ген визначається як будь-яка частина хромосомного матеріалу, що потенційно зберігається достатньою кількістю поколінь, щоби стати одиницею природного

добору. В попередньому розділі ген називався реплікатором з високою точністю копіювання. Точність копіювання є синонімом довговічності у формі копій, і я називатиму це просто довговічністю. Така дефініція потребує певного обґрунтування.

Яким би не було визначення, ген має становити собою ділянку хромосоми. Річ лише в тім, наскільки вона велика – скільки сувою займає? Уявіть довільну послідовність сусідніх кодових літер на сувої. Назвімо цю послідовність генетичною одиницею. Це може бути послідовність лише з десяти літер всередині одного цистрона, з восьми цистронів, може починатися й закінчуватися у межах цистрона. Вона накладатиметься на інші генетичні одиниці, включатиме менші одиниці, а також формуватиме частину більшої одиниці. Неважливо, яка вона – довга або коротка, для цієї книги вона є тим, що ми називаємо генетичною одиницею. Це лише ділянка хромосоми, жодним чином фізично не відділена від решти хромосоми.

А тепер дещо важливе. Чим коротша генетична одиниця, тим довше – протягом поколінь – вона має шанси прожити. Зокрема, існує менша вірогідність бути розщепленою якимось кросинговером. Вважаймо, що вся хромосома в середньому зазнає одного кросинговеру при кожному утворенні сперматозоїда або яйцеклітини через мейотичний поділ, і цей кросинговер може відбуватися на будь-якій її ділянці. Якщо ми візьмемо дуже велику генетичну одиницю, скажімо, десть як половина довжини хромосоми, то існує 50-відсоткова вірогідність розщеплення цієї одиниці при кожному мейозі. Якщо ж генетична одиниця, що її ми маємо на увазі, складає лише один відсоток від довжини хромосоми, то можна вважати, що вона має лише 1-відсоткову вірогідність розщеплення під час будь-якого мейотичного поділу. Тобто, що очікуватимемо виживання цієї одиниці протягом великої кількості поколінь нащадків індивіда. Один цистрон, швидше за все, складає значно менше за один відсоток довжини хромосоми. Навіть від групи з кількох сусідніх цистронів варто сподіватися виживання протягом багатьох поколінь, перш ніж вона буде розщеплена кросинговером.

Середню тривалість життя генетичної одиниці зручно подати у поколіннях, що їх, зі свого боку, можна перевести в роки. Якщо ми візьмемо за свою умовну генетичну одиницю всю хромосому, її життя триватиме протягом лише одного покоління. Уявімо, що це ваша хромосома 8a, успадкована від вашого батька. Вона з'явилась усередині одного з його ячок невдовзі перед вашим зачаттям. До того, протягом усієї історії світу, її ніколи не існувало. Вона була створена процесом мейотичного перетасування, злиттям ділянок хромосоми від вашої бабусі з боку батька та вашого дідуся з цього ж боку і розташована всередині певного конкретного сперматозоїда. Тобто, вона унікальна. Цей сперматозоїд – один із кількох мільйонів, частина величезної армади крихітних суден, що усі разом запливли до вашої матері. Цей конкретний сперматозоїд (за умови, що у вас нема двояйцевого близнюка) один з усієї флотилії знайшов гавань в одній з яйцеклітин вашої матері – ось через що ви існуєте. Генетична одиниця, про яку мова, – ваша хромосома 8a, починає реплікуватися разом з усією рештою вашого генетичного матеріалу. Тепер вона існує в дуплікованій формі у всьому вашому організмі. Але, коли ви захочете мати дітей, ця хромосома буде розщеплена при виробництві яйцеклітин (або сперматозоїдів). Її частинки перемішаються з частинками вашої материнської хромосоми 8b. В будь-якій статевій клітині буде створена нова хромосома 8. Можливо, вона стане «кращою» за стару, а, може, й «гіршою», але, якщо не брати до уваги доволі малоімовірні збіги,

очевидно іншою, унікальною. Таким чином, тривалість життя хромосоми складає одне покоління.

А як щодо тривалості життя меншої генетичної одиниці, скажімо, 1?100 довжини вашої хромосоми 8a? Ця одиниця теж походить від вашого батька, але, вірогідно, була створена не в його організмі. Згідно з нашими попередніми роздумами, є 99-відсоткова вірогідність, що він отримав її саме таку від одного зі своїх батьків. Уявімо, що це була його мати, ваша бабуся з боку батька. Отже, знову є 99-відсоткова вірогідність, що вона успадкувала цю одиницю від одного зі своїх батьків. Якщо простежити за походженням будь-якої малої генетичної одиниці аж до її початків, ми врешті натрапимо на її безпосереднього творця. На якомусь певному етапі вона колись була створена всередині яєчка чи яєчника одного з ваших предків.

Дозвольте зайвий раз нагадати, що я використовую слово «створити» у досить специфічному значенні. Менші субодиниці, що складають генетичну одиницю, про яку йде мова, могли існувати вже давно. Наша ж генетична одиниця була створена в певний час саме в тому сенсі, що конкретної схеми субодиниць, які її визначають, досі не існувало. Саме створення могло статися достатньо нещодавно, скажімо, в одного з ваших дідусів. Але якщо ми говоримо про дуже малу генетичну одиницю, вона могла з'явитися у значно давнішого предка, можливо, мавпоподібного, що навіть ще не став людиною. Щобільше, ця мала генетична одиниця всередині вас здатна так само довго проіснувати ще в майбутньому, пройшовши неушкодженою крізь довгий перелік ваших нащадків.

Пам'ятайте також, що нащадки будь-якого індивіда складають не пряму лінію, а розгалужену. Хто б із ваших предків не «створив» конкретну коротку ділянку хромосоми 8a, він чи вона вірогідно мали ще нащадків, окрім вас. Одна з ваших генетичних одиниць може виявитися також у вашого троюрідного брата. Вона може бути у мене, у президента, у вашого собаки, адже ми всі маємо далеких спільних предків, якщо добряче пошукати. Крім того, така сама одиниця могла випадково скомпонуватись незалежним чином кілька разів: з малими одиницями збіг трапляється часто. Але навіть ваш близький родич навряд чи має цілу хромосому, що цілковито ідентична вашій. Чим менша генетична одиниця, тим імовірніше, що її матиме також інша людина. Отже, чимало шансів на те, що вона виникне у вигляді численних копій.

Випадкове об'єднання вже існуючих субодиниць завдяки кросинговеру є звичним способом формування нової генетичної одиниці. Інший спосіб, хоч і вкрай рідкісний, але вельми важливий для еволюції, називається точковою мутацією. По суті, мова йде про помилку, десь так, як неправильно надрукована літера в книзі. Трапляється вона рідко, але, вочевидь, чим довша генетична одиниця, тим більше шансів на те, що вона буде змінена мутацією.

Інший рідкісний вид помилки або мутації, що має важливі довготривалі наслідки, називається інверсією. Частинка хромосоми відділяється від неї з обох боків, обертається у протилежному напрямку та знову стає на місце в такому вигляді. Якщо продовжити колишню аналогію, відбувається певна зміна нумерації сторінок у книзі. Іноді частинки не просто інвертують, а знову приєднуються до хромосоми в якомусь іншому місці або навіть до іншої хромосоми. Це наче перенесення певних сторінок тексту з однієї книги до

іншої. Важливість такої помилки полягає в тому, що попри свою катастрофічність, іноді вона призводить до щільного зчеплення частинок генетичного матеріалу, що здатні добре працювати разом. Уявіть, що за рахунок інверсії будуть наближені між собою два цистрони, що мають позитивний вплив лише за одночасної присутності, бо певним чином доповнюють або підсилюють один одного. Тоді природний добір може схилитися на користь сформованої таким чином нової «генетичної одиниці», і вона пошириться в майбутній популяції. Цілком можливо, що комплекси генів роками десь саме так потужно перебудовувались або, за нашою аналогією, «редагувались».

Один із найяскравіших прикладів цього процесу стосується явища, відомого як мімікрія. Деякі метелики огидні на смак. Зазвичай вони мають яскраве й добре помітне забарвлення, що його птахи сприймають як попередження і уникають їсти таких метеликів. Цим користуються інші види метеликів, що не мають огидного смаку. Вони імітують несмачних, від самого народження нагадуючи їх забарвленням та формою (але не смаком), через що вводять в оману навіть натуралістів, не лише птахів. Птах, що хоч раз скуштував несмачного метелика, схильний уникати всіх комах, що виглядають так само. Це стосується й імітаторів, а тому гени мімікрії легко проходять природний добір. Саме так відбувається еволюція мімікрії.

Існує багато різних видів огидних на смак метеликів, і вони не всі схожі між собою. Імітатор не може нагадувати їх усіх: він має пристосуватися до якогось одного несмачного виду. Загалом будь-який конкретний вид імітатора спеціалізується на вдаванні одного конкретного несмачного виду. Але є й такі види імітаторів, що вдаються до чогось більш дивного: деякі окремі представники певного виду імітують один несмачний вид, а інші – якийсь інший. Якийсь проміжний вид або той, що намагався б імітувати обидва, дуже скоро б з'їли, але такі проміжні види ніколи не народжуються. Так само, як індивіди однозначно визначаються за статтю, метелики імітують якийсь один несмачний вид. Хоча один метелик може імітувати вид А, тоді як його рідний брат імітуватиме вид В.

Схоже, що те, який саме вид імітуватиметься, визначає один-однісінький ген. Але як він визначає всі різнобічні аспекти мімікрії – колір, форму, схему плям, ритм польоту? Відповідь полягає в тому, що один ген у розумінні цистрона, мабуть, на це не здатен. Але через несвідоме і автоматичне «редагування», що досягається завдяки інверсії та іншим випадковим перетасуванням генетичного матеріалу, великий кластер колись окремих генів збирається разом у хромосомі в пов'язану між собою групу. Весь цей кластер поводить себе як один ген (по суті, за нашим визначенням, він і є тепер одним геном), до того ж має «капель», що ним насправді є інший кластер. Один кластер містить цистрони, пов'язані з імітацією виду А; інший – пов'язані з імітацією виду В. Кожен кластер настільки рідко розщеплюється кросинговером, що проміжного метелика ви в природі не побачите, хоча при розведенні великої кількості метеликів в лабораторії він трапляється доволі часто.

Я використовую слово «ген» в розумінні генетичної одиниці, що є достатньо малою для існування протягом великої кількості поколінь та широкого розповсюдження у формі багатьох копій. Це визначення не є застиглим і незмінним. Навпаки, воно доволі непевне, наче слова «великий» чи «старий». Чим більша вірогідність того, що хромосома буде розщеплена кросинговером

або змінена певними мутаціями, тим менше вона має підстави називатися геном у тому сенсі, в якому я використовую цей термін. Вочевидь, на це заслуговує цистрон, але й більші одиниці також. Десяток цистронів можуть розташовуватись у хромосомі настільки близько один до одного, що нам вони видаються спільною тривкою генетичною одиницею. Хорошим прикладом є кластер, відповідальний за мімікрію в метеликів. Коли цистрони виходять з одного організму та потрапляють в інший, коли сідають на сперматозоїд чи яйцеклітину для подорожі в наступне покоління, тоді можуть виявити на своєму маленькому човнику своїх близьких сусідів із минулої мандрівки, старих товаришів, з якими вони колись здійснили довгу одісею з організмів далеких предків. Сусідні цистрони у тій самій хромосомі утворюють щільно пов'язане між собою товариство попутників, що вкрай рідко не піднімуться разом на той самий корабель у час мейозу.

Для більшої точності цю книгу слід було б назвати навіть не «Егоїстичний цистрон» чи «Егоїстична хромосома», а «Дещо егоїстична велика ділянка хромосоми та значно егоїстичніша мала ділянка хромосоми». Але така назва не видається вдалою, тому, визначаючи ген як малу ділянку хромосоми, що здатна існувати протягом багатьох поколінь, я й назвав свою книгу «Егоїстичний ген».

Ось ми й опинилися там, де зупинилися у кінці 1-го розділу. Саме там ми пересвідчилися, що егоїзму слід очікувати від будь-якої істоти, що називається основною одиницею природного добору. Ми побачили, що одиницею природного добору вважають або вид, або популяцію чи певну групу всередині виду, або індивід. Я вже казав, що саме ген визнаю фундаментальною одиницею природного добору, а отже, й фундаментальною одиницею егоїзму. До того ж я сформулював таке визначення гена, щоби мати цілковиту рацію!

У своєму найбільш загальному розумінні природний добір означає диференційне виживання об'єктів. Одні з них живуть, а інші помирають. Для того, щоби ця вибіркова смерть не була марною, мають бути дотримані додаткові умови. Кожен об'єкт існує у формі багатьох копій, і принаймні деякі з цих об'єктів потенційно здатні вижити – як копії – протягом значного періоду еволюційного часу. Дрібні генетичні одиниці мають ці властивості, а індивіди, групи та види – ні. Великим досягненням Грегора Менделя була демонстрація того, що спадкові одиниці можна на практиці розглядати як неподільні та незалежні частинки. Сьогодні ми знаємо, що все виглядає не так просто. Навіть цистрон вряди-годи зазнає поділу, а будь-які два гени однієї хромосоми не є цілковито незалежними. Я вважаю ген одиницею, що значно наближається до ідеалу неподільної частинки. Ген не є неподільним, але ділиться рідко. Він або очевидно присутній, або очевидно відсутній в організмі якогось певного індивіда. Ген неушкодженим подорожує від діда до онука, проходячи крізь проміжні покоління без злиття з іншими генами. Якби гени безперервно поєднувалися між собою, природний добір таким, як він сьогодні є, був би неможливий. До речі, це було доведено ще за Дарвіна і змусило його вкрай непокоїтися, бо тоді вважали, що спадковість становить собою процес змішування. Мендель уже був надрукував своє відкриття, і воно могло б заспокоїти Дарвіна. Але, на жаль, Дарвін про нього не довідався. Виглядає так, що цю роботу прочитали вже через багато років після смерті обох учених. Мендель, можливо, сам не збагнув значення своїх відкриттів, інакше написав би про них Дарвіну.

Інша особливість гена полягає в тому, що він не старіє; у віці кількох мільйонів років ген помирає анітрохи не частіше, ніж у віці кількох сотень. Він переходить від одного смертного організму до іншого протягом поколінь, маніпулюючи ними на власний розсуд і заради власних намірів, і полишаючи їх, доки вони не зістаріли й не померли.

Гени безсмертні, або, що точніше, вони визначаються як генетичні сутності, що майже заслуговують на таку характеристику. Ми, індивідуальні машини для виживання у світі, можемо розраховувати прожити ще кілька десятиліть. А от тривалість життя генів має вимірюватися не десятками, а тисячами й мільйонами років.

У видів, що розмножуються статевим шляхом, індивід є надто великою і тимчасовою генетичною одиницею, щоби вважати її важливою одиницею природного добору [11 – Відтак за Вільямсом, розмірковуючи про те, що окремий організм не може відігравати ролі реплікатора в природному доборі, я зосередився на фрагментуючих ефектах мейозу. Тепер я бачу, що це була лише половина історії. Інша половина викладена в книзі «Розширений фенотип», а також у моїй статті «Реплікатори та носії». Якби вся справа була у фрагментуючих ефектах мейозу, то організм із нестатевим розмноженням, на кшталт самиці паличника, був би справжнім реплікатором (певним чином. як величезний геном). Але якщо паличник якимось змінюється – скажімо, втрачає ніжку – ця переміна не передається майбутнім поколінням. Чи йдеться про статеве розмноження чи нестатеве, майбутнім поколінням передаються лише гени. Тому справжніми реплікаторами є саме гени. Що стосується самиці паличника з нестатевим розмноженням реплікатором є весь геном (набір усіх її генів). Сам паличник таким не є. Організм паличника не виливають з форми як репліку організму попереднього покоління. В будь-якому конкретному поколінні організм заново виростає з яйця під керівництвом його генома, що саме є реплікою генома попереднього покоління. Усі друковані копії цієї книги виглядатимуть абсолютно однаково. Вони будуть репліками, але не реплікаторами. Вони будуть репліками не тому, що копіюють одна одну, а тому, що всі копіюють ті самі друкарські форми. Вони не утворюють родовід копій, де одні книги є предками інших. Родовід копій існував би, якби ми відксерили певну сторінку книги, потім відксерили ксерокопію, тоді відксерили ксерокопію ксерокопії і т. д. У такому родоводі сторінок справді виникли би відносини між предками та нащадками. Однак якийсь новий дефект, що з'явився би десь посеред серії, став би спільним для нащадків, але аж ніяк не для предків. Серія предків та нащадків такого типу має потенціал для еволюції. На перший погляд, послідовні покоління організмів паличника, здається, складають певний родовід реплік. Але якщо експериментально змінити хоча б одну ланку цього родоходу (наприклад, відірвати ніжку), ця зміна не передається наступним поколінням. Натомість, якщо експериментально змінити одну ланку родоходу геномів (наприклад, рентгенівським опроміненням), ця зміна передається наступним поколінням. Саме це, а не фрагментуючі ефекти мейозу, стають основною підставою вважати, що окремий організм не є «одиницею добору» – не справжній реплікатор. Це один із найважливіших наслідків усіма визнаного факту, що ламарківська теорія спадковості є хибною.]. Група індивідів є ще більшою одиницею. З погляду генетики, певні організми і групи схожі на хмари в небі або пилові бурі в пустелі. Вони є тимчасовими скупченнями або об'єднаннями і не лишаються стабільними в процесі еволюції. Популяції можуть існувати довго, однак вони постійно змішуються з іншими популяціями, а тому поступово втрачають свою ідентичність і

зазнають еволюційної зміни зсередини. Популяція не є достатньо дискретною сутністю, щоби бути одиницею природного добору. Вона неналежно стабільна й унітарна, щоб «добирати» її з інших популяцій.

Певний організм виглядає достатньо дискретним на час свого існування, але, на жаль, чи довго воно триває? Та й ще кожен індивід унікальний. Еволюція за таких умов не відбудеться, бо не можна провести добір між об'єктами, що існують в одному екземплярі! Статеве розмноження – аж ніяк не реплікація. Не лише популяція занечищена іншими популяціями, а й потомство індивіда засмічене його статевим партнером. Ваші діти вами є лише наполовину, ваші онуки є вами лише на чверть. Через кілька поколінь щонайбільше, на що ви можете сподіватися, це велика кількість нащадків, кожен з яких матиме лише крихітну часточку вас (декілька генів), хоч і носитиме ваше прізвище.

Індивіди не є чимось постійним, вони минущі. Хромосоми теж ідуть у забуття, неначе карти після відбою. Але при тасуванні картам нічого не стається. Карти – це гени. Гени не знищуються кросинговером, вони лише змінюють партнерів і рухаються далі. Ще й як рухаються! Бо це їхня робота. Вони – реплікатори, а ми – їхні машини для виживання. Коли ми виконаємо свій обов'язок, нас лишать. Але гени невід'ємні від геологічного часу: вони вічні.

Гени вічні, наче діаманти, але дещо інакше. Окремий кристал діаманта існує як незмінна структура атомів, а молекули ДНК такими не є. Життя будь-якої фізичної молекули ДНК доволі коротке – десь кілька місяців і аж ніяк не більше за життя людини. Але життя молекули ДНК теоретично може тривати у своїх копіях протягом сотень мільйонів років. До того ж, як і давні реплікатори в первісному бульйоні, копії конкретного гена можуть поширюватися по всьому світі. Різниця полягає в тому, що всі сучасні версії охайно запаковані в організми машин для виживання.

Отже, потенційна практично безсмертність гена у формі копій є його визначальною особливістю. Для певних потреб доречно визначати ген як окремих цистрон, але з погляду еволюційної теорії це визначення потрібно поглибити. Це занурення залежить від мети визначення. Ми хочемо знайти практичну одиницю природного добору. Задля цього ми спершу ідентифікуємо властивості, що їх повинна мати успішна одиниця природного добору. У попередньому розділі мова йшла про довговічність, поширеність, а також точність копіювання. Згодом ми лише визначаємо ген як найбільшу сутність, що (принаймні, потенційно) має ці властивості. Ген є довговічним реплікатором, що існує у формі багатьох дуплікованих копій. Він не є безмежно довговічним. Та й діамант не є абсолютно вічним і цистрон може бути розщепленим надвое кросинговером. Ген визначається як ділянка хромосоми, достатньо коротка, щоби він існував, потенційно, достатньо довго для функціонування як важлива одиниця природного добору.

Але скільки це «достатньо довго»? Певної і швидкої відповіді немає. Це залежатиме від сили «тиску» природного добору. Тобто, від того, наскільки більша вірогідність загибелі «поганої» генетичної одиниці, а не її «хорошого» алеля. Це питання кількісної характеристики, що варіюватиметься від прикладу до прикладу. Найбільша практична одиниця природного добору – ген – зазвичай буде знаходитись десь посередині між цистроном та хромосомою.

Його потенційне безсмертя робить ген придатним кандидатом на провідну одиницю природного добору. Але спершу розгляньмо слово «потенційне». Ген може жити мільйони років, але багато нових генів не живуть довше за своє перше покоління. Лише деяким це вдається, почасти через щасливий збіг обставин, але переважно завдяки потрібним умінням, що передбачає створення машин для виживання. Вони впливають на ембріональний розвиток усіх подальших організмів, в яких опиняються, завдяки цьому організм отримує більше шансів на виживання і розмноження, ніж під впливом конкурентного гена (алеля). Наприклад, «хороший» ген може забезпечити своє виживання, наділяючи організми довгими ногами, що дають можливість цим організмам утекти від хижаків. Це конкретний приклад, а не якийсь універсальний. Бо довгі ноги, зрештою, це не завжди добре. Кротові вони б лише заважали. Замість того, щоби грузнути в деталях, чи не краще поміркувати про якісь універсальні властивості, що їх можна було б очікувати від усіх хороших (тобто, довговічних) генів? І навпаки, які властивості чітко визначають ген як «поганий», недовговічний? Може існувати декілька таких універсальних властивостей, але є одна, що має особливий стосунок до цієї книги: на генному рівні альтруїзм має бути поганим, а егоїзм – добрим. Це невблаганно впливає з нашого визначення альтруїзму та егоїзму. Гени безпосередньо конкурують за виживання зі своїми алелями, оскільки ті прагнуть посісти в генофонді їхнє місце у хромосомах майбутніх поколінь. Будь-який ген, що поводить ся таким чином для збільшення власних шансів вижити в генофонді за рахунок своїх алелів, за визначенням (тавтологія) прагнутиме вижити. Ген є провідною одиницею егоїзму.

От ми й з'ясували суть цього розділу. Але лишилося розглянути деякі складні моменти та приховані припущення. Про перший складний момент я вже побіжно згадував. Якими б незалежними і вільними не були гени у своїй мандрівці крізь покоління, вони аж ніяк не є вільними та незалежними агентами контролю ембріонального розвитку. Вони заплутано і вкрай непросто співпрацюють та взаємодіють не лише між собою, але й зі своїм зовнішнім середовищем. Вирази на зразок «ген довгих ніг» або «ген альтруїстичної поведінки» є зручними фігурами мови, але важливо пам'ятати, що вони означають. Не існує такого гена, що сам-один створює ногу, довгу чи коротку. Створення ноги є кооперативним підприємством, де задіяно багато генів. Впливи зовнішнього середовища також необхідні: зрештою, ноги створюються з їжі! Проте цілком може виявитися один такий ген, що за інших однакових умов здатен зробити ноги довгими, ніж вони були би під впливом його алеля.

Для аналогії візьмемо вплив добрива, наприклад, селітри, на ріст пшениці. Всі знають, що завдяки селітрі пшениця росте краще, ніж без неї. Але ніхто не наважиться стверджувати, що селітра самотужки спроможна створити пшеницю. Вочевидь, необхідні також насіння, ґрунт, сонце, вода та різноманітні мінерали. Та навіть якщо всі ці фактори незмінні (хай із варіаціями в певних межах), додавання селітри покращує ріст пшениці. Те саме бачимо, коли розглянемо вплив певних генів на розвиток ембріона. Ембріональний розвиток контролюється настільки складною мережею відносин, що краще не ламати над ним голову. І жоден фактор генетики чи середовища не можна вважати єдиною «причиною» розвитку будь-якої частини тіла немовляти. Всі ці частини мають майже нескінченну кількість першопричин. Але відмінності між немовлятами, наприклад, у довжині ніг, можна легко віднести до однієї чи декількох простих попередніх відмінностей в умовах середовища чи в генах. Саме відмінності мають значення в конкурентній

боротьбі за виживання, а для еволюції мають значення генетично контрольовані відмінності.

Для гена саме алелі є його найзапеклішими конкурентами, а інші гени є лише частиною середовища, що аналогічна до температури, їжі, хижаків або партнерів. Вплив гена залежить від його середовища, а в нього залучені інші гени. Іноді ген виявляє свій певний вплив, бо поруч саме цей ген, і абсолютно інакше реагуватиме, якщо існує інший набір супутніх генів. Весь набір генів в організмі створює певний генетичний клімат або тло, що змінює і впливає на результати дії будь-якого конкретного гена.

Виглядає на те, що перед нами постає парадокс. Якщо створення немовляти є аж таким складним кооперативним підприємством, де кожен ген потребує кілька тисяч супутніх генів для виконання свого завдання, яким чином це узгоджується з моїм уявленням неподільних генів, що, наче безсмертні сарни, перестрибують з організму в організм крізь віки: вільних, невідчужуваних і користолюбних чинників життя? Невже так уявляти було дурницею? Аж ніяк. Можливо, я й зайшов трохи задалеко, але жодних дурниць не говорив і ніякого парадоксу насправді не існує. Це можна підтвердити за допомогою іншої аналогії.

Один весляр самотужки не здатен виграти змагання з веслування між Оксфордом і Кембриджем. Для цього він потребує вісім колег. Кожен із них має свою спеціалізацію і завжди сидить у конкретній частині човна – на носі, кормі чи посередині. Веслування – справа колективна, але деякі спортсмени можуть бути кращими за інших. Уявімо, що тренер має набрати ідеальну команду з багатьох кандидатів, деякі з яких спеціалізуються на носовій позиції, інші – на кормовій тощо. І він відбиратиме так: кожного дня зводитиме разом три нові команди, що пробують свої сили, довільно перетасовуючи кандидатів на кожну позицію, та наказуватиме цим трьом командам змагатися одна з одною. Через кілька тижнів він з'ясує, що до команд-переможців дуже часто потрапляють ті самі спортсмени. Отже, він має справу з чудовими веслярами. Інші кандидати щоразу опинятимуться у повільніших командах, і їм зрештою відмовлять. Але навіть найкращий весляр може виявитися членом повільної команди або через низький рівень інших, або через несприятливі обставини – скажімо, сильний зустрічний вітер. Найкращі спортсмени опиняються в човні-переможці таки не завжди.

Веслярі – це гени. Конкуренти за кожну позицію в човні – це алелі, потенційно здатні посісти те саме місце уздовж хромосоми. Веслування легко зіставляється зі створенням організму, здатного вижити. А вітер – це зовнішнє середовище. А от велика кількість альтернативних кандидатів – генофонд. Коли мова йде про виживання певного організму, всі його гени перебувають в одному човні. Багато хороших генів потрапляють до поганого товариства, згодом з'ясувавши, що ділять організм зі смертельним геном, що руйнує цей організм іще в дитинстві. Так хороший ген буде знищений разом із рештою. Але йдеться лише про один організм, а репліки того самого хорошого гена живуть також в інших організмах, де смертельного гена нема. Відтак багато копій хороших генів зникають через дію руйнівних генів, інші гинуть через прикрі несподіванки, наприклад, в організм, де вони перебувають, влучає блискавка. Але несподіванки, щасливі чи нещасливі, стаються випадково, а ген, що постійно опиняється на боці переможених, не лише нещасливий – це таки поганий ген.

Однією з властивостей хорошого весляра є талант до командної роботи, здатність пристосуватися до співробітництва з рештою команди. Цей хист може бути не менш важливим за сильні м'язи. Як ми пересвідчилися з метеликами, природний добір може несвідомо «редагувати» генний комплекс завдяки інверсії та іншим значним рухам ділянок хромосоми, таким чином зводячи гени, що чудово співпрацюють разом, у щільно сполучувані групи. Та існує також інше рішення для того, аби гени, фізично не пов'язані між собою жодним чином, добирати за взаємною сумісністю. Якщо ген добре співпрацює з більшістю генів, що частіше трапляються в подальших організмах, тобто рештою генофонду, він матиме перевагу.

Наприклад, для ефективного хижака бажано мати певні характеристики, до яких належать гострі різці, пристосований для перетравлення м'яса кишківник тощо. А от ефективний травоїдний потребує плоских жувальних зубів і значно довшого кишківника з іншою хімією перетравлення. В генофонді травоїдних будь-який новий ген, що приніс би своїм носіям гострі м'ясоїдні зуби, не був би особливо успішним. І не лише тому, що поїдання м'яса є загалом поганою ідеєю, а через те, що не можна ефективно харчуватися м'ясом, не маючи також належного кишківника та всіх інших властивостей хижаків. Гени гострих м'ясоїдних зубів аж ніяк не є поганими. Вони недоречні лише для генофонду, де домінують гени травоїдного способу життя.

Це напрочуд делікатна і складна ідея. Вона складна тому, що «середовище» гена переважно складається з інших генів, кожен з яких добирається з огляду на здатність до співпраці з його середовищем, що складається з інших генів. Використаємо аналогію, спроможну розтлумачити цей важливий момент, що береться не з повсякденного досвіду. Вона з людської «теорії гри», представленої у 5-му розділі, де йдеться про агресивне суперництво між деякими тваринами. Тому я відсуну розгляд цього моменту аж до потрібного розділу і натомість вертаюся до головної думки саме цього розділу. Вона в тому, що основною одиницею природного добору краще за все вважати не вид, популяцію чи індивід, а маленьку одиницю генетичного матеріалу, що її зручно називати геном. Наріжним каменем цього аргументу, про що вже йшла мова, було припущення про його потенційне безсмертя, а от індивіди і решта вищих одиниць є минулими. Це припущення спирається на дві підвалини: факт статевого розмноження і кросинговеру, а ще смертності індивідів. Вони є безсумнівними. Однак варто поставити запитання, чому вони безсумнівні. Чому ми й більшість інших машин для виживання практикують статеве розмноження? Чому наші хромосоми підпадають під кросинговер? Зрештою, чому ми не живемо вічно?

З'ясування того, чому ми помираємо від старості, є доволі складним, а його деталі виходять за межі цієї книги. Крім конкретних причин помирання існують декілька більш загальних. Наприклад, згідно з однією теорією, згасання від старості стається через накопичення згубних помилок копіювання, а також інших видів пошкодження генів, що відбуваються протягом життя індивіда. Інша теорія, яка належить серові Пітеру Медавару, є яскравим прикладом еволюційного мислення з допомогою термінів генного добору [12 – Я вже отримав на горіхи (звісно, не від самого Вільямса і навіть не з його відома) за те, що приписав цю теорію старіння П. Б. Медавару, а не Дж. К. Вільямсу. Це правда, що багато біологів, особливо в Америці, дізналися про цю теорію переважно з роботи Вільямса 1957 року «Плейотропія, природний добір та еволюція старіння». Правда і те, що

Вільямс удосконалив теорію, лишивши позаду Медавара. Тим не менш, на мою думку, саме Медавар виклав суть цієї ідеї у своїх книгах «Невирішена проблема в біології» 1952-го та «Унікальність індивіда» 1957-го. Мушу додати, що вважаю розвиток цієї теорії, що до нього доклався Вільямс, дуже корисним, оскільки він розробляє необхідний етап у міркуваннях (важливість «плейотропії», або множинних ефектів гена), на якому Медавар не надто наголошує. Пізніше В. Д. Гамільтон зайшов у цій теорії ще далі в своїй статті «Формування старіння шляхом природного добору». До речі, я отримав багато цікавих листів від лікарів, але жоден, здається, не прокоментував мої здогади про «обдурювання» генів щодо віку організму, в якому вони перебувають (с. 86-87). Ця ідея все ще не бентежить мене як явно нерозумна, а якби вона була правильною, то чи не становила б значний інтерес для медицини?]. Перш за все, Медавар відмовляється від традиційних аргументів, таких як: «Смерть літніх індивідів є актом альтруїзму стосовно решти виду, бо, якби вони лишалися, уже надто немічні для розмноження, то б захарашували світ без жодної доброї мети». Медавар наголошує, що такі аргументи водять нас за носа, бо змушують перейматися, чи старі тварини не занадто немічні для розмноження. Також це пояснення наївне щодо групового чи видового добору, хоча його й можна сформулювати більш поважно. Власне, теорія Медавара пропонує блискучу аргументацію. Ми можемо підійти до неї таким чином.

Ми вже порушували тему найбільш загальних властивостей «хорошого» гена і вирішили, що однією з них є «егоїзм». Але іншою властивістю, що нею володіють успішні гени, є тенденція відтерміновувати смерть своїх машин для виживання, принаймні поки не відбудеться розмноження. Певна річ, деякі ваші кузени і двоюрідні дідусі померли в дитинстві, але ж ніхто з ваших предків. Предки не помирають дітьми!

Ген, що змушує своїх власників помирати, називається летальним. Напівлетальний ген має певний виснажливий вплив, збільшуючи вірогідність смерті від інших причин. Будь-який ген виявляє свій максимальний вплив на організми на певному етапі життя, тому летальні чи напівлетальні не є винятками. Вплив більшості генів відбувається під час ембріонального розвитку, а інші – в дитинстві, юності, зрілості чи літньому віці. (Зверніть увагу, що гусінь та метелик, на якого вона перетворюється, мають однаковий набір генів.) Очевидно, що летальні гени мають тенденцію видалятися з генофонду. Але не менш очевидно, що летальні гени пізньої дії в генофонді більш стабільні, ніж ранньої дії. Ген, що є летальним у старшому організмі, однак може бути успішним у генофонді за умови, що його летальний вплив не виявлятиметься, доки цей організм хоч якось не розмножиться. Наприклад, ген, завдяки якому в старих організмах розвинеться рак, може бути переданий численним нащадкам, бо індивіди розмножуватимуться до того, як захворіють на рак. А от ген, через який на рак хворіють молоді організми, не передаватиметься великій кількості нащадків; а ген, через який на рак хворіють діти, не передаватиметься взагалі нікому. Отже, згідно з такою теорією, старече згасання є лише побічним продуктом накопичення в генофонді летальних і напівлетальних генів пізньої дії, що їм надається можливість прослизнути крізь тенета природного добору лише тому, що вони починають діяти пізно.

Медавар сам акцентує на тому аспекті, що добір сприяє тим генам, що відтерміновують дії летальних генів, а також тим, що прискорюють дії

хороших генів. Цілком можливо, що сама суть еволюції полягає в генетично контрольованих змінах часу початку активності генів.

Важливо зазначити, що ця теорія не потребує попередніх припущень того, що розмноження відбувається лише в певному віці. Беручи за основу твердження, що всі індивіди однаково вірогідно можуть мати дитину в будь-якому віці, теорія Медавара передбачає швидке накопичення в генофонді згубних генів пізньої дії, а тенденція до занепадання розмноження в старшому віці постає з як її вторинний наслідок.

А тепер невеличкий відступ. Однією з чудових властивостей цієї теорії є те, що вона спонукає нас на деякі цікаві роздуми. Наприклад, якби ми захотіли збільшити тривалість людського життя, для цього є два способи. По-перше, можна заборонити мати дітей, наприклад, до сорока років. Через декілька століть цей мінімальний віковий ценз збільшився б до п'ятдесяти років тощо. Тобто, завдяки таким маніпуляціям вдалося б суттєво, аж до кількох століть, продовжити людський вік. От тільки я не уявляю, хто б узявся запровадити таку політику.

По-друге, можна спробувати «обдурити» гени, запевнивши їх, що організм, в якому вони перебувають, молодший, ніж є насправді. На практиці це б означало визначити зміни внутрішнього хімічного середовища організму, що відбуваються під час старіння. Будь-яка з них може виявитись «ключем», що «запускає» летальні гени пізньої дії. Імітуючи загальні хімічні властивості молодого організму, можливо, вдалося б запобігти активізації згубних генів пізньої дії. Хоча самі хімічні сигнали старшого віку не обов'язково мають бути згубними в звичному сенсі. Уявімо, що, наприклад, речовина S раптом виявилася більше сконцентрованою в організмах старших індивідів, ніж молодих. Сама вона може бути доволі нешкідливою – якимось компонентом іжі, що з часом накопичується в організмі. Але будь-який ген, що виявляє згубний вплив у присутності S, але корисний в інших умовах, автоматично добиратиметься в генофонд і фактично стане геном смерті від старості. Зарадити цьому могло би саме вилучення S з організму.

Революційним у цій ідеї є розуміння, що речовина S є лише «ярликом» старості. Будь-який лікар, зауваживши, що високі концентрації S зазвичай призводять до смерті, сприйняв би S за різновид отрути і узявся б шукати зв'язок між нею і дисфункцією організму. Але в нашому гіпотетичному випадку він даремно змарнував би свій час!

Може також існувати певна речовина Y, «ярлик» молодості в тому сенсі, що більше сконцентрована в молодих організмах, ніж у старих. Тому може відбуватися добір генів, що виявлятимуть позитивний вплив за присутності Y і згубний за її відсутності. Не маючи жодної можливості визначити, що це за S або Y (таких речовин може бути чимало), ми здатні зробити лише загальне передбачення: що краще ми імітуватимемо в старому організмі властивості молодого, навіть дещо загальні на перший погляд, тоді цей літній організм довше житиме.

Нагадаю, що це лише роздуми, базовані на теорії Медавара. Хоча вона, зрештою, не позбавлена логіки, однак це не дає підстави вважати її універсальним поясненням будь-якого конкретного прикладу старечого згасання. Для нас зараз важливо те, що погляд на еволюцію з точки зору генного добору не має проблем із поясненням тенденції індивідів до смерті

в старому віці. В межах цієї теорії припущення про смертність індивідів, яке лежить в основі наших роздумів у цьому розділі, є виправданим.

Інше припущення, що його я лише ледь зачепив, про існування статевого розмноження і кросинговеру, пояснити складніше. Кросинговер відбувається не завжди. У самців дрозофіли його немає. Існує також ген, що пригнічує кросинговер у самиць дрозофіли. Якби ми збиралися вивести популяцію мух, де цей ген був би у всіх, основною неподільною одиницею природного добору стала би хромосома в «хромосомному фонді». Тобто, якщо вперто дотримуватися цього пояснення, одним «геном» слід було би вважати всю хромосому.

Зрештою, існують альтернативи і для статевого розмноження. Самиці попелиць можуть без участі самців давати живе потомство жіночої статі, кожен з яких матиме всі гени своєї матері. (До речі, ембріон у «клоні» матері може мати ще менший ембріон у власному лоні. Тому самиця попелиць здатна народити дочку та внучку одночасно, і обидві будуть еквівалентами її власним однойцевим близнюкам.) Багато рослин розмножуються вегетативно, випускаючи бічні пагони. Тоді нам краще говорити радше про ріст, а не розмноження; але, зрештою, різниця між ростом та нестатевим розмноженням незначна, позаяк обидва процеси відбуваються завдяки простому мітотичному поділові клітин. Іноді рослини, що виникли завдяки вегетативному розмноженню, від'єднуються від «батьків». В інших випадках, наприклад, береста, бічні пагони не від'єднуються. По суті, весь берестяк можна вважати єдиним індивідом.

Отже, питання постає таким чином: якщо попелиці та берести цього не роблять, чому решта з нас докладає значних зусиль для змішування своїх генів з генами когось іншого, щоби мати дитину? Це виглядає дещо дивним. Навіщо взагалі з'явилося статеве розмноження, це химерне відхилення від прямої реплікації? Що в ньому хорошого? [13 – З'ясування, що ж такого гарного є в статевому розмноженні, залишається все ще дражливим, навіть попри низку книг, що підбурюють уяву, особливо М. Т. Гізеліна, Дж. К. Вільямса, Дж. Мейнарда Сміта та Г. Белла, а також під редакцією Р. Мішо та Б. Левіна. Для мене найбільш захоплюючою новою ідеєю є теорія паразита авторства В. Д. Гамільтона, яку зрозумілою мовою виклали Джеремі Черфас та Джон Гріббін у книзі «Зайвий самець».]

Еволюціоністові відповісти на це запитання надзвичайно складно. Найбільш серйозні спроби запропонувати відповідь залучають непрості математичні розрахунки. Щиро кажучи, я хочу уникнути їх, розглянувши лише один момент. Річ у тім, що науковці, коли беруться пояснювати еволюцію статевого розмноження, дотримуються переконання, що індивід прагне максимізувати кількість своїх генів, здатних виживати. Із такого погляду статеве розмноження видається парадоксальним, бо є «неефективним» способом поширення генів індивіда: кожна дитина має лише 50 % його генів, бо інші 50 % надаються його статевим партнером. Якби самиця народжувала дітей як попелиця, вони були б її точними репліками і вона передавала би в організмі кожної дитини наступним поколінням 100 % своїх генів. Цей очевидний парадокс змусив деяких науковців визнати ідею групового добору, бо на груповому рівні переваги статевого розмноження зрозуміти значно легше. Влучно сказав про це В. Ф. Бодмер, що статеве розмноження «сприяє накопиченню в одному індивіді корисних мутацій, що виникають окремо у різних індивідів».

Проте цей парадокс виглядатиме менш неймовірним, якщо дотримуватися запропонованої аргументації книги і вважати індивід машиною для виживання, що її створила недовготривала конфедерація довготривалих генів. Тоді власне «ефективність» з погляду індивіда видаватиметься несуттєвою. Статеве або нестатеве розмноження розглядатиметься як ознака, що контролюється лише одним геном, так само як блакитні чи карі очі. Ген статевого розмноження маніпулює всіма іншими генами заради своїх власних егоїстичних цілей. Так само робить і ген кросинговеру. Є навіть гени (так звані мутатори), що маніпулюють рівнем помилок копіювання в інших генах. Помилка копіювання, як ми пересвідчилися, несприятлива для самого гена. Але якщо вона йде на користь егоїстичному мутатору, що її спричинює, цей мутатор може поширитись у генофонді. Так само і якщо кросинговер йде на користь гена кросинговеру, це є достатнім поясненням існування кросинговеру. І якщо статеве (на противагу нестатевому) розмноження йде на користь гена статевого розмноження, це є достатнім поясненням існування статевого розмноження. Чи дає воно користь усім іншим генам цього індивіда чи ні, не так важливо. Зрештою, з позиції егоїстичного гена статеве розмноження не є аж таким дивовижним явищем.

Такі міркування здатні завести до замкненого кола, бо саме існування статевого розмноження є передумовою для чималої кількості роздумів, що підштовхують до сприйняття гена як одиниці добору. На мою думку, у це коло можна не потрапити, але ця книга не є місцем для розгляду подібних питань. Статеве розмноження існує. Це доконаний факт. Саме внаслідок статевого розмноження і кросинговеру мала генетична одиниця (ген) може вважатись найбільш близькою до фундаментального, незалежного фактора еволюції.

Статеве розмноження – не єдиний очевидний парадокс, що виглядатиме дещо зрозумілішим за умови, що ми оберемо позицію егоїстичного гена. Наприклад, виявляється, що кількість ДНК в організмах є більшою, ніж їм потрібно: значна частина ДНК ніколи не перетворюється на білок. З позиції певного організму це виглядає дивовижним. Якщо «метою» ДНК є нагляд за створенням організмів, то дивною видаватиметься велика кількість ДНК, що цим не займається. Біологи сушать голови, намагаючись збагнути, яку корисну мету має ця буцімто зайва ДНК. Але з позиції самих егоїстичних генів жодного парадоксу не існує. Справжньою «метою» ДНК є саме лише виживання. Найпростіший спосіб пояснити зайву ДНК – це припустити, що вона є певним паразитом або, у найкращому разі, нешкідливим, хоч і непотрібним пасажиром, що їде автостопом у машині для виживання, створеній іншою ДНК [14 – Мое припущення, що надлишкова, нетрансльована ДНК може бути корисливим паразитом, було підхоплене та розвинене молекулярними біологами (див. статті Орджела та Кріка, а також Дулітла та Сапієнці) під гучною назвою «Егоїстична ДНК». С. Дж. Гулд у своїй книзі «Зуби курки та пальці коня» зробив провокативну (для мене!) заяву, що, незважаючи на історичні витoki ідеї егоїстичної ДНК, «теорії егоїстичних генів та егоїстичної ДНК ніяк не могли бути більш різними за структурами пояснення, що їх зростили». Я вважаю його міркування неправильними, але цікавими, що, до речі, (як він достатньо люб'язно мені повідомив) зазвичай збігається з його думкою про мої власні. Після преамбули про «редукціонізм» та «ієрархію» (яку я також, як завжди, вважаю неправильною, але цікавою), він продовжує: Частота егоїстичних генів Докінза зростає тому, що вони впливають на організми, допомагаючи в їхній боротьбі за існування. Частота егоїстичної ДНК зростає з діаметрально протилежної причини – тому, що вона

ніяк не впливає на організми...Я визнаю різницю, на якій наголошує Гулд, але не вважаю її фундаментальною. Навпаки, я все ще вважаю приклад егоїстичного ДНК особливим у теорії егоїстичного гена загалом – саме так ідея егоїстичної ДНК вперше й виникла. (На сторінці 237 цієї книги думка, що егоїстична ДНК є особливою ідеєю, мабуть, розписана ще краще, ніж в уривку зі сторінки 57, процитованому Дулітлом та Сапієнцем, а також Орджем та Кріком. Дулітл та Сапієнц, до речі, використовують у назві їхньої статті вислів «егоїстичні гени», а не «егоїстична ДНК».) Дозвольте мені відповісти Гулду такою аналогією. Частота генів, які забезпечують жовто-чорні смужки ос, зростає, бо подібне («попереджувальне») забарвлення потужно стимулює мозок інших тварин. Частота генів, які забезпечують жовто-чорні смужки тигрів, зростає «з діаметрально протилежної причини» – бо, в ідеалі, подібне (захисне) забарвлення взагалі не стимулює мозок інших тварин. Отже, тут існує різниця, приблизно аналогічна (на іншому ієрархічному рівні!) різниці Гулда, але це лише невелика розбіжність у деталях. Ми навряд чи станемо стверджувати, що ці два приклади «не могли бути більш різними за принципами пояснення, що їх зростили». Орджел та Крік абсолютно праві, коли проводять аналогію між егоїстичною ДНК та яйцями зозулі: адже ті уникають викриття завдяки тому, що виглядають достоту як яйця господаря гнізда. До речі, останнє видання «Оксфордського словника англійської мови» наводить нове значення слова «егоїстичний» «стосовно гена чи генетичного матеріалу: той, що прагне до увічнення або поширення, хоча не має впливу на фенотип». Це чудове стисле визначення терміна «егоїстична ДНК», причому в другому допоміжному прикладі саме йдеться про неї. Проте, на мою думку, остання фраза («хоча не має впливу на фенотип») доволі невдала. Егоїстичні гени можуть не мати впливу на фенотип, але багато з них його мають. Лексикографи могли би заявити, що прикладали це значення лише до «егоїстичної ДНК», яка справді не має фенотипових ефектів. Але їхній перший допоміжний приклад, узятий із книги «Егоїстичний ген», містить у собі егоїстичні гени, що мають ці ефекти. Проте мені гріх скаржитись, адже бути процитованим в «Оксфордському словнику англійської мови» – то неабияка честь! Детальніше я розглядаю егоїстичну ДНК в книзі «Розширений фенотип».]

Дехто проти такого надмірно геноцентричного, на їхню думку, погляду на еволюцію. Бо ж організми або живуть, або помирають з усіма своїми генами. Сподіваюся, у цьому розділі я достатньо виклав аргументів, щоби довести, що насправді між ними не виникає жодних протиріч. Бо так само, як змагання виграють чи програють човни, а не веслярі, живуть і помирають справді індивіди, тому природний добір майже завжди виявляється безпосередньо на рівні індивідів. Але довготривалі наслідки невіпадкової смерті і репродуктивного успіху індивіда виявляються у формі зміни частот генів у генофонді. З деякими застереженнями можна сказати, що генофонд має для сучасних реплікаторів ту саму роль, що й колись первісний бульйон для перших реплікаторів. Статеве розмноження і хромосомний кросинговер мають ефект збереження рідкого стану сучасного еквіваленту цього бульйону. Завдяки їм генофонд постійно добре перемішується, а гени частково перетасовуються. Еволюція – це процес, завдяки якому одних генів у генофонді стає більше, а інших менше. Добре було навчитися кожного разу, намагаючись пояснити еволюцію певних характеристик, таких як альтруїстична поведінка, питати самих себе: «А який вплив ця характеристика має на частоти генів у генофонді?» Часом мова генів виглядає дещо нудною, тому для стислого і виразного викладу доводиться вживати метафори. Але до них

завжди слід ставитися дещо скептично, щоби за потреби знову перекласти їх мовою генів.

З огляду на ген, генофонд є лише новим різновидом бульйону, де минає його життя. Змінилося те, що нині життя гена триває у співпраці з послідовними групами товаришів, що беруться з генофонду для створення щоразу іншої смертної машини для виживання. Саме про ці машини виживання та сенс, що вкладається в слова про те, що гени контролюють їхню поведінку, йтиме мова у наступному розділі.

4

Генна машина

Машини для виживання спершу були пасивними сховищами генів, надаючи їм прихисток від хімічних атак їхніх конкурентів і руйнувань від випадкових молекулярних бомбардувань. У ті давні часи вони «харчувались» органічними молекулами, поширеними в первісному бульйоні. Але коли в ньому органічна іжа, що століттями повільно створювалася під впливом енергії сонячного світла, закінчилася, цьому безтурботному життю настав край. Тоді один з головних різновидів машин для виживання, що його тепер називають рослинами, почав сам безпосередньо використовувати сонячне світло для створення складних молекул з простих, реактивуючи процеси синтезу первісного бульйону зі значно вищою швидкістю. Інший різновид, тепер відомий як тварини, «відкрив», що можна експлуатувати хімічну працю рослин, поїдаючи їх або ж інших тварин. У ході еволюції обидва головні різновиди машин для виживання вдавалися до дедалі вигадливіших способів збільшити свою ефективність у різноманітних умовах життя, безперервно знаходячи нові можливості. Поступово виникали дедалі менші різновиди, кожен з яких пристосовувався до конкретного середовища існування: в морі, на землі, в повітрі, під землею, на деревах, всередині інших живих організмів. Таке розгалуження призвело до появи величезного різноманіття тварин і рослин, що так вражає нас сьогодні.

Тварини і рослини еволюціонували в багатоклітинні організми, де кожна клітина отримала повні копії усіх генів свого виду. Ми не знаємо, коли, чому, скільки разів та наскільки незалежно це сталося. Дехто використовує метафору колонії, описуючи організм як колонію клітин. Мені ж більше до вподоби вважати організм колонією генів, а клітину – зручною робочою одиницею їхньої хімічної активності.

Проте, хоча організми і є колоніями генів, у своїй поведінці вони, безумовно, набули власної індивідуальності. Тварина рухається як скоординоване єдине ціле, як одиниця. Суб'єктивно я відчуваю себе одиницею, а не колонією. Цього й слід було очікувати. Адже добір віддавав перевагу генам, що кооперуються з іншими. В шаленій конкуренції за дефіцитні ресурси, в безжальному намаганні з'їсти інші машини для виживання та не дати з'їсти себе, перевага, мабуть, була на боці центральної координації, а не анархії всередині комунального організму. В наші дні заплутана взаємна коеволюція генів досягла такого ступеня, що

комунальну природу окремої машини виживання практично неможливо розрізнити. По суті, багато біологів і не розрізняють її, а тому не погодяться зі мною.

На щастя для того, що журналісти могли б назвати «достовірністю» решти матеріалу цієї книги, незгода ця є, переважно, академічною. Так само, як недоречно говорити про кванти та елементарні частинки, коли ми обговорюємо роботу автівки, часто не варто постійно згадувати гени, обговорюючи поведінку машин для виживання. На практиці зазвичай зручно розглядати окремий організм як агент, що «намагається» збільшити кількість усіх своїх генів у майбутніх поколіннях. Я використовуватиму зручну мову. Якщо не пропонується щось інше, терміни «альтруїстична і егоїстична поведінка» означатимуть поведінку певного тваринного організму стосовно іншого.

Цей розділ присвячений поведінці – вмінню швидко рухатися, що її активно використовує тваринний різновид машин для виживання. З часом тварини стали активними заповзятливими носіями генів – генними машинами. Основною характеристикою поведінки для біологів є швидкість її руху. Рослини теж рухаються, але дуже повільно. Швидкість витких рослин нагадує темп тварин лише на пришвидшеному перегляді відео. Та й здебільшого рух рослин – це насправді незворотний ріст. Тварини ж за час еволюції виробили у сотні тисяч разів швидші способи рухатись. Окрім цього їхні рухи є зворотними і можуть повторюватись безліч разів.

Пристроєм, що розробили тварини для досягнення швидких рухів, був м'яз. М'язи, наче паровий двигун чи двигун внутрішнього згоряння, використовують енергію хімічного палива для створення механічного руху. Різниця полягає в тому, що безпосередня механічна сила м'яза має форму натягу, а не газового тиску. А ще м'язи схожі на двигуни тим, що часто докладають свою силу до різноманітних тросиків і важелів із шарнірами. В наших тілах важелі називаються кістками, тросики – сухожиллями, а шарніри – суглобами. Проте, які саме молекулярні процеси відбуваються під час роботи м'язів, відомо доволі багато, але мене більше цікавить синхронізація м'язових скорочень.

Чи доводилося вам колись бачити, як працює складний автомат: в'язальна чи швацька машина, ткацький верстат, автомат для наливання напоїв, сінов'язалка? Рушійна сила надходить від якогось одного джерела – електродвигуна чи, скажімо, трактора. Але більше вражає складна синхронізація операцій. Клапани відкриваються і закриваються у певній послідовності, сталеві пальці вправно перев'язують брикет сіна вузлом, а потім у чітко визначений момент вискакує ніж, що перерізає мотузку. В багатьох штучно створених машинах синхронізація досягається завдяки блискучому винаходів – розподільчому кулачку. За допомогою ексцентрика або коліщатка особливої форми він перетворює простий обертальний рух на складну ритмічну схему операцій. Подібний принцип використовується й у музичній скриньці. Інші машини, такі як паровий орган чи піаніно, використовують паперові валики або перфокарти з отворами, пробитими у певному порядку. Нещодавно з'явилася тенденція замінити такі прості механічні синхронізатори електронними. Цифрові комп'ютери є прикладом великих і багатоцільових електронних пристроїв, що їх можна використовувати для генерування складно синхронізованих схем рухів. Основним компонентом сучасної електронної машини, такої як комп'ютер, є напівпровідник, добре відомий нам у формі транзистора.

Скидається на те, що машини для виживання взагалі обходяться без розподільчого кулачка і перфокарт. Апарат, що його вони використовують для синхронізації своїх рухів, має більше спільного з електронним комп'ютером, хоча головний принцип його дії зовсім інший. Основна одиниця біологічних комп'ютерів (нервова клітина, або нейрон) насправді нічим не нагадує транзистор своєю внутрішньою роботою. Звичайно, код, яким нейрони спілкуються між собою, дещо схожий на імпульсні коди цифрових комп'ютерів, але окремий нейрон є значно складнішою одиницею обробки даних, ніж транзистор. Замість лише трьох з'єднань з іншими компонентами, один нейрон може мати їх десятки тисяч. Нейрон є повільнішим за транзистор, але пішов значно далі в напрямку мініатюризації – тенденції, що панує в галузі електроніки протягом останніх двох десятиліть. Доказом цього є той факт, що людський мозок містить кілька десятків тисяч мільйонів нейронів, тоді як до черепної коробки ввійшло б лише кілька сотень транзисторів.

Рослини не мають потреби в нейронах, бо живуть не рухаючись з місця, але у переважній більшості тварин вони присутні. Можливо, нейрони були «відкриті» на початку еволюції тварин та успадковані усіма групами або заново відкривалися кілька разів незалежним чином.

У своїй основі нейрони є просто клітинами, з ядром та хромосомами, як і решта клітин. Але стінки їхніх клітин мають довгі, тонкі вирости, схожі на дротинки. Дуже часто нейрон має одну особливо довгу «дротинку», що називається аксоном. Хоча ширина аксону мікроскопічна, його довжина може сягати кількох метрів: існують деякі аксони, що тягнуться уздовж усієї шиї жирафа. Зазвичай аксони збираються разом у товсті переплетені кабелі, що називаються нервами. Нерви тягнуться з однієї частини тіла до іншої, передаючи інформацію подібно до магістральних телефонних кабелів. Інші нейрони мають короткі аксони, обмежені тісними скупченнями нервової тканини, що називаються гангліями або, коли вони дуже великі, мозком. За його функцією мозок можна вважати аналогом комп'ютерів [15 – Подібні твердження зазвичай непокоять критиків, які сприймають усе буквально. Вони, звичайно, праві в тому, що мозок не завжди схожий на комп'ютери. Наприклад, так вже сталося, що внутрішні робочі процеси мозку дуже сильно відрізняються від будь-яких комп'ютерів, наразі створених нашими технологіями. Хоча, це жодною мірою не заперечує справедливості мого твердження про виконання ними аналогічних функцій. В функціональному плані мозок має ту саму роль, що й вбудований комп'ютер, – обробки даних, розпізнавання різних схем, коротко- та довгострокового зберігання інформації, координації дій і т. ін. Що стосується комп'ютерів, то слід зазначити, що мої зауваження щодо них (на щастя чи на жаль, як подивитись) застаріли. Раніше я писав (с. 95), що «в черепну коробку ввійшло б лише кілька сотень транзисторів». Сьогодні транзистори об'єднуються в інтегровані схеми. Кількість транзисторних еквівалентів, яка ввійшла би в черепну коробку сьогодні, подекуди сягає вже мільярдів. Я також стверджував (с. 100), що комп'ютери, які грають у шахи, вже досягли непоганого любительського рівня. Сьогодні навіть на дешевих домашніх комп'ютерах часто стоять програми, здатні перемогти всіх, крім дуже серйозних шахістів, а найкращі в світі програми кидають серйозний виклик навіть гросмейстерам. Ось, наприклад, слова шахового кореспондента журналу «Спектейтор» Реймонда Кіні у випуску від 7 жовтня 1988: Ще досі видається сенсацією, коли титулованого гравця перемагає комп'ютер, але це, мабуть, триватиме недовго. Наразі найнебезпечнішим металевим монстром, який кидає

виклик людському мозку, є машина з вигадливою назвою «Глибока думка», безумовно, з поваги до Дугласа Адамса. Останнім його успіхом стало справжнє тероризування суперників в особі людей на Відкритому чемпіонаті США, що проводився в серпні у Бостоні. В мене поки немає напихваті загального рейтингу ефективності «Глибокої думки», який стане лакмусовим папірцем його досягнень у відкритому змаганні за швейцарською системою, але я бачив вражаючу перемогу над сильним канадійцем Ігорем Івановим – людиною, яка колись обіграла Карпова! Начувайтесь: можливо, це майбутнє шахів. Далі йде звіт про кожен хід гри. Ось реакція Кіні на 22-й хід «Глибокої думки»: Чудовий хід... Намір був зосередитись на ферзю... і ця думка приводить до надзвичайно швидкого успіху... Вражаючий результат... Ферзевий фланг чорних тепер вщент розбитий вторгненням ферзя. Реакція Іванова змальовується так: Відчайдушний випад, який комп'ютер з презирством відкидає... Повне приниження. «Глибока думка» ігнорує повторне захоплення ферзя, натомість влаштовуючи блискавичний мат... Чорні здаються. Цікаво не лише те, що «Глибока думка» є одним із найкращих шахістів світу. Ледь не більш вражаючим я вважаю мову людської свідомості, яку відчувається зобов'язаним використовувати коментатор. «Глибока думка» «з презирством відкидає» «відчайдушний випад» Іванова. Комп'ютер сприймається як «агресивний». Кіні говорить, що Іванов «сподівався» на певний результат, але його мова засвідчує, що він був би однаково радий скористатися словом на зразок «сподівання» і для «Глибокої думки». Особисто я нетерпляче чекаю того дня, коли комп'ютерна програма стане чемпіоном світу. Людству вкрай необхідно дати науку скромності.]. Вони аналогічні в тому, що обидва типи машин генерують складну схему реакції після аналізу вхідної інформації та звіряння зі збереженими даними.

По суті, головним способом сприяння мозку успіхові машин для виживання є контроль і координація м'язових скорочень. Для цього потрібні кабелі, що ведуть до м'язів і називаються руховими нервами. Але синхронізація м'язових скорочень призводить до ефективного збереження генів, лише якщо вона має якесь відношення до синхронізації подій у навколишньому світі. Важливо, щоби щелепні м'язи скорочувалися лише тоді, коли щелепам є що кусати, а м'язи ніг скорочувалися для бігу лише тоді, коли треба бігти за кимось чи від когось. Із цієї причини природний добір віддавав перевагу тваринам, що виробили в себе органи чуттів – пристрої, що перекладають інформацію про фізичні події у навколишньому світі на імпульсний код нейронів. Мозок під'єднаний до цих органів чуттів – очей, вух, смакових рецепторів тощо – за допомогою кабелів, що називаються чутливими нервами. Робота сенсорних систем особливо незбагненна, бо вони здатні досягати значно більшої майстерності в розпізнаванні образів, ніж найкращі та найдорожчі машини, штучно створені людиною. Якби це було не так, усі друкарки були б звільнені та замінені машинами для розпізнавання усної мови або машинами для читання рукописного тексту. Але без друкарок не обійтися ще багато десятиліть.

Можливо, були часи, коли органи чуттів з'єднувалися з м'язами більш-менш безпосередньо. По суті, актинії сьогодні недалеко зайшли від такого стану, оскільки для їхнього способу життя він є цілком ефективним. Але, щоби досягти більш складних та непрямих зв'язків між синхронізацією подій у навколишньому світі і синхронізацією м'язових скорочень, був потрібен якийсь проміжний мозок. Помітним досягненням став «винахід» у ході еволюції пам'яті. Завдяки цьому пристосуванню на синхронізацію м'язових скорочень можуть впливати не лише нещодавні події, але й події далекого

минулого. Пам'ять, або накопичувач інформації, є також важливою частиною цифрового комп'ютера. Комп'ютерна пам'ять надійніша за людську, але вона має меншу місткість та значно менш витончена в своїх техніках пошуку і відновлення інформації.

Однією з найбільш вражаючих властивостей поведінки машини для виживання є її очевидна цілеспрямованість. Під цим я розумію не лише те, що вона існує на те, щоб допомогти виживанню генів тварин, хоча, звичайно, так і є. Я маю на увазі ближчу аналогію з цілеспрямованою поведінкою людини. Спостерігаючи за твариною у пошуках їжі, статевого партнера або загубленого дитинчати, ми навряд чи можемо втриматися, щоб не приписати їй суб'єктивні відчуття, що їх самі зазнаємо під час таких пошуків. Сюди може належати «бажання» якогось об'єкта, «ментальний образ» бажаного об'єкта, «мета» чи «остаточна ціль». Кожен із нас знає з досвіду власної інтроспекції, що, принаймні, в одній сучасній машині для виживання ця цілеспрямованість еволюціонувала у властивість, що її ми називаємо «свідомістю». Я недостатньо знаюся на філософії, щоб розмірковувати про її значення, але, на щастя, це не важливо для наших нинішніх потреб, бо можна собі говорити про машини, що поводяться, неначе мотивовані якоюсь метою, відсунувши набік проблему, чи дійсно вони є свідомими. По суті, ці машини дуже прості, а принципи несвідомої цілеспрямованої поведінки досить поширені у технічних науках. Класичним прикладом є відцентровий регулятор Джеймса Ватта.

Задіяний в його основі принцип називається негативним зворотнім зв'язком, що може мати багато різних форм. Загалом відбувається таке. «Цілеспрямована машина» – машина або річ, що поводить, неначе має перед собою певну свідому мету, – споряджається тим чи іншим вимірковальним пристроєм, що вимірює невідповідність між поточним станом речей та «бажаним». Він створений так, що чим більшою є ця невідповідність, тим важче працює машина. Таким чином машина автоматично прагнучим зменшити цю невідповідність (ось чому це називається негативний зворотній зв'язок), а досягаючи «бажаного» стану, може заспокоюватися. Регулятор Ватта складається з двох кульок, що обертаються паровим двигуном. Кожна кулька розташована на кінці шарнірного важеля. Чим швидше обертання кульок, тим більше відцентрова сила змушує важелі перебувати в горизонтальному положенні, а цій тенденції протидіє сила тяжіння. Важелі під'єднані до парового клапана живлення двигуна таким чином, що, коли важелі наближаються до горизонтального положення, пара починає перекриватися. Тому, якщо двигун працює надто швидко, пара буде частково перекриватись, і він поступово сповільнюватиметься. Якщо ж він сповільнюватиметься надто сильно, клапан автоматично пропускатиме до нього більше пари і він пришвидшуватиметься знову. Через різкі прискорення та часові затримки в таких цільових машинах часто виникають коливання, і інженери намагаються вбудувати в них допоміжні пристрої, щоби зменшити ці коливання.

«Бажаним» станом регулятора Ватта є задана швидкість обертів. Очевидно, що це не свідоме його бажання. «Ціль» машини визначається як стан, до якого вона має тенденцію повертатися. В сучасних цілеспрямованих машинах використовується розвиток таких базових принципів, як негативний зворотній зв'язок, щоби досягти значно більш складної поведінки, «схожої на життя». Керовані ракети, наприклад, ведуть активний пошук цілі, а коли захоплять, здається, що переслідують її, враховуючи всі відхилення та повороти, а іноді навіть «випереджаючи» або «передбачаючи» їх. У деталі того, як це

робиться, вдаватися не варто. До цього залучається негативний зворотній зв'язок різних типів, прямий зв'язок, а також інші принципи, добре відомі інженерам та, як тепер стало відомо, поширені в роботі живих організмів. Не треба добачати тут чогось схожого на свідомість, навіть якщо нефахівцеві, що спостерігає за вочевидь виваженою і зосередженою поведінкою ракети, й важко повірити, що вона не перебуває під прямим контролем людини-пілота.

Загальною помилкою є вважати, що машина, наприклад, керована ракета, хоч була з самого початку розроблена і створена свідомою людиною, має обов'язково перебувати під безпосереднім контролем такої людини. Інший варіант цієї помилки – стверджувати, що «комп'ютери насправді не грають у шахи, бо можуть робити лише те, що наказує їм оператор». Дуже важливо збагнути, чому такі твердження помилкові, бо вони впливають на наше розуміння сенсу того, що гени «контролюють» поведінку. Комп'ютерні шахи є достатньо хорошим прикладом, щоби вловити суть, тому я принагідно його розгляну.

Комп'ютери поки не грають у шахи з майстерністю гросмейстерів, але вже досягли непоганого любительського рівня. Щоправда, непоганого любительського рівня досягли програми, бо програмі для гри в шахи все одно, на якому саме комп'ютері демонструвати свої можливості. Тоді в чому полягає роль програміста? Перш за все, він аж ніяк не керує комп'ютером хід за ходом, немов смикаючи за мотузки ляльку. Адже це виглядало би шахрайством. Він пише програму, закладає її в комп'ютер, після чого комп'ютер вже діє сам: подальше людське втручання не потрібне, крім того, що суперник вводить свої ходи. Можливо, програміст передбачає всі можливі в шахах комбінації та забезпечує комп'ютер довгим переліком вдалих ходів, по одному на кожну можливу ситуацію? Мабуть, що ні, бо кількість можливих позицій у шахах аж така велика, що повний перелік не був би готовим і до кінця світу. З цієї самої причини комп'ютер неможливо запрограмувати на перебирання «в голові» усіх можливих ходів та їх наслідків, поки він не знайде переможну стратегію. Можливих варіантів шахових партій більше, ніж атомів у галактиці. Тому годі про тривіальні рішення проблеми програмування комп'ютера для гри в шахи. Безперечно, що це надзвичайно складна проблема, а тому досі навіть найкращі програми все ще не можуть досягти майстерності гросмейстерів.

Отож, програміст більше нагадує батька, що навчає свого сина грати в шахи. Він розповідає комп'ютеру про основні ходи цієї гри, і не окремо для кожної можливої стартової позиції, а з огляду на більш лаконічні правила. Він не каже лише щось на кшталт: «слони ходять по діагоналі», а використовує короткий математичний еквівалент, що в перекладі виглядає приблизно так: «Нові координати слона отримуються зі старих додаванням однакової константи, хоча й не обов'язково з тим самим знаком, як до старої координати x , так і до старої координати y ». Потім він може запрограмувати якусь «пораду», написану тією самою математичною, або логічною, мовою, що зводиться до підказки, наприклад «не залишай короля без захисту», або корисних прийомів, таких як «виделки» конем. Усі ці деталі напрочуд цікаві, але вони можуть завести нас не туди, куди слід. Сама суть тут проста: безпосередньо під час гри комп'ютер діє самостійно і не може розраховувати на допомогу свого власника. Все, що може зробити програміст, так це заздалегідь налаштувати комп'ютер щонайкраще, з

досконалим балансом між переліком спеціальних знань і підказками щодо стратегій та технік.

Гени також контролюють поведінку своїх машин виживання не безпосередньо, немов мотузками ляльководи, а опосередковано, подібно до комп'ютерного програміста. Все, що вони можуть зробити, так це налаштувати їх заздалегідь, після чого машина для виживання діє самостійно, а гени лише пасивно сидять собі всередині. Чому вони так поведуться? Чому не хапаються за віжки і не контролюють кожен рух? Відповідь полягає в тому, що вони не можуть цього зробити через проблеми відставання в часі. Найкраще це демонструє інша аналогія, взята з наукової фантастики. Я маю на увазі чудову книгу Фреда Гойла та Джона Елліота «Андромеда», що, подібно до всієї якісної наукової фантастики, базується на кількох цікавих наукових проблемах. Як не дивно, схоже, що найважливіша з цих проблем у книзі детально не розглядається. Роздуми про неї залишені уяві читача. Сподіваюсь, автори не заперечуватимуть, якщо я візьмуся про неї поговорити.

Отже, сюжет такий: на відстані 200 світлових років від нас, у сузір'ї Андромеди, існує цивілізація [16 – У фантастичному романі «Андромеда» та його продовженні «Дар Андромеди» не зрозуміло остаточно, чи позаземна цивілізація надсилає сигнали з надзвичайно далекої галактики Андромеда чи з більш близької зірки у сузір'ї Андромеди, як сказав я. В першому романі планета розташована від нас на відстані 200 світлових років, точно у межах нашої власної галактики. Проте у продовженні ті самі інопланетяни мешкають у галактиці Андромеда, яка знаходиться від нас на відстані приблизно двох мільйонів світлових років. За бажанням, читачі моєї сторінки 68 можуть замінити число «200» на «два мільйони». Відповідність історії моїм намірам від цього жодним чином не зміниться. Головним автором обох романів є Фред Гойл – видатний астроном та автор мого найулюбленішого з усіх науково-фантастичних творів «Чорна хмара». На жаль, неперевершена наукова проникливість, продемонстрована ним у цих романах, різко контрастує з хвилею його більш пізніх книг, написаних у співавторстві з Ч. Вікрамасінгхом. Їхнє неправильне тлумачення дарвінізму (як суто теорії випадковості) та уїдливі наскоки на самого Дарвіна аж ніяк не сприяють нормальному сприйняттю їхніх досить таки інтригуючих (хоча й невіргодних) домислів про міжзоряне походження життя. Видавцям слід було би розуміти, що заслуги вченого в одній сфері не гарантують компетентність в іншій. А поки вони цього не збагнуть, видатним ученим слід стримуватися від цієї спокуси.]. Її представники прагнуть поширити свою культуру на далекі світи. Як це зробити найкращим чином? Про безпосереднє відвідання цих світів і мови бути не може. Теоретично, найбільша швидкість, з якою можна переміщуватися з однієї точки Всесвіту до іншої, обмежена швидкістю світла, але на практиці різні технічні обмеження роблять її ще меншою. Крім того, у Всесвіті може виявитися не так вже багато планет, що їх варто було б відвідати, та й як довідатися, куди саме треба летіти? Радіо є найкращим способом спілкування з рештою Всесвіту, оскільки, маючи достатньо енергії для передачі сигналів в усіх напрямках, замість однієї може охопити велику кількість планет (ця кількість зростає пропорційно квадрату відстані, що її долає сигнал). Радіохвилі поширюються зі швидкістю світла, а це означає, що для досягнення Землі сигналові з Андромеди знадобиться 200 років. Проблема в тому, що на таких відстанях неможливо підтримувати нормальний діалог. Навіть якщо облишити той факт, що кожне наступне повідомлення з Землі передавалось би людьми, що їх

розділятиме дванадцять поколінь, спілкування на таких відстанях було би простим марнуванням зусиль.

Ця проблема скоро серйозно нас непокоїтиме, адже відстань від Землі до Марса радіохвилі долають приблизно за чотири хвилини. Не може бути й сумнівів, що космонавтам доведеться відмовитися від звички спілкуватися короткими реченнями по черзі та перейти на довгі монологи, більше схожі на звукові листи, ніж на розмову. Як наголосив у іншому прикладі американський біолог Роджер Пейн, акустика моря має певні специфічні властивості, завдяки яким надзвичайно голосну «пісню» деяких китів теоретично можна було б почути усюди, але за умови, що вони пливтимуть на певній глибині. Невідомо, чи саме так кити спілкуються один з одним на дуже великих відстанях, але якщо це правда, вони мають долати ту саму проблему, що й астронавт на Марсі. Швидкість поширення звуку в воді є такою, що їхня пісня долатиме Атлантичний океан разом із отримуваною відповіддю приблизно дві години. Гадаю, саме цим і пояснюється той факт, що деякі кити виголошують безперервні монологи, не повторюючись протягом восьми хвилин. Вони знову і знову співають свою пісню від початку і до кінця, і кожен повний цикл так само триває приблизно вісім хвилин.

Мешканці Андромеди у романі повелися так само. Їм не було сенсу чекати на відповідь, тому вони зібрали все, що хотіли сказати, в одне величезне неперервне повідомлення і передавали його в космос знову і знову, з циклічністю в кілька місяців. Проте їхнє повідомлення було іншим, ніж у китів. Воно містило заковані інструкції для створення і програмування гігантського комп'ютера. Певна річ, ці інструкції викладені були не людською мовою, але вправний криптограф може розшифрувати практично будь-який код, особливо якщо розробники коду хочуть, щоби це було легко зробити. Прийняте радіотелескопом Джодрелла Бенка повідомлення було зрештою розшифровано, комп'ютер створено, а програму запущено. Результати ледве не стали катастрофою для людства, бо наміри інопланетян виявились аж ніяк не альтруїстичними, і цей комп'ютер впритул наблизився до диктатури над світом, поки головний герой роману врешті не розтрошив його сокирою.

Для нас цікаво з'ясувати, в якому сенсі можна вважати, що мешканці Андромеди маніпулювали подіями на Землі. Адже вони не мали прямого контролю над роботою комп'ютера взагалі. Зрештою, вони навіть не мали жодної можливості довідатися про створення комп'ютера, бо інформація про це досягла їх лише через 200 років. Рішення та дії комп'ютера були суто самостійними. Він не міг звернутися до своїх господарів навіть за загальними інструкціями. Через нездоланий 200-річний бар'єр усі його інструкції мали бути вбудовані заздалегідь. Отже, він мав бути запрограмований надзвичайно подібно до шахового комп'ютера, але з більшою гнучкістю і здатністю сприймати місцеву інформацію. Це було зроблено для того, щоби програма мала змогу працювати не лише на Землі, але й на будь-якій планеті з розвиненими технологіями, в будь-якому Всесвіті, про подробиці умов життя яких мешканці Андромеди не мали жодної гадки.

Так само, як їм потрібно було мати на Землі комп'ютер, що день-у-день приймав за них рішення, нашим генам потрібно було створити мозок. Але гени – це не вже не інопланетяни, що надсилають заковані інструкції; вони самі є такими інструкціями. Причина, через яку вони не смикають нас за шворки наче ляльок, та сама – відставання в часі. Робота генів полягає в контролі білкового синтезу. Це потужний спосіб маніпулювання світом, але

вкрай повільний. Для того, щоб створити ембріон, потрібні місяці терплячого смикання за білкові ниточки. Головною ж особливістю поведінки є швидкість. Вона працює за часовою шкалою не місяців, а секунд і часток секунд. Щось трапилось: над головою промайнула сова, шерех високої трави зрадив хижака, і нервова система за мілісекунди починає діяти – стрибок, і чиєсь життя врятовано (або втрачено). Гени не вдаються до такої реакції. Як і мешканці Андромеди, гени можуть лише добре попрацювати заздалегідь, створивши для себе швидкий комп'ютер і завчасу запрограмувавши його на правила й «поради» для подолання всіх проблем, що їх вони здатні «передбачити». Але життя, як і гра в шахи, пропонує надто багато різних випадковостей, аби всі їх передбачити. Подібно до програміста шахової гри, гени мають «інструктувати» свої машини для виживання не щодо окремих моментів, а пропонувати їм загальні стратегії і маневри [17 – Подібний стратегічний спосіб говорити про тварину, рослину або ген так, немов вони свідомо розмірковують, як найкраще збільшити свій успіх, – наприклад, вважаючи, що «досить часто схильними до ризику можна вважати самців, а от більш обачними – самиць» (с. 73) – став цілком звичайним серед практикуючих біологів. Так висловлюватися зручно, такий виклад думок не завдає жодної шкоди, аж поки на нього не натрапить той, хто не здатен його збагнути. Або надто готовий, щоби зрозуміти його неправильно? Наприклад, я не можу знайти жодного іншого пояснення статті, що критикує «Егоїстичний ген» у журналі «Філософія», що його написала якась Мері Міджлі, де промовистим є перше речення: «Гени можуть бути егоїстичними чи неегоїстичними, аж ніяк не більше, ніж атоми – ревливими, слони – абстрактними або печиво – ідеологічним». Моя власна стаття «На захист егоїстичних генів» у наступному номері того самого журналу заперечує всі закиди цієї, до слова, напрочуд гострої та злостивої публікації. Схоже, що деякі люди, які трохи перезаймалися філософією, не можуть стриматись, аби не покопирсатись у своєму освітньому багажі там, де це не потрібно. Пригадую ремарку П. В. Медавара про принади «філософської фантастики» для «багатьох людей, часто з добре розвиненими літературними та науковими смаками, освіта яких значно переважає їхню здатність до аналітичного мислення».]

Відомий зоолог і нейропсихолог Дж. З. Янг запевняв, що гени мають виконувати завдання, подібні до передбачення. На етапі створення ембріона машини для виживання небезпеки і проблеми її подальшого життя перебувають у майбутньому. Хто скаже, який хижак підстерігатиме її в кущах або яка прудконога здобич трапиться їй на шляху? Нема такого ані пророка, ані гена. Але деякі загальні передбачення зробити вже можна. Гени полярного ведмеда можуть впевнено передбачити, що майбутнє їхньої ще ненародженої машини для виживання буде холодним. Вони не розмірковують про це як про пророцтво, вони взагалі не розмірковують. Вони беруться створювати густе хутро, бо саме це завжди робили для попередніх організмів, через що вони досі існують у генофонді. Вони також передбачають, що земля буде вкрита снігом, і їхнє передбачення набуває вигляду хутра білого кольору, яке менше впадатиме у вічі. Якби клімат Арктики раптово змінився і ведмежа народилося б у тропічній пустелі, передбачення генів виявилось би хибним, за що вони були б покарані. Ведмежа загинуло б, і вони разом з ним.

Передбачення в нашому складному світі – справа ризикована. Кожне рішення, що його приймає машина для виживання, є азартною грою, і гени мають заздалегідь запрограмувати мозок так, щоби він продукував ефективні рішення. Валютою, що цінується у казино еволюції, є виживання (зокрема

генів, хоча для багатьох потреб потрібне виживання індивіда). Якщо підійти до води, з'являється загроза стати здобиччю хижаків, що часто полюють у таких місцях. Якщо ж оминати воду, доведеться померти від спраги. Ризик є завжди і будь-коли, тому слід приймати такі рішення, щоби збільшити шанси на тривале життя генів. Мабуть, найкращим варіантом для нашого прикладу буде якомога довше терпіти спрагу, а тоді добряче напиться води про запас. Так можна зменшити саму кількість небезпечних походів, але коли ви нарешті почнете пити, доведеться надовго опустити додолу очі. Іншим непоганим варіантом може бути пити потроху і часто, швидко ковтаючи воду й одразу тікаючи. Яка стратегія азартної гри є найкращою, залежить від різних складних факторів, серед них – мисливські звички хижаків, що теж еволюціонували до максимально потрібної їм ефективності. Тому треба зважити всі можливості. Однак не варто думати, що тварини роблять ці розрахунки свідомо. Достатньо пам'ятати, що індивіди, гени яких створюють мозок саме так, щоб він робив правильний вибір, одразу отримують більші шанси на виживання і поширення цих самих генів.

Побавимось ще трохи метафорою азартної гри. Гравець повинен зважати на три головні речі: ставку, шанси і виграш. Якщо виграш є дуже великим, гравець готовий ризикнути великою ставкою. Гравцеві, що ризикне поставити все на один розіграш, може добряче поталанити. Він може й чимало програти, але в середньому гравці з високими ставками виграють десь так само, як ті, що грають на малий виграш з низькими ставками. Подібним є порівняння між спекулятивним і обачним інвестором на фондовому ринку. До того ж фондовий ринок є кращою аналогією за казино, бо казино не працює у збиток (що, зокрема, означає, що гравці з високими ставками загалом стають біднішими, ніж гравці з низькими ставками, а гравці з низькими ставками – біднішими за тих, хто взагалі не грає. Але це не стосується нашої теми). Розумними виглядають обидві стратегії гри. А чи є тварини, що грають за високими ставками, а також дещо консервативніші? У 9-му розділі ми переконуємося, що досить часто схильними до ризику можна вважати самців, а от більш обачними – самиць, надто це стосується полігамних видів, де самці змагаються за самиць. Натуралісти, що читають цю книгу, можуть згадати ті види, що близькі до опису ризикованих гравців з високими ставками або більш консервативних. Я ж вертаюся до більш загальної теми механізму «передбачень» генами майбутнього.

Передбачувати у доволі непередбачуваних умовах середовища сприяє здатність до навчання. Її програма може набувати вигляду таких інструкцій для виживання: «Ось перелік речей, що визнаються приємними: солодкий смак у роті, оргазм, комфортна температура, дитяча усмішка. А ось перелік неприємних речей: різні види болю, нудота, порожній шлунок, дитячий плач. Якщо ви зробите щось, що викличе одну з цих неприємностей, запам'ятайте і уникайте цього. А от те, що робить приємність, повторюйте». Перевага такого програмування у тому, що воно значно скорочує кількість детальних правил, що їх потрібно включити до первинної програми. Крім того, воно навчає реагувати на зміни умов середовища, що їх не вдалося передбачити. Зрештою, певні передбачення все ж необхідні. В нашому прикладі гени передбачають, що солодкий смак у роті, а також оргазм будуть «хорошими» тому, що споживання цукру і спаровування сприятимуть виживанню генів. Варіанти сахарину та мастурбації не передбачаються, як і небезпека надмірного споживання цукру в наших умовах існування, де його неприродно багато.

Здатність навчатися використовується і в деяких шахових комп'ютерних програмах. Ці програми удосконалюються через те, що грають проти людей або інших комп'ютерів. Хоча вони й мають свій арсенал правил і тактик, у їхньому процесі прийняття рішень передбачена незначна тенденція до випадковості. Вони записують попередні рішення, і щоразу, коли виграють, дещо підвищують рівень тактик, що призвели до перемоги, аби наступного разу з дещо більшою вірогідністю обирати ті самі тактики знову.

Одним із найцікавіших методів передбачення майбутнього є моделювання ситуації. Якщо генерал захоче дізнатися, чи буде саме цей план військової операції кращим за альтернативний, то зіштовхнеться із проблемою. Адже ще існують невідомі фактори: погода, бойовий дух його власних військ, а також можливі контрзаходи супротивника. Одним зі способів з'ясувати, чи вдалий цей план, є вдатися до нього і побачити наслідки. Та не варто вдаватися до цього зі всіма задуманими спокусливими планами, бо кількість чоловіків, охочих померти «за свою країну» обмежена, а от кількість самих планів досить велика. Краще випробовувати різноманітні плани під час навчань, ніж у справжньому бою. Це можуть бути повномасштабні навчання, де «північні» воюють із «південними» холостими боеприпасами, але навіть це вимагає часу і матеріальних витрат. Менш витратними будуть військові ігри з пересуванням по великій мапі солдатиків і маленьких іграшкових танків.

В останні роки велику частину функції моделювання взяли на себе комп'ютери, і не лише у військовій стратегії, але й в усіх сферах, де необхідно передбачати майбутнє: економіці, екології, соціології та ін. Це відбувається так. У комп'ютер закладається модель певного аспекту зовнішнього світу. Це не означає, що, знявши кришку, ви побачите всередині мініатюрний макет однакової форми з об'єктом моделювання. В шаховому комп'ютері немає «образної картини» всередині банку пам'яті, де вгадується шахова дошка з кіньми і пішаками. Шахова дошка та поточне положення фігур на ній буде представлена стовпчиками цифр комп'ютерного коду. Для нас мапа є мініатюрною моделлю частини світу, втиснутою у два виміри. В комп'ютері ж мапа цілком може бути представлена переліком міст та інших координат, кожна з двома числами – широтою і довготою. Але в якому б вигляді комп'ютер не тримав модель світу в своїй «голові», головне, щоби він міг керувати нею, маніпулювати, експериментувати і повідомляти про результати операторам зрозумілими для них термінами. З такою технікою моделювання можна вигравати чи програвати битви, пілотувати чи розбивати літаки, доводити економіку до процвітання чи кризи. Кожного разу весь процес відбувається всередині комп'ютера протягом крихітної частки часу, який би він забрав у реальному житті. Певна річ, моделі світу бувають вдалі та погані, і навіть вдалі є такими лише приблизно. Жодне моделювання нездатне точно передбачити, що станеться в реальності, але вдале моделювання значно краще за метод необачних спроб і помилок. Моделювання можна назвати вікарними спробами і помилками – терміном, що його, на жаль, давно вже привласнили знавці шурячої психології.

Якщо моделювання є аж такою чудовою ідеєю, слід було б очікувати, що машини для виживання використають його першими. Зрештою, вони винайшли багато інших технік людського проектування задовго до того, як ми вийшли на сцену: лінзу, що фокусується, і параболічний рефлектор, частотний аналіз звукових хвиль, сервоуправління, сонар, буферний накопичувач вхідної інформації, а також безліч інших з довгими назвами, деталі яких не важливі. А як щодо моделювання? Що ж, коли ви самі маєте наважитися на

складне рішення, що передбачає невідомі фактори у майбутньому, то вдається до певної форми моделювання. Ви уявляєте, що може статися, якщо обрати кожен із доступних вам варіантів. Ви створюєте у своїй голові модель не всього на світі, а обмеженого набору факторів, що, на вашу думку, можуть мати значення. Ви начебто виразно бачите їх подумки або бачите і маніпулюєте їхніми стилізованими абстракціями. Але мало ймовірно, що десь у вашому мозку виникне справжня просторова модель подій, що їх ви собі уявляєте. Але, так само, як у комп'ютері, деталі того, як ваш мозок представляє свою модель світу, менш важливі за факт, що він здатен використовувати її для передбачення можливих подій. Машини для виживання, що здатні моделювати майбутнє, перебувають на один крок попереду тих, що лише вчаться на спробах і помилках. Та спроби потребують багато часу і енергії, а помилки стають часто фатальними. Моделювання безпечніше і швидше за них.

Виглядає так, що еволюція здатності до моделювання досягла своєї кульмінації в суб'єктивній свідомості. Чому так сталося, мені видається найскладнішою загадкою, що її має вирішити сучасна біологія. Немає жодних підстав припускати, що електронні комп'ютери, коли моделюють, мають свідомість, хоча слід визнати, що в майбутньому вони такими можуть стати. Можливо, свідомість виникає, коли модельований мозком світ стає настільки повним, що має створити модель самого себе [18 – Я розглядаю ідею мозку, який моделює світи, в моїй Гіффордівській лекції 1988 року «Світи в мікрокосмі». Я все ще не певен, чи справді вона може значно допомогти нам стосовно глибокої проблеми самої свідомості, але зізнаюся, мені приємно, що вона привернула увагу сера Карла Поппера в його Дарвінівській лекції. Філософ Деніел Деннетт запропонував теорію свідомості, що далі просуває метафору комп'ютерного моделювання. Щоби збагнути його теорію, ми маємо засвоїти дві технічні ідеї зі світу комп'ютерів: ідею віртуальної машини та різницю між послідовними та паралельними процесорами. Перш за все, необхідно їх чітко з'ясувати. Комп'ютер – це реальна машина, апаратне забезпечення в корпусі. Але в будь-який момент він здатен запустити ту чи іншу програму, що зробить його схожим на іншу машину – віртуальну. Протягом тривалого часу це стосувалося всіх комп'ютерів, але сучасні «орієнтовані на користувача» машини зробили цей момент особливо відчутним. На час написання моєї книги загальновизнаним лідером ринку завдяки зручності в користуванні була компанія «Еппл Макінтош». Її успіх, зумовлений вбудованою системою програм, що роблять реальну металеву машину (чиї механізми, як і в будь-якому комп'ютері, загрозливо складні та не дуже сумісні з людською інтуїцією) схожою на якийсь інший тип машини: віртуальну, спеціально розроблену для взаємодії з людським мозком та рукою. На перший погляд, ця віртуальна машина, відома як «користувацький інтерфейс Макінтош», виглядає цілком звичайною. Вона має кнопки, які натискають, а також плавні регулятори, як у стереосистеми. Але це віртуальна машина. Кнопки та регулятори не виготовлені з металу чи пластику. Вони є зображеннями на екрані, і ви тиснете на них або регулюєте їх, пересуваючи по екрану віртуальний палець. Як людина, ви відчуваєтеся зручно, бо звикли пересувати речі своїм пальцем. Я інтенсивно займаюся програмуванням та використанням широкого різноманіття цифрових комп'ютерів вже двадцять п'ять років і можу засвідчити, що робота з «Макінтош» (або його моделюючими пристроями) є якісно іншим досвідом порівняно з будь-яким більш раннім типом комп'ютерів. З ним ви відчуваєтеся абсолютно легко й природно, майже так, немов ця віртуальна машина є продовженням вашого власного тіла. Окрім цього, вона дивовижним чином дозволяє використовувати

інтуїцію, а не зазирати постійно в інструкцію. Тепер перейдемо до іншої ідеї, яку б нам потрібно було перейняти від комп'ютерної науки, – ідеї послідовних та паралельних процесорів. Цифрові комп'ютери сьогодення, здебільшого, є послідовними процесорами. Вони мають один центральний обчислювальний центр (одне-єдине електронне вузьке горлечко), крізь який мають проходити під час обробки всі дані. Завдяки високій швидкості своєї роботи, вони можуть створювати ілюзію виконання багатьох речей одночасно. Послідовний комп'ютер схожий на гресмейстера, який «одночасно» грає з двадцятьма суперниками, але насправді лише напрочуд швидко переключається з одного на іншого. Однак, на відміну від гресмейстера, комп'ютер переключається між задачами настільки швидко й тихо, що у кожного користувача виникає ілюзія того, що комп'ютер зосередив увагу виключно на ньому. Та, зрештою, комп'ютер послідовно відповідає своїм користувачам по черзі. Нещодавно, вирішуючи задачу ще більш приголомшливих швидкостей роботи, інженерам вдалося створити машини з по-справжньому паралельними процесорами. Однією з таких машин є Единбурзький суперкомп'ютер, який я нещодавно мав честь оглянути. Він складається з паралельно розташованих кількох сотень «трансп'ютерів», кожен з яких еквівалентний за своєю потужністю сучасному настільному комп'ютеру. Цей суперкомп'ютер працює так: береться за запропоноване йому завдання, розбиває його на менші, які можна вирішити незалежно, та передоручає їх бригадам трансп'ютерів. Трансп'ютери беруться за ці підзадачі, вирішують їх, пропонують рішення та звертаються за новими завданнями. Тим часом інші бригади повідомляють свої рішення, тому весь суперкомп'ютер добирається до фінальної відповіді швидше, ніж це міг би зробити звичайний послідовний комп'ютер. Я вже зазначав, що будь-який послідовний комп'ютер може створити ілюзію роботи паралельного процесора, достатньо швидко переключаючи свою «увагу» між низкою завдань. Це виглядає так, немов на послідовному апаратному забезпеченні сидить якийсь віртуальний паралельний процесор. Ідея Деннетта полягає в тому, що людський мозок влаштований абсолютно протилежним чином. Апаратне забезпечення мозку є, по суті, паралельним, як у Единбурзькому комп'ютері. І він використовує програми, призначені для створення ілюзії послідовної обробки інформації: віртуальної машини з послідовною обробкою даних на базі паралельної архітектури. Характерною рисою суб'єктивного досвіду мислення Деннетт вважає послідовний, почерговий, «джойсівський» потік свідомості. Він переконаний, що більшість тварин не мають такого послідовного досвіду і використовують мозок безпосередньо, у природний спосіб паралельної обробки інформації. Безумовно, людський мозок теж використовує свою паралельну архітектуру безпосередньо для вирішення багатьох поточних завдань щодо забезпечення робочого стану складної машини для виживання. Але, крім того, за час еволюції людський мозок розробив віртуальну машину програмного забезпечення для створення ілюзії послідовного процесора. Розум, з його послідовним потоком свідомості, є свого роду віртуальною машиною, «орієнтованим на користувача» способом відображення мозку, так само, як «користувацький інтерфейс фірми «Макінтош» є орієнтованим на користувача способом відображення фізичного комп'ютера всередині його сірого корпусу. Не до кінця зрозуміло, навіщо нам, людям, потрібна послідовна віртуальна машина, тоді як інші види виглядають цілком вдоволеними своїми звичайнісінькими паралельними машинами. Мабуть, у більш складних завданнях, які доводилось вирішувати первісним людям, було щось фундаментально послідовне, а може, Деннетт лише помилився, виокремивши нас із загального ряду. Крім того, він переконаний, що розвиток послідовних програм став переважно культурним явищем, і мені знову остаточно не зрозуміло, чому це має бути аж таким ймовірним. Проте я

маю додати, що на час написання моєї книги стаття Деннетта ще не вийшла і мої міркування базуються на спогадах про його Джейкобсонівську лекцію 1988 року в Лондоні. Раджу читачеві поцікавитися роботою самого Деннетта, коли вона вийде, а не покладатися виключно на моє, безперечно, неідеальне та емоційне – можливо, навіть надто прикрашене – викладення її суті. Психолог Ніколас Гампфрі теж розробив спокусливу гіпотезу про те, як еволюція здатності до моделювання могла призвести до появи свідомості. В своїй книзі «Внутрішнє око» Гампфрі наводить переконливий приклад того, що високо соціальні тварини, на кшталт нас самих та шимпанзе, стали вже експертами з психології. Мозок змушений мати справу з багатьма аспектами навколишнього світу, несамохіть моделюючи їх. Але більшість аспектів навколишнього світу є доволі простими порівняно із самим мозком. Соціальна тварина живе в світі інших: потенційних статевих партнерів, конкурентів, товаришів та ворогів. Щоби вижити та досягти успіху в такому світі, треба добре опанувати науку передбачати наступні дії цих інших індивідів. Значно легше передбачати події в неживому світі, ніж у соціумі. Академічні психологи-науковці насправді не дуже вміють передбачати людську поведінку. Натомість соціальні компаньйони, виходячи з ледь відчутних рухів лицьових м'язів та інших делікатних ознак, дуже часто дивовижно точно розуміють думки та передбачають поведінку інших. Гампфрі переконаний, що це «природне психологічне» вміння досягає в соціальних тварин неймовірного розвитку, майже як якесь додаткове око або інший складний орган. Таке «внутрішнє око» виникло в перебігу еволюції як орган соціально-психологічної адаптації, так само, як звичне нам зовнішнє око є органом зору. Поки що я вважаю міркування Гампфрі переконливими. Далі він стверджує, що внутрішнє око працює за принципом власного контролю. Щоби розуміти відчуття та емоції інших, кожна тварин дослухається до своїх власних відчуттів та емоцій. Відповідно, цей психологічний орган діє як метод власного контролю. Не певен, чи варто погодитися, що це допомагає нам розуміти свідомість інших, але Гампфрі – чудовий письменник, і його книга здається дуже переконливою.]. Вочевидь, кінцівки і тіло машини для виживання мають складати важливу частину змодельованого нею світу; мабуть, із тих самих причин моделювання саме можна вважати частиною світу, що його треба змодельовувати. Тобто, іншим словом на означення цього може бути «самосвідомість», але я не вважаю його вдалим поясненням еволюції свідомості. Скоріше, воно лише частково це робить, бо містить в собі безкінечний регрес – якщо є модель моделі, то чому б не бути моделі моделі моделі...?

Які б філософські проблеми не порушувала свідомість, у межах цієї книги її можна вважати кульмінацією еволюційної тенденції до звільнення машин для виживання, що здатні приймати поточні рішення, від їхніх кінцевих господарів – генів. Розум не лише відповідальний за повсякденний перебіг справ машин для виживання, він також набув здатності передбачати майбутнє і діяти щодо цього. Розум навіть може повстати проти диктату генів, наприклад, не бажаючи мати стільки дітей, на скільки здатен організм. Але, як ми ще побачимо, в цьому відношенні людина є дуже особливим випадком.

Як усе це стосується альтруїзму і егоїзму? Я хочу сказати, що поведінка тварин, альтруїстична чи егоїстична, хоч і контролюється генами не безпосередньо, однак дуже потужно. Диктуючи сам спосіб створення машин для виживання та їхніх нервових систем, гени тримають верховну владу над поведінкою. Але за кожної конкретної нагоди рішення про те, що робити далі, приймається нервовою системою. Гени є свого роду законодавцями, а

мозок – виконавцем. Але в міру свого розвитку мозок зазіхає на дедалі більш актуальні стратегічні рішення, вдаючися до таких прийомів, як навчання і моделювання. Логічним результатом цієї тенденції, що її досі не досягнув жоден інший вид, могло би стати повідомлення генів машинам виживання однієї загальної стратегічної інструкції: «Робіть усе, що ви вважаєте найкращим для збереження нашого життя».

Аналогії між комп'ютерами і прийняттям рішень у людей – це, авжеж, чудово. Але зараз нам час отямитися і згадати, що еволюція насправді відбувається крок за кроком, завдяки диференційному виживанню генів у генофонді. Тому, якщо метою є еволюція схеми поведінки – альтруїстичної чи егоїстичної – необхідно, щоби ген такої поведінки мав змогу вижити у генофонді успішніше за конкурентний ген (алель) якоїсь іншої поведінки. «Ген альтруїстичної поведінки» означає будь-який ген, що впливає на розвиток нервових систем таким чином, що робить імовірним їхнє альтруїстичне поводження [19 – Іноді людей бентежить, коли вони чують про спеціальні гени альтруїзму або іншої, так само складної, поведінки. Вони гадають (помилково), що, в певному сенсі, складність поведінки має бути закладена всередині гена. Чи може існувати певний ген альтруїзму, питають вони, якщо ген кодує лише один білковий ланцюг? Річ у тім, що, говорячи про ген чогось, ми лише маємо на увазі, що зміна цього гена викликає зміну чогось. Одна генетична відмінність через зміну якоїсь деталі молекул у клітинах спричинює відмінність у вже і без того складних процесах ембріонального розвитку, а отже, й у поведінці. Наприклад, мутантний ген братерського альтруїзму у птахів, певна річ, не братиме на себе всю відповідальність за абсолютно нову складну схему поведінки. Натомість, він змінить якусь вже наявну і, мабуть, безперечно складну схему поведінки. Найімовірнішим прекурсором у цьому разі буде батьківська поведінка. Як правило, птахи мають складний нервовий апарат, необхідний для годування та турботи про своє потомство. Що стосується його еволюції, він розвивався протягом багатьох поколінь, повільно, крок за кроком, з його власних попередників. (До речі, ті, хто відчуває скепсис щодо генів братерської турботи, дуже часто непослідовні: чому вони так само не скептично налаштовані щодо генів не менш складної батьківської турботи?) Схема поведінки, що існувала раніше, – йдеться про батьківську турботу – опосередковується зручним твердим правилом, таким як «Годуй у гнізді всіх, хто кричить та роззявляє ротик». Тоді ген «годування молодших братів та сестер» може працювати завдяки прискоренню настання віку, коли починає діяти це правило. Пташеня, що несе братерський ген як нову мутацію, лише активуватиме своє «батьківське» правило трохи раніше, ніж звичайний птах. Воно поводитиметься з усіма, хто кричить та роззявляє ротик у батьківському гнізді – своїми молодшими братами та сестрами – так, немов вони кричать та роззявляють ротик в його власному гнізді і є його власними дітьми. Хоч вона не є абсолютно новою складною схемою, «братерська поведінка» вперше могла виникнути як незначна варіація синхронізації розвитку вже наявної поведінки. Як це часто буває, помилки з'являються тоді, коли ми забуваємо, що в еволюції важлива її поступовість. Отже, адаптивна еволюція відбувається завдяки невеличким, повільним змінам наявних схем поведінки.]. Чи існують якісь експериментальні докази генетичної спадковості альтруїстичної поведінки? Ні, але це навряд чи дивно, позаяк генетика будь-якої поведінки вивчена ще недостатньо. Натомість, я краще розповім вам про одне дослідження схеми поведінки, що не засвідчила свій очевидний альтруїзм, але виявилася досить складною, щоб зацікавити. Вона здатна бути моделлю того, як може успадковуватись альтруїстична поведінка.

Медоносні бджоли страждають від інфекційного захворювання під назвою гнилець. Воно вражає личинок в їхніх чарунках. Серед порід, що використовуються бджолярами, одні мають більший за інших ризик захворіти, до того ж виявилось, що різниця між породами (принаймні, іноді) є поведінковою. Існують так звані гігієнічні різновиди бджіл, що швидко придушують епідемію, локалізуючи уражених личинок, витягуючи їх із чарунок і викидаючи з вулика. Інші ж різновиди є чутливими до захворювання, бо не практикують таке гігієнічне дітовбивство. Насправді, поведінка заради гігієни доволі складна. Робочі бджоли мають виявити всі чарунки з хворими личинками, прибрати з них воскові кришечки, витягти личинок, пропхати їх крізь отвір вулика і викинути геть.

Проведення генетичних експериментів із бджолами – доволі складний процес через різні причини. Робочі бджоли не розмножуються звичайним способом, тому доводиться схрещувати матку одного різновиду з трутнем (самцем) іншого, а потім спостерігати за виведеними робочими бджолами. Саме так зробив професор Ротенбюлер. Він виявив, що у вуликах гібридів першого покоління всі бджоли не були гігієнічними: звички їхніх батьків виглядали втраченими, хоча, як виявилось, належні гени не зникли, однак стали рецесивними, як гени блакитних очей у людини. Коли ж Ротенбюлер вдався до зворотного схрещування гібридів першого покоління з чистим гігієнічним різновидом (знов-таки використовуючи маток і трутнів), то отримав вельми цікавий результат. Вулики потомства поділилися на три групи. Одна група демонструвала ідеальну очищувальну поведінку, друга її не виявила, а у третій групі вона була неповною. Ця остання група відкривала чарунки з хворими личинками, але не позбувалася їх. Ротенбюлер висунув припущення, що у цієї групи могли бути два окремих гени: один відповідав за відкривання чарунок, а другий – за викидання личинок. Звичайні гігієнічні різновиди мали обидва гени, натомість вразливі породи мали алелі (конкурентів) обох генів. Гібриди ж, що демонстрували двоїсту поведінку, мабуть, мали ген відкривання чарунок (в подвійній кількості), але не викидання личинок. На думку Ротенбюлера, його експериментальна група чи не цілком негігієнічних бджіл може приховувати підгрупу, що має ген викидання личинок, але нездатна продемонструвати це, бо позбавлена гена відкривання чарунок. Він довів це дуже просто, познімавши кришечки чарунок. Тоді половина начебто негігієнічних бджіл повикидала хворі личинки [20 – Якби перше видання цієї книги мало примітку, то одну з них я присвятив би поясненню (як це ретельно зробив сам Ротенбюлер), що результати дослідження бджіл не були аж такими чіткими і зрозумілими. З багатьох колоній, які, згідно з теорією, не мали б виявляти гігієнічну поведінку, одна саме це демонструвала. За власними словами Ротенбюлера: «Як би нам того не хотілося, заперечувати цей результат не можна, але генетичну гіпотезу ми базуємо на інших даних». Можливо, причиною є певна мутація в аномальній колонії, хоча це малоімовірно.].

Ця історія ілюструє низку важливих моментів, про які йшла мова у попередньому розділі. Вона переконала, що можна абсолютно впевнено говорити про «ген такої-то поведінки», навіть якщо ми не маємо жодної гадки про хімічний ланцюг ембріональних причин, що ведуть від гена до поведінки. Може навіть виявитися, що цей ланцюг причин передбачає навчання. Наприклад, може бути, що ген відкривання чарунок здійснює свій вплив, змушуючи бджіл розсмакувати заражений віск. Тобто, поїдання воскових кришечок, що затуляють інфікованих личинок, видаватиметься їм

приємним, а тому їм це хотітиметься. Навіть якщо цей ген діє саме так, він однак є геном «відкривання», бо за інших однакових умов бджоли, що його мають, урешті-решт відкривають чарунки, а ті, що не мають, не відкривають.

Крім того, ця історія ілюструє, що гени «кооперуються» у своїх впливах на дії комунальної машини для виживання. Ген викидання личинок ні до чого, якщо з ним у парі не йде ген відкривання чарунок, і навпаки. Зрештою, генетичні експерименти однаково безсумнівно доводять, що ці два гени загалом є цілком окремими у своїй мандрівці крізь покоління. Поки мова йде про їхню корисну дію, можна вважати їх єдиною кооперативною одиницею, але як реплікуючі гени вони є двома вільними і незалежними агентами.

Простуючи далі, розглянемо гени виконання різних неймовірних речей. Якщо я маю на увазі, наприклад, певний гіпотетичний ген «порятунку товаришів, що тонуть», а ви не ймете мені віри, згадайте гігієнічних бджіл-санітарів. Пам'ятайте, що ген не є єдиною першопричиною усіх складних м'язових скорочень, об'єднання чуттів чи свідомих дій задля порятунку потопельника. Ми нічого навмисно не зазначаємо про те, чи впливає на поведінку навчання досвід або зовнішні чинники. Достатньо пам'ятати, що за інших рівних умов та присутності багатьох інших важливих генів і зовнішніх факторів один ген може більше прагнути порятунку того, хто потопав, ніж його алель. Отже, різниця між двома генами може виявитися невеликою в якійсь простій кількісній перемінній. Деталі процесу ембріонального розвитку, якими б цікавими вони не були, щодо еволюції неважливі. Про це сказав ще Конрад Лоренц.

Гени є вправними програмістами, бо вони самі програмують своє життя. Їх оцінюють за успіхом їхніх програм з нейтралізації всіх загроз, що ними життя випробовує їхні машини для виживання, а безжальним суддею є саме виживання. Згодом ми розглянемо способи, завдяки яким виживанню генів сприяє альтруїстична поведінка. Але очевидними найважливішими пріоритетами машини для виживання, а також мозку, що приймає для неї рішення, є виживання і розмноження індивіда. Всі гени в «колонії» визнали би ці пріоритети. Тому тварини витрачають чималих зусиль, аби знайти чи вполювати собі їжу; стережуться, щоби їх самих не впіймали і з'їли; бережуться, аби не захворіти і не потрапити в халепу; шукають захисту від несприятливих кліматичних умов; зайняті пошуком представників протилежної статі і схиляють їх до спаровування; а ще передають своїм дітям переваги, подібні до тих, якими насолоджуються самі. Я не буду навмисно наводити приклади – достатньо уважно придивитися до першої ж дикої тварини, що вам трапиться. Однак хочу згадати конкретний тип поведінки, що нам знадобиться, коли говоритимемо про альтруїзм і егоїзм. Цю поведінку в широкому сенсі можна назвати комунікацією [21 – Сьогодні мене вже не задовольняє такий погляд на комунікацію тварин. Ми з Джоном Кребсом у двох статтях стверджували, що більшість сигналів тварин найкраще вважати не інформативними і не оманливими, а радше маніпулятивними. Той чи інший сигнал є засобом, за допомогою якого одна тварина використовує м'язову силу іншої. Спів солов'я не є інформацією, навіть оманливою. Це переконливе, гіпнотичне, неймовірне ораторське мистецтво. Міркування такого роду досягли свого логічного висновку в книзі «Розширений фенотип», частину якого я стисло виклав тут у 13-му розділі. Ми з Кребсом стверджуємо, що сигнали виникають із взаємодії того, що в нас називається читанням думок та маніпуляції. Разом з іншим поглядом на тему сигналів тварин

пропонує Амоц Захаві. В одній із приміток до 9-го розділу я розглядаю ідеї Захаві значно більш схвально, ніж у першому виданні цієї книги.]

Комунікація однієї машини для виживання з іншою стається тоді, коли відбувається вплив на поведінку або стан її нервової системи. Мені б не хотілося наполягати на такому визначенні, але в нашому випадку воно цілком придатне. Під впливом я розумію безпосередній причинний вплив. Прикладів комунікації можна навести багато: пташиний спів та спів жаб і цвіркунів; метилення хвостом і наїжачування шерсті на загривку в собак; «усмішки» у шимпанзе; жести і мова у людей. Велика кількість дій машин для виживання опосередковано сприяє добробуту їхніх генів, впливаючи на поведінку інших машин для виживання. Щоби комунікація була ефективною, тварини витрачають багато зусиль. Спів птахів зачаровує і вражає нові й нові покоління людей. Я вже наводив приклад про ще складніший і загадковіший спів горбатого кита, його дивовижний діапазон частот, що виходить за межі сприйняття людським слухом, від інфразвукового гуркоту до ультразвукового писку. Вовчки надають своєму співові неочікуваної гучності, сидячи в нірках, що їх акуратно риють у формі подвійного рупора або мегафона. Бджоли танцюють у темряві, передаючи іншим бджолам точну інформацію про напрямок і відстань до їжі, що переконує не гірше за людську мову.

Етологи традиційно вважають, що комунікаційні сигнали виникли в процесі еволюції для взаємної користі й того, хто їх надсилає, і того, хто їх отримує. Наприклад, курча впливає на поведінку своєї матері, видаючи високий пронизливий писк, коли заблукало або змерзло. Зазвичай це спонукає курку до негайної дії і вона відводить курча назад до виводка. Можна запевнити, що така поведінка виникла для взаємної користі, бо природний добір посприяв дітям, що пищать, коли заблукали, а також матерям, що належно реагують на цей писк.

На всяк випадок (бо необхідності в цьому насправді немає), ми можемо вважати, що сигнали, такі як пищення, мають певне значення або передають якусь інформацію – тут: «Я заблукав». Сигнал тривоги дрібних птахів, про що йшлося в 1-му розділі, може означати: «Обережно, яструб!». Тварини, отримуючи інформацію і реагуючи на неї, мають із цього зиск. Тому можна сказати, що вони щирі. Але чи повідомляють тварини неправду; чи брешуть вони хоч колись?

Думка про брехню серед тварин може викликати непорозуміння, яким я спробую запобігти. Пам'ятаю, як відвідав лекцію Беатрис та Аллена Гарднерів про їхню знамениту шимпанзе Вошо, «що говорить» (вона використовує американську мову жестів, і її досягнення становлять значний потенційний інтерес для студентів-лінгвістів). Серед слухачів були кілька філософів, і під час обговорення лекції їх дуже хвилювало, чи здатна Воша брехати. Маю підозру, що Гарднери воліли б поговорити про більш цікаві речі, і я був з ними згоден. У цій книзі я використовую слова на зразок «обманювати» і «брехати» у дещо більш прямому сенсі, ніж ті філософи. Їх цікавив насамперед свідомий намір обманювати. А мені йдеться лише про вплив, функціонально еквівалентний обману. Якби птах використав сигнал «Обережно, яструб!», коли поблизу не було жодного яструба, тим самим налякавши своїх родичів, що лишили б йому всю свою їжу, отоді він би збрехав. Однак ми не мали б на увазі, що він навмисно й свідомо прагнув обманути. Йдеться лише про те, що брехун заробив здобич інших птахів, а їхня втеча була реакцією на крик, що має лунає на появу яструба.

Багато істивних комах, таких як метелики з попереднього розділу, імітують зовнішній вигляд несмачних або жалких комах. Ми самі часто помиляємося, сприймаючи мух-дзюрчалок з їхніми чорними й жовтими смужками за ос. Ще більшої вправності досягли деякі мухи, що маскуються під бджіл. Хижаки теж вдаються до неправди. Морський чорт, або вудильник, терпляче чекає на дні моря, цілком там непомітний. Єдиною частиною тіла, що впадає в око, є звивистий, схожий на хробака, нарост на кінці довгої «вудки», що виступає зверху на голові. Коли близько підпливає дрібна рибка, морський чорт трясє перед нею своєю «наживкою», приваблюючи здобич якнайближче до прихованого рота. Раптом він роззявляє щелепи і заковтує рибку. Морський чорт використовує цікавість дрібної риби до схожих на хробака об'єктів. Він наче запевняє: «Ось хробак», і будь-яка рибка, що поведеться на цю брехню, буде швидко з'їдена.

Деякі машини для виживання експлуатують статеві бажання інших. Орхідея офрис бджолоносна схиляє бджіл спаровуватися із її квітками, бо ті дуже схожі на бджолиних самиць. Завдяки цьому обманові орхідея отримує запилення, адже обдурена двома квітками бджола мимохіть переносить пилок з однієї на іншу. Світляки (вогняні мухи, що насправді є жуками) приваблюють своїх статевих партнерів, блимаючи світлом. Кожен вид має свою власну схему спалахів «крапка-тире», що запобігає плутанині між ними і подальшій шкідливій гібридизації. Так само, як моряки виглядають спалахів певних маяків, світляки шукають закодовані світлові сигнали свого виду. Самиці роду *Photuris* «зробили відкриття», що можуть заманювати самців роду *Photinus*, якщо імітуватимуть світловий код самиць цього роду. Саме це вони й роблять, а коли наближається обдурений самець *Photinus*, його негайно з'їдають. На думку приходять аналогії з сиренами та лорелеями, але корнуельцеві звичніше думати про мародерів старих часів, що світлом ліхтарів заманювали кораблі на скелі, а потім розкрадали вантажі з уламків суден.

Виникнення системи комунікації завжди становить небезпеку, що хтось скористається нею задля власного зиску. Схильні вважати еволюцію «щастям для всього виду», ми звикли сприймати брехунів і облудників, насамперед, як представників інших видів: хижаків, здобич, паразитів тощо. Проте виникнення брехні і крутійства, а також експлуатації спілкування з егоїстичною метою слід очікувати щоразу, як розходяться інтереси генів різних індивідів. Це стосується також індивідів одного виду. Як ми згодом пересвідчимося, слід очікувати, що діти дуритимуть своїх батьків, чоловіки – дружин, а брат брехатиме братові.

Віра в те, що комунікаційні сигнали тварин виникли заради взаємної користі, а вже потім експлуатуватися недоброзичливцями, є надто примітивною. Бо може бути так, що тварини відразу використовували комунікацію, щоб обманути, бо всі їхні взаємні дії передбачають хоча б незначний конфлікт інтересів. Наступний розділ познайомить вас із дуже корисним уявленням про конфлікти інтересів з точки зору еволюції.

Агресія. Стабільність і егоїстична машина

Цей розділ присвячений переважно агресії. Ця тема викликає багато непорозумінь. Ми і далі розглядатимемо індивід як егоїстичну машину, запрограмовану робити все можливе задля загальної користі її генів. Так нам буде зручніше. Наприкінці розділу ми повернемося до розгляду інтересів окремих генів.

Для будь-якої машини для виживання інша така машина (якщо це не її власна дитина або інший близький родич) є частиною середовища існування, наче скелі, річки чи пожива. Це щось, що стоїть на її шляху, або щось, чим можна скористатися. Від скелі чи річки вона відрізняється однією важливою рисою: вона здатна захищатись. Бо теж є машиною, що має перенести свої безсмертні гени в майбутнє, і їй ніщо не стане на заваді їх зберегти. Природний добір сприяє генам, що контролюють свої машини для виживання таким чином, щоб використовувати своє середовище на повну силу. Це передбачає максимально ефективне використання інших машин для виживання одного з ними виду, а також й інших.

У деяких випадках машини для виживання не надто втручаються в життя інших. Наприклад, кроти і чорні дрозди не ідуть одне одного, а також між собою не спаровуються і не конкурують за життєвий простір. Та однак не слід вважати їх щодо себе абсолютно ізольованими. Вони можуть конкурувати, наприклад, за земляних хробаків. Це не означає, що ви колись побачите, як кріт із дроздом запекло змагаються за здобич, бо ж може так трапитися, що дрізд за ціле життя жодного разу не погляне на крота. Але якщо знищити популяцію кротів, наслідки від цього для чорних дроздів можуть бути значними, хоча я не ризикну уявити подробиці чи звивисті шляхи цього впливу.

Машини для виживання різних видів впливають одна на одну по-різному. Вони можуть бути хижакми чи здобиччю, паразитами чи господарями, конкурентами за якісь обмежені ресурси. Їх можуть також експлуатувати особливим чином, коли, наприклад, квіти використовують бджіл для перенесення свого пилку.

Натомість машини для виживання якогось одного виду мають тенденцію втручатись у життя одна одної більш безпосередньо. Це відбувається з багатьох причин. Одна з них полягає в тому, що половина популяції власного виду індивіда потенційно є його партнерами або батьками, що тяжко працюють задля дітей. Іншою причиною є те, що представники одного виду, маючи разючу подібність як машини для збереження генів в однакових умовах середовища, є прямими конкурентами за всі необхідні для їхнього життя ресурси. Кріт може бути конкурентом дрозда, але не таким важливим, як інший дрізд. Кроти можуть конкурувати з дроздами за хробаків, але дрозди з дроздами конкурують між собою і за хробаків, і за все інше. Якщо вони однієї статі, то можуть конкурувати за партнерів для спаровування. З певних причин, про які ми говоритимемо згодом, конкурують, як правило, самці за самиць. А це означає, що самець принесе користь своїм власним генам, якщо зробить щось на шкоду іншому самцеві, з яким конкурує.

Таким чином, логічною поведінкою для будь-якої машини для виживання, схоже, є знищити своїх конкурентів, а потім ще й з'їсти їх. Однак, хоча вбивство і канібалізм дійсно трапляються в природі, вони не аж так поширені, як може уявити собі наївна інтерпретація теорії егоїстичного

гена. По суті, Конрад Лоренц у своїй праці «Про агресію» наголошує саме на стриманій і джентльменській природі боротьби тварин. На його думку, характерною особливістю сутичок між тваринами є те, що вони відбуваються наче офіційні турніри, за певними правилами, як у боксі чи фехтуванні. Тварини б'ються «в рукавичках» і «з тупими наконечниками». Замість готовності перемогти або загинути вони демонструють гучні погрози та блеф. Переможці цілком задовольняються зовнішніми проявами капітуляції суперника, стримуючись від останнього удару чи укусу, що їх може намалювати наша наївна уява.

Щоправда, така інтерпретація агресії тварин як стриманої і формальної може викликати заперечення. Зокрема, геть несправедливо було б ганьбити бідолашного старого *Homo sapiens* як єдиний вид, що убиває собі подібних (єдиного нащадка каїнової печатки), та закидати йому інші схожі мелодраматичні звинувачення. Що саме має на увазі натураліст – жорстокість чи стримування тваринної агресії – залежить почасти від видів тварин, що їх він використовує для спостережень, а почасти від його еволюційних упереджень. Лоренц, зрештою, є прихильником ідеї «користі для всього виду». Хоч уявлення про бійки тварин «у рукавичках» дещо перебільшене, в ньому, однак, є частка правди. На перший погляд, це схоже на певну форму альтруїзму. Теорія егоїстичного гена має бути готова пояснити це складне завдання. Чому тварини не вбивають конкурентних представників свого виду за кожної нагоди?

Загальна відповідь на це може бути такою: нестримувана агресія має свої переваги і хиби, і це не тільки очевидні витрати часу та енергії. Наприклад, уявімо, що моїми конкурентами одночасно є якісь В та С, і раптом я стрічаю В. Мені, егоїстичному індивідові, може здатися розумною думка вбити його. Але, стривайте, С – також мій конкурент, і С – також конкурент В. Убивши В, я можу зробити послугу С, усунувши одного з його конкурентів. Можливо, я зроблю краще, дозволивши В жити, бо він тоді зможе конкурувати або битися із С, опосередковано приносячи мені користь. Висновок із цього невибагливого гіпотетичного прикладу такий, що в нерозсудливому намаганні вбити конкурентів немає безсумнівної користі. У великій і складній системі конкурентних відносин усунення одного конкурента зі сцени не обов'язково є досягненням, бо його смерть може бути більше на руку іншим конкурентам, ніж убивці. Цей важливий урок добре засвоїли ті, кому доводилось боротися зі шкідниками сільськогосподарських культур. Лише уявіть собі на хвилинку, що вам серйозно дошкуляє певний шкідник. Ви натрапляєте на ефективний спосіб його знищити і радо це робите, але виявляєте, що це знищення пішло на користь не лише вашій культурі, а й іншому шкідникові. І ситуація, натомість, стає ще гіршою, ніж була.

З іншого боку, вбивство або, принаймні, безкомпромісна боротьба з конкретними суперниками може виглядати чудовим планом. Якщо В – морський слон, що має великий гарем, повний самиць, а я – інший морський слон – можу заволодіти його гаремом, убивши суперника, мені варто спробувати зробити це. Але навіть у вибірковій агресії існують певні збитки і ризики. В інтересах В ув'язатися в бій, аби захистити цінну власність. Якщо я почну сутичку, то маю такі самі шанси загинути в ній, як і він. Або навіть більші. Він володіє цінним ресурсом, і саме тому я хочу з ним битися. Але чому він ним володіє? Можливо, він здобув його в бою. Чи переміг інших претендентів до мене. Він, мабуть, вправний борець. Навіть якщо я виграю

сутичку і здобуду гарем, то можу отримати такі поранення, що буду не здатний насолодитись здобутими перевагами. До того ж, сутичка вимагає багато часу та енергії. А їх, можливо, краще приберегти на потім. Якщо певний час добре харчуватися й уникати халеп, я стану більшим і сильнішим. Врешті-решт, я таки битимуся із В за гарем, але тоді, коли матиму кращі шанси на перемогу. Тому варто зачекати, а не гарячкувати.

Цей уявний монолог потрібен на те, щоби довести, що перед тим, як вирішити, чи варто битися, краще добре зважити на можливі втрати і виграти. Сутичка не завжди потенційно вигідна, хоча, безумовно, іноді це саме так. Так само й під час бійки, кожне тактичне рішення щодо ескалації чи зменшення напруги має свої плюси й мінуси, які можна, врешті, проаналізувати. Певним чином це вже давно визнавалось етологами, але лише Дж. Мейнард Сміт, що його, зазвичай, етологом не вважають, висловив цю ідею переконливо та чітко. В співпраці з Дж. Р. Прайсом та Дж. А. Паркером він використовує галузь математики, відому як теорія ігор. Їхні прості ідеї цілком можна висловити словами, не вдаючися до математичних символів, хоча й дещо втративши на точності.

Головною концепцією, що її пропонує Мейнард Сміт, є ідея еволюційно стабільної стратегії, яку він прослідковує ще в роботах В. Д. Гамільтона та Р. Г. МакАртура. «Стратегія» – це заздалегідь запрограмована лінія поведінки. Прикладом стратегії є такий принцип дій: «Атакуй суперника, якщо він тікає – переслідуй, а якщо нападає – тікай». Важливо розуміти, що ми не вважаємо стратегію свідомо розробленою індивідом. Пам'ятайте, що ми уявляємо собі тварин як певних роботів – машини для виживання із заздалегідь запрограмованим комп'ютером, що контролює м'язи. Зобразити стратегію у вигляді низки простих інструкцій зрозумілою мовою – це лише спосіб, яким ми можемо спростити уявлення про неї. За допомогою якогось невстановленого механізму тварина поводить себе так, неначе вона дотримується цих інструкцій.

Стратегія визначається як еволюційно стабільна (ЕСС), якщо, за умови прийняття більшістю членів популяції, її не зможе перевершити жодна альтернативна стратегія [22 – Тепер я хотів би висловити важливу ідею ЕСС більш прикладним чином. ЕСС – це стратегія, яка добре працює проти копій самої себе. Обґрунтування буде таким: успішною є та стратегія, що домінує в популяції. Тому їй так чи інакше доведеться мати справу з власними копіями. Відповідно, вона не зможе лишатись успішною, якщо не буде ефективною проти копій самої себе. Це визначення не є таким математично точним, як у Мейнарда Сміта, і не замінить його визначення, бо, загалом, неповне. Проте воно все ж має певну цінність, яка полягає в стислому (інтуїтивно зрозумілому) викладенні основної ідеї ЕСС. Сьогодні ідея ЕСС вже стала більш поширеною серед біологів, ніж коли писався цей розділ. Сам Мейнард Сміт підбив підсумки розвитку уявлень про неї до 1982 року у своїй книзі «Еволюція та теорія ігор». Дещо пізніше видав свій твір Джеффри Паркер, інший провідний дослідник цього питання. Теорія ЕСС використовується і в «Еволюції кооперації» Роберта Аксельрода, але я не розглядатиму її тут, оскільки поясненню роботи Аксельрода переважно присвячена один з моїх двох нових розділів – «Чемні хлопці фінішують першими». Моїми власними працями на тему теорії ЕСС з часу виходу першого видання цієї книги стали стаття під назвою «Добра стратегія або еволюційно стабільна стратегія?», а також написані у співавторстві статті про риючих ос, які розглядаються в примітці до с. 133.]. Це доволі цікава та важлива

ідея. Іншими словами, найкраща стратегія для індивіда залежить від того, як поводить себе більшість популяції. Оскільки решта популяції складається з індивідів, кожен із яких намагається максимізувати свій власний успіх, єдиною стратегією, що залишиться, буде та, яку після її появи не зможе перевершити жоден індивід із відхиленнями від норми. Після суттєвої зміни умов середовища може настати короткий період еволюційної нестабільності, можливо, навіть коливання в популяції. Але одразу після того, як ЕСС буде досягнуто, вона залишатиметься незмінною: відхилення від неї каратиметься добром.

Аби застосувати цю ідею до агресії, розглянемо один із найпростіших гіпотетичних випадків, запропонованих Мейнардом Смітом. Уявімо, що в популяції окремого виду є лише два типи стратегії боротьби: «яструба» та «голуба». (Ці назви походять із загальновизнаного людського сприйняття і ніяк не пов'язані зі звичками однойменних птахів: голуби насправді є доволі агресивними.) Будь-який індивід з нашої гіпотетичної популяції класифікується як «яструб» або «голуб». «Яструби» завжди б'ються якомога запекліше й завзятіше, відступаючи лише при серйозному пораненні. «Голуби» ж лише погрожують, із гідністю, але шаблонно, ніколи й нікому не завдаючи справжніх поранень. Якщо «яструб» вступає в сутичку з «голубом», той швидко тікає, а тому не отримує поранень. Якщо «яструб» б'ється з «яструбом», бійка триватиме, доки один із них не буде серйозно або смертельно поранений. Якщо ж «голуб» має справу з «голубом», то обидва лишаються неушкодженими, довго позуючи один перед одним, аж поки хтось із них не втомиться і захоче припинити, тому відступить першим. Досі ми вважали, що не існує жодного способу, яким індивід міг би заздалегідь визначити, хто перед ним: «яструб» чи «голуб». Він виявляє це, лише ув'язавшись в сутичку зі своїм супротивником, водночас не беручи до уваги досвід попередніх бійок, що міг би йому пригодитися.

Тепер суто довільним чином розподілимо між суперниками «очки». Скажімо, 50 очок надаватиметься за перемогу, 0 – за поразку, – 100 – за серйозне поранення та –10 – за змарнований тривалим суперництвом час. Ці очки можуть вважатися вільно конвертованими у валюту виживання генів. Той індивід, який отримує найбільше очок (має найбільший середній результат), лишає в генофонді багато своїх генів. Отже, точні цифри не мають аж такого значення, але вони допоможуть з'ясувати суть проблеми.

Важливо зазначити, що нас не цікавить, чи матимуть «яструби» тенденцію перемагати «голубів» у сутичці. Ми вже знаємо відповідь: «яструби» завжди перемагатимуть. Ми хочемо дізнатися, чи є стратегія «яструба» або «голуба» еволюційно стабільною. Якщо одна з них є ЕСС, а інша ні, слід очікувати, що розвиватиметься саме та, що є еволюційно стабільною. Теоретично можливе існування двох ЕСС. За умови, якщо найкраща стратегія для будь-якого конкретного індивіда використовуватиметься ним незалежно від стратегії більшості членів популяції, чи то «яструбів», чи то «голубів». Ось тоді популяція має обирати з двох стабільних станів той, який досягла першим. Проте, як ми згодом пересвідчимось, жодна з цих двох стратегій («яструба» чи «голуба»), зрештою, не буде еволюційно стабільною сама по собі, і не варто плекати надію, що якась із них еволюціонуватиме. Це продемонструє підрахунок середнього результату обох стратегій.

Уявімо, що ми маємо популяцію, яка цілком складається з «голубів». Хоч вони і б'ються між собою, поранень ніхто не отримує. Їхнє суперництво

набуває вигляду тривалих ритуальних турнірів, таких, як боротьба поглядами, що завершується, коли один із суперників відступає. Тоді переможець отримує 50 очок за здобуття спірних ресурсів, але сплачує певний штраф – десь -10 очок за змарнований час на довгі «витрішки», тому загалом отримує 40. У того, хто програв, також забиратиметься 10 очок за «витрішки». В середньому, будь-який «голуб» виграє десь половину зі своїх сутичок, а половину програє. Отже, його винагорода за результатами кожної сутички становить середнє значення між +40 та -10, тобто, +15. Тобто, кожному «голубові» зі своєї популяції, здається, ведеться доволі непогано.

А тепер уявімо, що в популяції з'являється мутантний «яструб». Оскільки він є самотнім «яструбом», він нападатиме на «голубів». «Яструби» завжди їх долають, тому він отримує 50 очок за кожен двобій, і це його середній результат. Він насолоджується величезною перевагою над «голубами», кожен з яких спромігся досягти лише +15 очок. Завдяки цьому в усій популяції гени «яструба» швидко поширюватимуться. Але тоді «яструб» не зможе вважати свого суперника за «голуба». В остаточному підсумку (коли гени «яструба» поширяться аж так успішно, що вся популяція складатиметься з «яструбів»), всі сутички відбуватимуться між «яструбами». Отже, результат двобою моделюватиметься інакше. Адже тоді, коли «яструб» битиметься з «яструбом», хтось із них буде поранений, а це -100 очок, тоді як переможець отримає +50. Кожен «яструб» у своїй популяції може виграти десь половину зі своїх двобоїв, а половину програти. Тому передбачається, що його середня винагорода за результатами кожної сутички складатиме середнє арифметичне між +50 та -100, що становитиме -25. Тепер уявімо собі одного-єдиного «голуба» в популяції «яструбів». Безумовно, він програватиме всі свої двобої, але також ніколи не отримуватиме поранень. Його середній результат у популяції яструбів складатиме 0, а от «яструба» у власній популяції становитиме -25. Таким чином, саме гени «голуба» швидко поширюватимуться в оцій популяції.

Я розповів про це так, неначе в популяції постійно відбуваються певні коливання. Поступово починають домінувати гени «яструба», після чого (внаслідок «яструбиної» більшості) перевагу отримують гени «голуба», які збільшують свою чисельність, поки перевагу знову беруть гени «яструба» і т. д. Однак у таких коливаннях немає жодної потреби. Адже існує стабільне співвідношення «яструбів» до «голубів». Згідно з довільною системою очок, до якої ми вдалися, стабільне співвідношення становить десь 5?12 «голубів» проти 7?12 «яструбів». Коли воно досягається, середні результати «яструбів» і «голубів» абсолютно однакові. Тому добір не віддає перевагу жодній стратегії. Якби кількість «яструбів» у популяції почала поступово зростати, перевищивши співвідношення 7?12, «голуби» почали б отримувати додаткову перевагу, і співвідношення хитнулося б назад до стабільного стану. Так само, як стабільним чисельним співвідношенням статей є 50:50, стабільне співвідношення «яструбів» до «голубів» у цьому гіпотетичному прикладі складає 7:5. Тобто, якщо існують коливання навколо стабільної точки, вони не обов'язково мають бути дуже великими.

На перший погляд це трохи нагадує груповий добір, але насправді виглядає інакше. Схоже на груповий добір, бо дає нам можливість вважати, що популяція має стабільну рівновагу, яку схильна досягати при збуреннях. Але ЕСС є значно більш тонкою концепцією, ніж груповий добір. Вона не має нічого спільного з тим, що одні групи успішніші за інші. Це можна чудово довести, використавши систему довільних очок з нашого гіпотетичного

прикладу. Середній результат індивіда в стабільній популяції, що складається з 5?12 «яструбів» і 7?12 «голубів», становитиме 6?. Це справедливо незалежно від того, є індивід «яструбом» чи «голубом». Але ж 6? – це значно менше за середній результат «голуба» у власній популяції (15). Тільки якщо всі погодяться стати «голубами», виграє кожен індивід. За рахунок простого групового добору будь-яка група, де всі індивіди разом погодяться стати «голубами», могла би стати значно успішнішою за конкурентну групу, що дотримується співвідношення ЕСС. (Власне кажучи, спільне рішення, щоб усім стати «голубами», не створить найуспішнішої групи з усіх можливих. У групі, що нараховує 1?6 «яструбів» та 5?6 «голубів», середній результат усіх сутічок складатиме 162?3. Це найуспішніша з усіх змов, але для наших намірів не варта уваги. Значно кращою за ЕСС для кожного індивіда може бути намовляння усім стати «голубами», з її середнім результатом для кожного індивіда в 15 очок.) Таким чином, теорія групового добору передбачала б еволюційну тенденцію щодо рішення усім стати «голубами», оскільки група, що містить 7?12 «яструбів», була би менш успішною. Але для змов, навіть тих, що в тривалій перспективі вигідні для всіх, характерні зловживання. Це щира правда, що всім буде краще жити саме в групі, де всі – «голуби», ніж у групі ЕСС. Однак єдиний «яструб» у змовах серед «голубів» почуватиметься аж так добре, що еволюцію «яструбів» годі буде спинити. Тому будь-які змови приречені руйнуватися із середини зрадою. Еволюційно стабільна стратегія є стабільною не через те, що вона особливо комфортна для індивідів, що беруть у ній участь, а лише тому, що має імунітет до зради зсередини.

Люди можуть домовлятися чи плекати змови задля переваги кожного індивіда, навіть якщо ті не стабільні в сенсі ЕСС. Але це можливо лише тому, що кожен індивід використовує своє свідоме передбачення і здатен побачити, що дотримання правил домовленості відповідає його власним довгостроковим інтересам. Навіть у людських домовленостях існує постійна небезпека, що, порушивши їх, індивіди побачать можливість отримати в найближчий термін стільки, що спокуса зробити це стане непереборною. Мабуть, найкращим є приклад фіксування цін. Далекосяжними намірами усіх власників АЗС є стандартизувати ціну на бензин за якоюсь штучно завищеною вартістю. Об'єднання підприємців, що базується на свідомому оцінюванні своїх інтересів, можуть підтримувати своє існування досить довго. Проте іноді окремих ділків приваблює бажання отримати швидкий спекулятивний прибуток, знизивши ціни. Конкуренти роблять те саме, і хвилі зниження цін накочуються на країну. На жаль для решти з нас, в цьому разі свідомі передбачення власників АЗС підтверджуються, і вони укладають нову домовленість із фіксації цін. Таким чином, навіть у людини (виду з даром свідомого передбачення) домовленості або змови, що тримаються на довгострокових найкращих інтересах, постійно коливаються на краю прірви через підступ зсередини. У диких же тварин, контрольованих конкурентними генами, побачити можливі шляхи еволюції стратегій групової користі або змови ще складніше. Доводиться визнати, що еволюційно стабільні стратегії поширені скрізь.

У наведеному прикладі, який ми розглянули, ми припустили, що будь-який індивід є або «яструбом», або «голубом». Закінчили ж ми еволюційно стабільним співвідношенням «яструбів» до «голубів». На практиці це означає, що в генофонді можна досягти стабільного співвідношення генів «яструба» і «голуба». В генетиці для такого явища існує технічний термін «стабільний поліморфізм». Якщо говорити про цифри, то саме такої ЕСС можна

досягти іншим чином, без поліморфізму. Якщо кожен індивід здатен поводитись як «яструб» або «голуб» у конкретній сутичці, то можна досягти ЕСС, де всі індивіди матимуть однакову ймовірність поводитися наче «яструб», що у нашому прикладі становить $7/12$. Це означає, що індивід приймає випадкове рішення, як саме йому поводитися, але з перевагою 7 до 5 на користь «яструба». Дуже важливо, що рішення, хоч і буде з перевагою на користь «яструба», має бути випадковими, щоби конкурент не міг здогадатись, як поводитиметься його суперник. Неправильно, наприклад, діяти як «яструб» сім сутичок поспіль, а потім як «голуб» п'ять сутичок поспіль і т. д. Якби хтось дотримувався такої простої послідовності, його конкуренти швидко вирахували б її та отримали перевагу. Бо, знаючи напевне, що матимуть справу з «голубом», вони б поводитися як «яструби».

Приклад з «яструбом» та «голубом», звісно, дещо наївний. Це «модель» – тобто щось, чого насправді в природі нема, але водночас допомагає збагнути справжні природні процеси. Такі моделі, хоч і прості, однак корисні для розуміння певної суті або ідеї. Прості моделі можна удосконалити і поступово ускладнити. Якщо це робити, вони досягатимуть більшої схожості із реальним світом. Одним зі способів, з якого ми можемо почати поглиблення моделі «яструба» і «голуба», є введення кількох додаткових стратегій. «Яструб» та «голуб» є не єдиними можливими варіантами поведінки. Більш складна стратегія, яку запропонували Мейнард Сміт та Прайс, називається «месник».

На початку кожної сутички «месник» діє як «голуб». Це означає, що він не наступає відчайдушно по всьому фронту, подібно до «яструба», а лише використовує загальні погрози. Проте, якщо суперник його атакує, він поводитьсь так само. Тобто, коли «месника» атакує «яструб», той поводитиметься як «яструб», а коли має справу з «голубом», тоді діє як «голуб». Коли ж він стикається з іншим «месником», то діє як «голуб». Бо «месник» є так званим умовним стратегом. Його поведінка цілком залежить від поведінки суперника.

Інший умовний стратег називається «задиракою». «Задирака» зазвичай поводитьсь як «яструб», поки хтось не дасть йому здачі. Тоді він одразу тікає. Ще одним прихильником умовної стратегії є «месник-випробувальник». Він нагадує «месника», але часом вдається до ескалації сутички. Якщо його суперник не дає одкоша, він наполегливо поводитьсь як «яструб». Але коли отримує належну відповідь, він вдається до поширених погроз як «голуб». Якщо ж його атакують, він поводитьсь як звичайний «месник».

Коли змодельювати на комп'ютері, що всі п'ять стратегій, про які була мова, змагаються між собою, еволюційно стабільною виявиться лише одна з них – «месник» [23 – Це твердження, на жаль, було неправильним. В оригінальній статті Мейнарда Сміта та Прайса виявилась помилка, а я необачно повторив її в цьому розділі, зробивши ще гірше – доволі по-дурному заявивши, що «випробувальник-месник» є «майже» еволюційно стабільною стратегією (якщо якась стратегія є «майже» ЕСС, тоді вона не є жодною ЕСС і буде переможена). На перший погляд, «месник» схожий на ЕСС, бо в популяції «месників» жодна інша стратегія не виявляється кращою. Але «голуб» діє однаково добре, оскільки в популяції «месників» його неможливо відрізнити за поведінкою від «месника». Відповідно, «голуб» може доволі легко пробратися до цієї популяції. А от далі чигають проблеми. Дж. С. Гейл та Л. Дж. Івс створили динамічну комп'ютерну модель, в якій провели популяцію

тварин крізь велику кількість поколінь еволюції. Вони показали, що справжньою ЕСС у цій грі, по суті, є стабільна суміш «яструбів» та «задирак». Це не єдина помилка в ранніх працях з ЕСС, виявлена динамічним моделюванням такого типу. Іншим чудовим прикладом є моя власна помилка, що розглядається в примітках до 9-го розділу.]. Стратегія «месник-випробувальник» близька до стабільної. «Голуб» – не є стабільною стратегією, бо в популяції «голубів» поширились би «яструби» і «задираки». «Яструб» – також не стабільна стратегія, бо в популяції «яструбів» поширились би «голуби» і «задираки». «Задирака» – не стабільна стратегія тому, що в цій популяції поширились би «яструби». В популяції ж «месників» не поширилась би жодна інша стратегія, бо не існує ефективнішої за неї. Проте «голуб» у популяції «месників» так само ефективний. Це означає, що за інших однакових умов кількість «голубів» могла б збільшуватися. Але якби вона зросла до певного значного рівня, перевагу одразу б отримали «месники-випробувальники» (і, до речі, «яструби» й «задираки»), оскільки вони ефективніші проти «голубів», ніж «месники». Зрештою стратегія «месник-випробувальник», на відміну від «яструба» та «задираки», є майже ЕСС, бо в її популяції ефективнішою може бути лише стратегія «месника», та й то не завжди. Можна розраховувати, що домінувати здатне поєднання «месників» і «месників-випробувальників» (можливо, навіть з незначними змінами у співвідношенні між ними) з невеликою і нестабільною кількістю «голубів». Отже, не варто розмірковувати з позиції поліморфізму, згідно з якою кожен індивід завжди застосовує лише одну якусь стратегію. Бо він може маніпулювати складним поєднанням «месника», «месника-випробувальника» і «голуба».

Ці теоретичні розрахунки близькі до того, що насправді відбувається з дикими тваринами. Ми вже певним чином пояснили такий аспект тваринної агресії, як «кулак у рукавичці». Звісно, деталі залежать від точної кількості «очок», що присуджуються за перемогу, поранення, марнування часу тощо. У морського слона призом для переможця можуть бути майже монополні права на великий гарем самиць. Тому перемога цінується дуже високо. Не дивно, що сутички між суперниками жорстокі, тому також імовірні серйозні поранення. Змарнований час важить менше за поранення чи перемогу. Хоча для дрібної пташки в холодному кліматі першорядне значення може мати вартість часу. Годуючи пташенят, синиці доводиться ловити в середньому по одній комасі кожні тридцять секунд. Для неї важлива кожна секунда денного світла. Навіть порівняно короткий час, змарнований на сутичку «яструба» з «яструбом», мабуть, буде для такої пташки серйознішою втратою, ніж ризик поранення. На жаль, сьогодні ми знаємо надто мало, щоб визначити реалістичні цифри втрат і здобутків від різноманітних подій у природі [24 – У наш час ми вже маємо деякі достовірні дані польових досліджень витрат та вигід у природі, інтегровані в конкретні моделі ЕСС. Один із найкращих прикладів дають нам великі золотисті ріючі оси Північної Америки. Це не ті знайомі нам соціальні оси, що восени налітають на банки з варенням – безплідні самиці, які працюють на свою колонію. Кожна самиця ріючих ос діє самотужки, присвячуючи своє життя тому, щоб забезпечити прихистком та харчуванням свої личинки. Зазвичай, самиця береться рити в землі довгу нірку, на дні якої розташована простора камера. Після цього вона починає полювати на здобич (різні види коників). Знаходячи жертву, вона жалить її, щоб паралізувати, після чого затагує в свою нірку. Наскладавши таким чином чотири-п'ять коників, вона відкладає на верхівку купи яйце та запечатує нірку. Згодом із яйця вилуплюється личинка, яка харчується припасеними кониками. До речі, ідея паралізації здобичі, а не вбивства, полягає в

тому, щоби та не розкладалась, а поїдалася живцем, тобто, свіжою. Саме ця моторошна звичка у споріднених ос-вершниць спонукала Дарвіна написати: «Не можу переконати себе, що всемілостивий та всемогутній Бог міг спеціально створити їхневмонід, аби вони харчувались ще живими тілами гусениць...». Так само Дарвін міг би скористатися прикладом французького шеф-кухаря, який варить омарів живцем задля збереження смаку й аромату. Та що стосується самиці риючих ос, повторюся, що вона живе окремо, якщо не зважати на інших самиць, що працюють собі на тій самій території та іноді захоплюють готові нірки одна в одній, не переймаючись тим, щоб вирити нову. Доктор Джейн Брокманн – це наче Джейн Гудолл у вивченні ос. Вона приїхала з Америки, щоби працювати зі мною в Оксфорді, привізши із собою численні записи ледь не про всі події в житті двох повних популяцій індивідуально ідентифікованих самиць. Ці записи були настільки повними, що дозволили скласти бюджети часу окремих ос. Час потребує економії: чим більше часу витрачається на одну частину життя, тим менше його залишається на решту. До нас приєднався Алан Графен, розповівши, як правильно розраховувати витрати часу та репродуктивні вигоди. Ми знайшли докази справжньої змішаної ЕСС у грі між самицями ос в одній із популяцій у Нью-Гемпширі, хоча й не змогли знайти такі докази в іншій популяції у Мічигані. Якщо коротко, нью-гемпширські осі або риють власні нірки, або забирають вириті іншими осами. Дотримуючися нашої інтерпретації, осам може бути вигідно забирати чуже житло, бо іноді господарі залишають вириті ними нірки, якими цілком можна скористатися знову. Забирати зайняту нірку, звичайно, не вигідно, але оса ніяк не може знати, яка нірка зайнята, а яка полишена. Вона може прожити кілька днів у вже зайнятій нірці, а потім якось, повернувшись додому, виявить, що та запечатана, а всі її зусилля змарновані – інша оса вже відклала своє яйце та використовує її роботу. Якщо в популяції відбувається забагато зазіхань на чуже житло, досягне житло стає дефіцитним, збільшується ймовірність подвійного заселення, а тому рити нірки може бути вигідно. І навпаки, якщо багато ос риють собі нірки самі, велика кількість вільного житла сприяє інтересу самиць до чужого. Існує певна критична частота зазіхань у популяції, завдяки якій риття та загарбання стають однаково вигідними. Якщо дійсна частота є нижчою за критичну, природний добір сприяє загарбанню через велику кількість доступних покинутих нірок. Якщо ж дійсна частота є вищою за критичну, виявляється нестача доступних нірок, і природний відбір сприяє намірам рити. Таким чином у популяції підтримується баланс. Детальні, кількісні докази наводять на думку, що ми маємо справжню змішану ЕСС, коли кожна окрема оса може або рити, або зазіхати на готове, а не популяцію, що складається з вузьких спеціалістів – тих, що риють, та тих, що забирають.]. Ми повинні бути уважними і не квапитися робити висновки, що походять лише з нашої власної довільної думки. Отже, загальні важливі підсумки полягають у тому, що ЕСС має тенденцію еволюціонувати, що вона відрізняється від оптимальної стратегії, якої можна досягти за рахунок групової змови, а також, що здоровий глузд може збити з пантелику.

Іншим різновидом військової гри, розглянутим Мейнардом Смітом, є «війна на виснаження». Можна вважати, що вона характерна для виду, який уникає небезпечних бійок – цілком можливо, добре захищеного виду, де поранення є малоімовірними. Всі суперечки у цього виду вирішуються визнаними позами. Будь-яка сутичка завжди завершується відступом одного з конкурентів. Для перемоги достатньо непорушно стояти й неухильно дивитися на суперника, допоки він, урешті-решт, не повернеться задки. Вочевидь, жодна тварина не може витрачати час на погрози, адже має важливі справи, що їх потрібно

зробити. Ресурси, за які вона конкурує, можуть бути цінними, але їхня вартість не безмежна. Ці ресурси варті лише певного часу, і, неначе на аукціоні, кожен індивід готовий витратити на них не більше за певний ліміт. Час є валютою цього своєрідного аукціону на двох.

Уявімо, що такі індивіди заздалегідь визначили для себе, якої саме кількості часу вартий конкретний ресурс, наприклад, самиця. Отже, мутантний індивід, готовий витратити трохи більше часу, завжди перемагатиме. Тобто, стратегія, що підтримує фіксовану межу витрачених зусиль, є нестабільною. Навіть якщо вартість ресурсу можна точно оцінити, і всі індивіди роблять правильні ставки, така стратегія однак є нестабільною. Будь-які два індивіди, що поведуться відповідно до цієї максимальної стратегії, відступатимуть в один і той самий момент, і жоден з них не отримуватиме ресурсу! Тоді індивідові варто поступатися відразу, а не марнувати час на суперництво. Зрештою, важлива різниця між виснажуванням і справжнім аукціоном полягає в тому, що у першій ситуації обидва учасники кожен складає свою ціну, але лише один із них отримує винагороду. В популяції тих, хто докладає більших зусиль, таким чином, стратегія відступу з самого початку могла би бути успішною та поширитись в усій популяції. Внаслідок цього певну вигоду почали б отримувати індивіди, що не відступають одразу, а вичікують декілька секунд. Ця стратегія має переваги щодо тих, хто швидше припиняє змагатися і поки домінує у популяції. Тоді добір сприяв би поступовому збільшенню часу до відступу, аж доки той би знову не наблизився до максимуму, доцільного з огляду на справжню вартість ресурсу, за який відбувається конкуренція.

Знову виникло враження певних коливань у популяції. Але математичний аналіз засвідчує, що це враження помилкове. Існує еволюційно стабільна стратегія, яку можна представити у вигляді математичної формули, але словами вона передається так: кожен індивід продовжує боротьбу протягом непередбачуваного часу. Тобто, непередбачуваного для будь-якої конкретної ситуації, але, на загал, такому, що ґрунтується на справжній вартості ресурсу. Наприклад, уявімо, що ресурс насправді вартий п'яти хвилин демонстративного позування. При ЕСС будь-який конкретний індивід може позувати більше чи менше, або навіть рівно п'ять хвилин. Важливо те, що його суперник ніяк не може передбачити, як довго воно щоразу триватиме.

Очевидно, що у виснажуванні сил суперника життєво важливо, щоб індивіди не засвідчили бажання поступитися. Той, хто хоча б найменшим тремтінням вусиків видав, що він замислив про відступ, одразу потрапляє в гірше становище. Коли, скажімо, тремтіння вусиків означатиме очевидне бажання поступитися десь за хвилину, переможну стратегію було б нескладно вирахувати: «Якщо у твого суперника тремтять вусики, вичекай ще хвилинку, хоч що би ти планував раніше. Якщо ж вусики твого суперника ще не тремтять, а ти однаково збирався відступити десь за хвилину, роби це відразу й не марнуй часу. Ніколи не видавай себе тремтінням власних вусиків». Таким чином, природний добір швидко реагуватиме на тремтіння вусиків чи будь-які аналогічні зрадливі ознаки власних планів. В перебігу еволюції має виникнути безпристрасний вираз на обличчі чи морді.

Чому саме безпристрасний вираз, а не відчайдушна брехня? Через те, що брехня не стабільна. Уявімо, що більшість індивідів наїжають шерсть на загривку лише тоді, коли дійсно мають намір протистояти до виснаження. На це мала би виникнути прогнозована реакція: суперник змушений відступати.

Але тоді можуть з'являтися маніпулятори: ті, що насправді не мають наміру боротися, наїжачуватимуть шерсть задля того, щоб хитрощами здобути легку і швидку перемогу. Отже, гени таких шахраїв поширюватимуться. Коли кількість їхніх носіїв переважатиме, добір хитнеться на користь одурених індивідів. Маніпуляторів знову стане менше. У виснажуванні брехня є не більш еволюційно стабільною за правду. Еволюційно стабільним є насамперед безпристрасне обличчя чи морда. Бо коли виникне бажання відступати, воно виглядатиме раптовим і непередбачуваним.

Досі ми розглядали лише те, що Мейнард Сміт називає «симетричним» суперництвом. Це означає, що ми припускаємо ідентичність суперників у всьому, окрім їхньої стратегії боротьби. Мають на увазі, що «яструби» та «голуби» однаково сильні, добре озброєні й захищені, а також мають отримати від перемоги однаково винагороду. Це зручне припущення для моделювання, але не вельми реалістичне. Паркер та Мейнард Сміт пішли далі, розглянувши також асиметричне суперництво. Наприклад, якщо індивіди мають різний розмір та засоби боротьби, до того ж здатні порівняти свої розміри, чи впливає це на ЕСС, що виникає? Напевно, що впливає.

Схоже на те, що існують три головні різновиди асиметрії. Перший ми щойно розглянули: суперники можуть відрізнитися своїми розмірами або бойовим спорядженням. По-друге, індивіди можуть отримувати різні переваги від перемоги. Наприклад, старий самець, якому лишилося і так недовго, менше втрачає від поранення, ніж молодий, якому ще жити й плодитися.

По-третє, дивним наслідком теорії є те, що суто довільна і, вочевидь, незначна асиметрія може вплинути на появу ЕСС, оскільки її можна використати для швидкого вгамування суперництва. Наприклад, часто на території, за яку вестиметься боротьба, один суперник з'являється раніше за іншого. Назвемо їх згідно із цим «резидентом» і «загарбником». Також я припускаю, що загалом переваги ніхто з них не має. Як ми згодом побачимо, існують практичні причини, чому це припущення може бути помилковим, але це не так важливо. Річ у тім, що навіть якби не було жодних загальних підстав припускати, що «резиденти» мають перевагу над «загарбниками», може виникнути ЕСС, залежна саме від асиметрії. Виникає проста аналогія з підкиданням монети, яким люди швидко і спокійно вирішують суперечки.

Кінець ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию (https://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=24834631&lfm=362673004) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.

notes

Примечания

1

Книга Остіна Берта та Роберта Тріверса «Гени в конфлікті: біологія егоїстичних генетичних елементів» (Гарвард Юніверсіті Пресс, 2006) вийшла надто пізно, щоби її ідеї потрапили до першого накладу цього видання. Вона, безумовно, стане визначальною довідковою роботою з цього важливого питання. (Прим. авт.)

2

Деяких людей, навіть нерелігійних, образила ця цитата з Сімпсона. Я згоден, що, коли ви читаете її вперше, вона здається напрочуд міщанською, брутальною та нетактовною, трохи схожою на фразу Генрі Форда: «Історія – це, так чи інак, дурниці». Але, не вдаючися до релігійних відповідей (я знаю їх, тож не переймайтесь), якщо вам справді доведеться замислитися над додарвінівськими відповідями на запитання: «Що таке людина?», «Чи існує сенс життя?», «Для чого ми живемо?», то чи зможете ви, власне кажучи, згадати хоч якусь із них, що й досі варта чогось, окрім (хай і суттєвого) історичного інтересу? Є такий феномен, як абсолютно неправильні уявлення, і саме такими помилковими були всі відповіді на ці запитання до 1859 року.

3

Час від часу критики помилково сприймають книгу «Егоїстичний ген» як намагання представити егоїзм певним принципом, за яким ми маємо жити! Інші (можливо тому, що читають у книзі лише назву або ніколи не заглиблюються далі перших двох сторінок) приписують мені слова про те, що, подобається нам це чи ні, егоїзм та інші неприємні речі є невіддільною частиною нашої природи. Такої помилки легко припустити, якщо вважати (як, схоже, з нез'ясовних причин робить багато людей), що генетична «визначеність» є чимось вічним – абсолютним і незмінним. По суті, гени «визначають» поведінку лише в статистичному сенсі (див. також с. 80–84). Чудовою аналогією є широко відоме узагальнення, що «червоний і не захмарений захід сонця – це на ясну й вітряну погоду». Може бути статистичним фактом, що

гарний червоний захід сонця віщує наавтра чудовий день, але ми би не поставили на це велику суму грошей. Бо добре знаємо, що на погоду дуже складним чином впливають багато різних факторів. Жоден прогноз погоди не застрахований від помилок. Це лише статистичне передбачення. Ми ж не переконані, що чудова погода наступного дня незмінно визначається червоними заходами сонця? Тож чому ми маємо вважати, що щось незмінно визначається генами? Немає жодних перепон для того, щоб змінити дію генів іншими впливами. Детальний розгляд «генетичного детермінізму» та причин виникнення пов'язаних із ним непорозумінь див. у 2-му розділі книги «Розширений фенотип», а також у моїй роботі «Соціобіологія: Нова буря у чашці чаю». Мене навіть звинуватили у тому, що я запевняв, наче всі людські істоти є за своєю суттю чиказькими гангстерами! Але підставою для моєї аналогії з гангстером (с. 34) було, звичайно, що:

Знання про те, в якому світі людина досягала успіхів, дещо пояснює вам про цю людину. Це не пов'язано з конкретними якостями чиказьких гангстерів. Так само я міг би скористатись аналогією людини, яка досягла висот у англіканській церкві або була стала членом відомого наукового клубу «Атенеум». У будь-якому разі об'єктом моєї аналогії були не люди, а гени.

Ці та інші надто буквальні непорозуміння я розглядаю у своїй статті «На захист егоїстичних генів», з якої наводиться цитата.

Мушу додати, що періодичні політичні відступи у цьому розділі змусили мене почуватися трохи ніяково, коли я взявся перечитувати його в 1989 році. Фраза «Скільки про це [потребу обмежити егоїстичну жадоху, аби запобігти вимиранню всієї групи] нещодавно говорилося представникам робітничого класу Британії» (с. 42) більше пасувала б якомусь торі! В 1975 році, коли вона була написана, уряд соціалістів, обранню якого я сприяв, відчайдушно протистояв 23-відсотковій інфляції і явно був стурбований вимогами підвищення зарплат. Моя ремарка могла бути взята з виступу будь-якого міністра праці того часу. Тепер, коли Британія має уряд нових правих, які возвели скнарість та егоїзм у статус ідеології, мої слова, схоже, стали асоціюватися з певними неприємними речами, про що я шкодую. Не те, що я відмовляюся від цих слів. Егоїстична непередбачливість все ще має небажані наслідки, які я згадував. Але зараз, шукаючи приклади егоїстичної недалекозорості в Британії, не слід було би дивитися, в першу чергу, на робітничий клас. Зрештою, мабуть, найкраще було би взагалі не обтяжувати наукову роботу політичними зауваженнями, оскільки вони надзвичайно швидко втрачають актуальність. Так, праці політично активних учених 1930-х років (наприклад, Дж. Б. С. Холдейна та Ланселота Гогбена) сьогодні суттєво псують їхні мало кому вже зрозумілі дотепи.

Вперше я почув цей дивний факт про самців комах з дослідницької лекції одного з моїх колег про волохокрильців. Він сказав, що хотів би розводити

волохокрильців у неволі, але, як не намагався, не зумів змусити їх спаровуватися. Тоді професор ентомології з переднього ряду прогарчав, немов це було найочевиднішим недоглядом: «А ви не пробували відрізати їм голови?»

5

З часу написання свого маніфесту генного добору я змінив думку щодо можливості існування певного добору вищого рівня, що періодично спрацьовує на довгому шляху еволюції. Додам також, що, коли йдеться «вищого рівня», я не маю на увазі щось на зразок «групового добору». Я говорю про щось значно тонше та значно цікавіше. Сьогодні я відчуваю, що не лише деякі окремі організми виживають краще за інших, але й цілі класи організмів можуть еволюціонувати краще за інших. Звичайно, еволюціонування, про яке ми тут говоримо, є все тією ж старою доброю еволюцією, якій слугує добір генів. Він все ще сприяє мутаціям через їхній вплив на виживання та репродуктивний успіх індивідів. Але велика нова мутація в базовому плані ембріонального розвитку може також відкрити нові шлюзи для еволюції в усіх напрямках протягом наступних мільйонів років. Цілком може існувати якийсь добір вищого рівня для ембріонального розвитку, що піддається еволюції, – добір на користь здатності до еволюції. Такий добір може навіть бути кумулятивним, а отже, прогресивним, інакшим чином, ніж груповий добір. Про ці ідеї йдеться в моїй статті «Еволюція здатності до еволюції», яка значною мірою навіяна іграми зі «Сліпим годинником» – комп'ютерною програмою, що моделює різні аспекти еволюції.

6

Існує багато теорій про походження життя. Замість того, щоб продиратися крізь них у книзі «Егоїстичний ген», я вибрав лише одну для ілюстрації своєї основної ідеї. Проте мені не хотілося б створити у вас враження, що ця теорія була єдиним серйозним кандидатом чи навіть найкращим. Фактично, в книзі «Сліпий годинник» я навмисно вибрав з тією самою метою іншу теорію, гіпотезу шматочків глини А. Дж. Кернса-Сміта. І в жодній книзі я не зациклююся на певній вибраній гіпотезі. Якщо я напишу ще одну книгу, то, мабуть, скористаюсь можливістю спробувати пояснити інший погляд, а саме німецького математичного хіміка Манфреда Ейгена та його колег. Мене завжди, в першу чергу, цікавлять фундаментальні властивості, що мають лежати в основі будь-якої серйозної теорії про походження життя на будь-якій планеті, особливо ідея самореплікуючих генетичних одиниць.

7

Кілька стурбованих дописувачів беруть під сумнів неправильний переклад у біблійному пророцтві слів «молода жінка» як «діва» та зажадали від мене відповіді. Образа почуттів віруючих у наші дні є справою ризикованою, тому мені краще зробити їм таку ласку. Насправді ж для мене це – задоволення, бо вченим не часто вдається досхочу попорпатися в бібліотеці, розважаючись справжніми академічними примітками. По суті, цей момент добре відомий знавцям Біблії і не викликає у них заперечень. У книзі пророка Ісаї значиться єврейське слово ???? (альма), яке беззаперечно означає «молода жінка», без жодного натяку на незайманість. Якби йшлося про діву, можна було би використати замість нього слово ????? (бетула). Те, як легко можна зісковзнути з одного значення на інше, ілюструє двозначне слово «дівця». «Мутація» тут відбулася, коли в дохристиянському грецькому перекладі, відомому як Септуагінта, альма було передано словом ???????? (партенос), що дійсно зазвичай означає «діва». Матвій (звісно ж, ніякий не апостол та сучасник Ісуса, а автор Євангелія, написаного багато років потому), процитував Ісаю в тому, що здається похідним від версії Септуагінти (всі, крім двох із п'ятнадцяти грецьких слів ідентичні), коли сказав: «А все оце сталося, щоб збулося сказане пророком від Господа, який провіщає: «Ось Діва в утробі зачне, і Сина породить, і назвуть Його Йменням Еммануїл». Серед дослідників християнського вчення поширена думка, що історія про непорочне зачаття Ісуса була більш пізньою вставкою, зробленою, вочевидь, грецькомовними послідовниками з метою, щоб (неправильно перекладене) пророцтво здавалося здійсненим. Сучасні версії, на кшталт «Нової англійської Біблії» вже правильно передають пророцтво Ісаї словами «молода жінка». Однак не менш правильно вони залишають «діва» в Євангелії від Матвія, оскільки перекладають його з грецької мови.

8

Цей яскравий пасаж (рідкісна, доволі-таки рідкісна ласка) цитували всі, кому не ліньки, радісно доводячи ним мій затятий «генетичний детермінізм». Почасти проблема полягає в популярних, але помилкових асоціаціях зі словом «робот». Ми живемо в золотий вік електроніки, коли роботи більше не є негнучкими в своїх діях бовванами, а здатні до навчання, мислення та творчості. За іронією долі, навіть у далекому 1920 році, коли Карел Чапек вигадав це слово, «роботи» були механічними створіннями, що поступово переймали людські почуття, наприклад, закоханість. Ті, хто вважає, що роботи, за своєю суттю, більш «детерміністичні», ніж людські істоти, помиляються (якщо тільки вони не релігійні, бо тоді вони можуть широко вірити, що люди мають якийсь Божий дар свободи волі, в якому відмовили простим машинам). Якщо ж, подібно до більшості критиків мого пасажу про «незграбних роботів», ви не є віруючими, тоді спробуйте відповісти на таке запитання: «Ким же ви себе вважаєте, якщо не роботом, хай навіть і дуже складним?» Все це я розглядаю в книзі «Розширений фенотип».

Ця помилка була викликана ще однією промовистою «мутацією». Так само, як виглядало теологічно виправданим, аби Ісус народився від діви, так само здається демонологічно необхідним, щоби будь-який «генетичний детермініст», вартий своєї назви, вірив, що гени «контролюють» кожен

аспект нашої поведінки. Я написав про генетичні реплікатори так: «вони створили нас, наше тіло та розум» (с. 57). Але це добряче перекрутили (наприклад, у книзі «Не в наших генах» Роуза, Каміна та Левонтіна, а ще раніше в науковій статті Левонтіна, як «[вони] контролюють нас, наше тіло та розум» (курсив мій). Думаю, з контексту мого розділу очевидно, що я мав на увазі під словом «створили», і це аж ніяк не «контролюють». Власне кажучи, будь-хто зрозуміє, що гени не контролюють власні створіння в суворому сенсі, критикованому як «детермінізм». Адже ми без жодних зусиль (ну, майже) ігноруємо їх щоразу, коли використовуємо засоби контрацепції.

9

Тут, а також на сторінках 145-148, наведена моя відповідь критикам генетичного «атомізму». У буквальному значенні слова, це навіть не відповідь, а радше гра на випередження, оскільки критика з'явиться пізніше! Шкода, що доведеться процитувати самого себе настільки повно, але мене непокоїть думка, що потрібні місця з «Егоїстичного гена» можна випадково пропустити! Наприклад, у розділі «Турботливі групи та егоїстичні гени» (книги «Великий палець панди») С. Дж. Гулд стверджує:

Немає жодних генів таких чітко виражених морфологічних ознак, як ваша ліва колінна чашечка чи ваш ніготь. Організми не можна розкласти на частини, кожна з яких створена окремим геном. У створенні більшості частин організму задіяні сотні генів...

Гулд написав це як критику «Егоїстичного гена». А тепер подивіться на мої точні слова (с. 62):

Створення організму є спільним підприємством, та й ще настільки заплутаним, що розмежувати внесок одного з генів майже неможливо. Один ген впливає на зовсім різні частини тіла, а на певну частину тіла діють багато генів, і ефект дії будь-якого одного гена залежить від взаємодії з багатьма іншими.

І ще раз (с. 80):

Якими б незалежними і вільними не були гени у своїй мандрівці крізь покоління, вони аж ніяк не є вільними та незалежними агентами контролю ембріонального розвитку. Вони заплутано і вкрай непросто співпрацюють та взаємодіють не лише між собою, але й зі своїм зовнішнім середовищем. Вирази на зразок «ген довгих ніг» або «ген альтруїстичної поведінки» є зручними фігурами мови, але важливо пам'ятати, що вони означають. Не існує

такого гена, що сам-один створює ногу, довгу чи коротку. Створення ноги є кооперативним підприємством, де задіяно багато генів. Впливи зовнішнього середовища також необхідні: зрештою, ноги створюються з їжі! Проте цілком може виявитися один такий ген, що за інших однакових умов здатен зробити ноги довшими, ніж вони були би під впливом його алеля.

Я розвинув цю думку в наступному параграфі за допомогою аналогії з впливом добрива на ріст пшениці. Дуже схоже на те, що Гулд заздалегідь був настільки впевненим у моєму наївному атомізмі, що пропустив великі фрагменти, де я висловив ту саму думку про взаємодію, на якій він пізніше наполягав.

Гулд продовжує:

Докінзу знадобиться ще одна метафора: генів, що проводять збори, створюють союзи, демонструють шанобливе ставлення до можливості приєднатись до якогось пакту, оцінюють можливі середовища.

У своїй аналогії з веслуванням (с. 145-147) я вже зробив саме те, що пізніше рекомендував Гулд. Подивіться на цей уривок, і ви також побачите, чому Гулд, хоча ми з ним багато в чому згодні, неправий, стверджуючи, що природний добір «приймає або відхиляє цілі організми, бо набори частин, які взаємодіють між собою складним чином, дають переваги». Справжнє пояснення «кооперативності» генів є таким:

Гени добираються не тому, що вони «гарні» самі по собі, а тому, що добре працюють порівняно з іншими генами у генофонді. Такий ген має бути сумісним та неконкурентним з іншими генами, з якими йому доводиться ділити тривалу послідовність організмів. (с. 145)

Більш повну відповідь на критику генетичного атомізму я дав у книзі «Розширений фенотип».

10

Точні слова Вільямса в книзі «Адаптація та природний добір» є такими:

Я використовую термін «ген» у значенні «те, що розділяється та рекомбінує з істотною частотою»...Ген можна визначити як будь-яку спадкову інформацію, для якої існує сприятливе або несприятливе зміщення добору, що від кількох до багатьох разів перевищує швидкість її внутрішньої зміни.

Сьогодні книга Вільямса зазвичай (причому заслужено) вважається класичною і користується повагою і «соціобіологів», і критиків соціобіології. Гадаю, цілком зрозуміло, що Вільямс ніколи не вважав, що обстоє в своєму «генному селекціонізмі» щось нове чи революційне, як не робив цього і я в 1976 році. Ми обидва вважали, що просто заново стверджуємо фундаментальний принцип Фішера, Холдейна та Райта – батьків-засновників «неодарвінізму» 1930-х. Тим не менш, мабуть, через наші безкомпромісні висловлювання, дехто, зокрема сам Сьюелл Райт, не згоджувався з нашим поглядом, що «одиницею добору є ген». Основний їхній аргумент полягав у тому, що природний добір розрізняє організми, а не гени всередині них. Моя відповідь на зауваження Райта та інших представлена в книзі «Розширений фенотип». Найсвіжіші думки Вільямса щодо гена як одиниці добору, викладені в його статті «Захист редукаціонізму в еволюційній біології», і вони, як завжди, гострі. Деякі філософи, наприклад, Д. Л. Галл, К. Стерельни та П. Кітчер, а також М. Гампе та С. Р. Морган, теж нещодавно зробили корисний внесок у з'ясування питання «одиниць добору». На жаль, є й інші філософи, які все переплутали.

11

Відтак за Вільямсом, розмірковуючи про те, що окремий організм не може відігравати ролі реплікатора в природному доборі, я зосередився на фрагментуючих ефектах мейозу. Тепер я бачу, що це була лише половина історії. Інша половина викладена в книзі «Розширений фенотип», а також у моїй статті «Реплікатори та носії». Якби вся справа була у фрагментуючих ефектах мейозу, то організм із нестатевим розмноженням, на кшталт самиці паличника, був би справжнім реплікатором (певним чином. як величезний геном). Але якщо паличник якось змінюється – скажімо, втрачає ніжку – ця переміна не передається майбутнім поколінням. Чи йдеться про статеве розмноження чи нестатеве, майбутнім поколінням передаються лише гени. Тому справжніми реплікаторами є саме гени. Що стосується самиці паличника з нестатевим розмноженням реплікатором є весь геном (набір усіх її генів). Сам паличник таким не є. Організм паличника не виливають з форми як репліку організму попереднього покоління. В будь-якому конкретному поколінні організм заново виростає з яйця під керівництвом його генома, що саме є реплікою генома попереднього покоління.

Усі друковані копії цієї книги виглядатимуть абсолютно однаково. Вони будуть репліками, але не реплікаторами. Вони будуть репліками не тому, що копіюють одна одну, а тому, що всі копіюють ті самі друкарські форми. Вони не утворюють родовід копій, де одні книги є предками інших. Родовід копій існував би, якби ми відксерили певну сторінку книги, потім відксерили ксерокопію, тоді відксерили ксерокопію ксерокопії і т. д. У такому родоводі сторінок справді виникли би відносини між предками та нащадками. Однак якийсь новий дефект, що з'явився би десь посеред серії, став би спільним для нащадків, але аж ніяк не для предків. Серія предків та нащадків такого типу має потенціал для еволюції.

На перший погляд, послідовні покоління організмів паличника, здається, складають певний родовід реплік. Але якщо експериментально змінити хоча б одну ланку цього родоходу (наприклад, відірвати ніжку), ця зміна не передається наступним поколінням. Натомість, якщо експериментально змінити одну ланку родоходу геномів (наприклад, рентгенівським опроміненням), ця зміна передається наступним поколінням. Саме це, а не фрагментуючі ефекти мейозу, стають основною підставою вважати, що окремий організм не є «одиницею добору» – не справжній реплікатор. Це один із найважливіших наслідків усіма визнаного факту, що ламарківська теорія спадковості є хибною.

12

Я вже отримав на горіхи (звісно, не від самого Вільямса і навіть не з його відома) за те, що приписав цю теорію старіння П. Б. Медавару, а не Дж. К. Вільямсу. Це правда, що багато біологів, особливо в Америці, дізналися про цю теорію переважно з роботи Вільямса 1957 року «Плейотропія, природний добір та еволюція старіння». Правда і те, що Вільямс удосконалив теорію, лишивши позаду Медавара. Тим не менш, на мою думку, саме Медавар виклав суть цієї ідеї у своїх книгах «Невирішена проблема в біології» 1952-го та «Унікальність індивіда» 1957-го. Мушу додати, що вважаю розвиток цієї теорії, що до нього доклався Вільямс, дуже корисним, оскільки він розробляє необхідний етап у міркуваннях (важливість «плейотропії», або множинних ефектів гена), на якому Медавар не надто наголошує. Пізніше В. Д. Гамільтон зайшов у цій теорії ще далі в своїй статті «Формування старіння шляхом природного добору». До речі, я отримав багато цікавих листів від лікарів, але жоден, здається, не прокоментував мої здогади про «обдуркування» генів щодо віку організму, в якому вони перебувають (с. 86–87). Ця ідея все ще не бентежить мене як явно нерозумна, а якби вона була правильною, то чи не становила б значний інтерес для медицини?

13

З'ясування, що ж такого гарного є в статевому розмноженні, залишається все ще дражливим, навіть попри низку книг, що підбурюють уяву, особливо М. Т. Гізеліна, Дж. К. Вільямса, Дж. Мейнарда Сміта та Г. Белла, а також під редакцією Р. Мішо та Б. Левіна. Для мене найбільш захоплюючою новою ідеєю є теорія паразита авторства В. Д. Гамільтона, яку зрозумілою мовою виклали Джеремі Черфас та Джон Гріббін у книзі «Зайвий самець».

14

Мое припущення, що надлишкова, нетрансльована ДНК може бути корисливим паразитом, було підхоплене та розвинене молекулярними біологами (див. статті Орджела та Кріка, а також Дулітла та Сапієнці) під гучною назвою «Егоїстична ДНК». С. Дж. Гулд у своїй книзі «Зуби курки та пальці коня» зробив провокативну (для мене!) заяву, що, незважаючи на історичні витoki ідеї егоїстичної ДНК, «теорії егоїстичних генів та егоїстичної ДНК ніяк не могли бути більш різними за структурами пояснення, що їх зростили». Я вважаю його міркування неправильними, але цікавими, що, до речі, (як він достатньо люб'язно мені повідомив) зазвичай збігається з його думкою про мої власні. Після преамбули про «редукціонізм» та «ієрархію» (яку я також, як завжди, вважаю неправильною, але цікавою), він продовжує:

Частота егоїстичних генів Докінза зростає тому, що вони впливають на організми, допомагаючи в їхній боротьбі за існування. Частота егоїстичної ДНК зростає з діаметрально протилежної причини – тому, що вона ніяк не впливає на організми...

Я визнаю різницю, на якій наголошує Гулд, але не вважаю її фундаментальною. Навпаки, я все ще вважаю приклад егоїстичного ДНК особливим у теорії егоїстичного гена загалом – саме так ідея егоїстичної ДНК вперше й виникла. (На сторінці 237 цієї книги думка, що егоїстична ДНК є особливою ідеєю, мабуть, розписана ще краще, ніж в уривку зі сторінки 57, процитованому Дулітлом та Сапієнцем, а також Орджелом та Кріком. Дулітл та Сапієнці, до речі, використовують у назві їхньої статті вислів «егоїстичні гени», а не «егоїстична ДНК».) Дозвольте мені відповісти Гулду такою аналогією. Частота генів, які забезпечують жовто-чорні смужки ос, зростає, бо подібне («попереджувальне») забарвлення потужно стимулює мозок інших тварин. Частота генів, які забезпечують жовто-чорні смужки тигрів, зростає «з діаметрально протилежної причини» – бо, в ідеалі, подібне (захисне) забарвлення взагалі не стимулює мозок інших тварин. Отже, тут існує різниця, приблизно аналогічна (на іншому ієрархічному рівні!) різниці Гулда, але це лише невелика розбіжність у деталях. Ми навряд чи станемо стверджувати, що ці два приклади «не могли бути більш різними за принципами пояснення, що їх зростили». Орджел та Крік абсолютно праві, коли проводять аналогію між егоїстичною ДНК та яйцями зозулі: адже ті уникають викриття завдяки тому, що виглядають достоту як яйця господаря гнізда.

До речі, останнє видання «Оксфордського словника англійської мови» наводить нове значення слова «егоїстичний» «стосовно гена чи генетичного матеріалу: той, що прагне до увічнення або поширення, хоча не має впливу на фенотип». Це чудове стисле визначення терміна «егоїстична ДНК», причому в другому допоміжному прикладі саме йдеться про неї. Проте, на мою думку, остання фраза («хоча не має впливу на фенотип») доволі невдала. Егоїстичні гени можуть не мати впливу на фенотип, але багато з них його мають. Лексикографи могли би заявити, що прикладали це значення лише до «егоїстичної ДНК», яка справді не має фенотипових ефектів. Але їхній перший допоміжний приклад, узятий із книги «Егоїстичний ген», містить у собі егоїстичні гени, що мають ці ефекти. Проте мені гріх скаржитись, адже бути процитованим в «Оксфордському словнику англійської мови» – то неабияка честь!

Детальніше я розглядаю егоїстичну ДНК в книзі «Розширений фенотип».

15

Подібні твердження зазвичай непокоять критиків, які сприймають усе буквально. Вони, звичайно, праві в тому, що мозок не завжди схожий на комп'ютери. Наприклад, так вже сталося, що внутрішні робочі процеси мозку дуже сильно відрізняються від будь-яких комп'ютерів, наразі створених нашими технологіями. Хоча, це жодною мірою не заперечує справедливості мого твердження про виконання ними аналогічних функцій. В функціональному плані мозок має ту саму роль, що й вбудований комп'ютер, – обробки даних, розпізнавання різних схем, коротко- та довгострокового зберігання інформації, координації дій і т. ін.

Що стосується комп'ютерів, то слід зазначити, що мої зауваження щодо них (на щастя чи на жаль, як подивитись) застаріли. Раніше я писав (с. 95), що «в черепну коробку увійшло б лише кілька сотень транзисторів». Сьогодні транзистори об'єднуються в інтегровані схеми. Кількість транзисторних еквівалентів, яка увійшла би в черепну коробку сьогодні, подекуди сягає вже мільярдів. Я також стверджував (с. 100), що комп'ютери, які грають у шахи, вже досягли непоганого любительського рівня. Сьогодні навіть на дешевих домашніх комп'ютерах часто стоять програми, здатні перемогти всіх, крім дуже серйозних шахістів, а найкращі в світі програми кидають серйозний виклик навіть гросмейстерам. Ось, наприклад, слова шахового кореспондента журналу «Спектейтор» Реймонда Кіні у випуску від 7 жовтня 1988:

Ще досі видається сенсацією, коли титулованого гравця перемагає комп'ютер, але це, мабуть, триватиме недовго. Наразі найнебезпечнішим металевим монстром, який кидає виклик людському мозку, є машина з вигадливою назвою «Глибока думка», безумовно, з поваги до Дугласа Адамса. Останнім його успіхом стало справжнє тероризування суперників в особі людей на Відкритому чемпіонаті США, що проводився в серпні у Бостоні. В мене поки немає напихваті загального рейтингу ефективності «Глибокої думки», який стане лакмусовим папірцем його досягнень у відкритому змаганні за швейцарською системою, але я бачив вражаючу перемогу над сильним канадійцем Ігорем Івановим – людиною, яка колись обіграла Карпова! Начувайтесь: можливо, це майбутнє шахів.

Далі йде звіт про кожен хід гри. Ось реакція Кіні на 22-й хід «Глибокої думки»:

Чудовий хід... Намір був зосередитись на ферзю... і ця думка приводить до надзвичайно швидкого успіху... Вражаючий результат... Ферзевий фланг чорних тепер вщент розбитий вторгненням ферзя.

Реакція Іванова змальовується так:

Відчайдушний випад, який комп'ютер з презирством відкидає... Повне приниження. «Глибока думка» ігнорує повторне захоплення ферзя, натомість влаштовуючи блискавичний мат... Чорні здаються.

Цікаво не лише те, що «Глибока думка» є одним із найкращих шахістів світу. Ледь не більш вражаючим я вважаю мову людської свідомості, яку відчувається зобов'язаним використовувати коментатор. «Глибока думка» «з презирством відкидає» «відчайдушний випад» Іванова. Комп'ютер сприймається як «агресивний». Кіні говорить, що Іванов «сподівався» на певний результат, але його мова засвідчує, що він був би однаково радий скористатися словом на зразок «сподівання» і для «Глибокої думки». Особисто я нетерпляче чекаю того дня, коли комп'ютерна програма стане чемпіоном світу. Людству вкрай необхідно дати науку скромності.

16

У фантастичному романі «Андромеда» та його продовженні «Дар Андромеди» не зрозуміло остаточно, чи позаземна цивілізація надсилає сигнали з надзвичайно далекої галактики Андромеда чи з більш близької зірки у сузір'ї Андромеди, як сказав я. В першому романі планета розташована від нас на відстані 200 світлових років, точно у межах нашої власної галактики. Проте у продовженні ті самі інопланетяни мешкають у галактиці Андромеда, яка знаходиться від нас на відстані приблизно двох мільйонів світлових років. За бажанням, читачі моєї сторінки 68 можуть замінити число «200» на «два мільйони». Відповідність історії моїм намірам від цього жодним чином не зміниться.

Головним автором обох романів є Фред Гойл – видатний астроном та автор мого найулюбленішого з усіх науково-фантастичних творів «Чорна хмара». На жаль, неперевершена наукова проникливість, продемонстрована ним у цих романах, різко контрастує з хвилиною його більш пізніх книг, написаних у співавторстві з Ч. Вікрасасінгхом. Їхнє неправильне тлумачення дарвінізму (як суто теорії випадковості) та уїдливі наскоки на самого Дарвіна аж ніяк не сприяють нормальному сприйняттю їхніх досить таки інтригуючих (хоча й невірнопідних) домислів про міжзоряне походження життя. Видавцям слід було би розуміти, що заслуги вченого в одній сфері не гарантують компетентність в іншій. А поки вони цього не збагнуть, видатним ученим слід стримуватися від цієї спокуси.

Подібний стратегічний спосіб говорити про тварину, рослину або ген так, немов вони свідомо розмірковують, як найкраще збільшити свій успіх, – наприклад, вважаючи, що «досить часто схильними до ризику можна вважати самців, а от більш обачними – самиць» (с. 73) – став цілком звичайним серед практикуючих біологів. Так висловлюватися зручно, такий виклад думок не завдає жодної шкоди, аж поки на нього не натрапить той, хто не здатен його збагнути. Або надто готовий, щоби зрозуміти його неправильно? Наприклад, я не можу знайти жодного іншого пояснення статті, що критикує «Егоїстичний ген» у журналі «Філософія», що його написала якась Мері Міджлі, де промовистим є перше речення: «Гени можуть бути егоїстичними чи неегоїстичними, аж ніяк не більше, ніж атоми – ревливими, слони – абстрактними або печиво – ідеологічним». Моя власна стаття «На захист егоїстичних генів» у наступному номері того самого журналу заперечує всі закиди цієї, до слова, напрочуд гострої та злостивої публікації. Схоже, що деякі люди, які трохи перезаймалися філософією, не можуть стриматись, аби не покопирсатись у своєму освітньому багажі там, де це не потрібно. Пригадую ремарку П. Б. Медавара про принади «філософської фантастики» для «багатьох людей, часто з добре розвиненими літературними та науковими смаками, освіта яких значно переважає їхню здатність до аналітичного мислення».

Я розглядаю ідею мозку, який моделює світи, в моїй Гіффордівській лекції 1988 року «Світи в мікрокосмі». Я все ще не певен, чи справді вона може значно допомогти нам стосовно глибокої проблеми самої свідомості, але зізнаюся, мені приємно, що вона привернула увагу сина Карла Поппера в його Дарвінівській лекції. Філософ Деніел Деннетт запропонував теорію свідомості, що далі просуває метафору комп'ютерного моделювання. Щоби збагнути його теорію, ми маємо засвоїти дві технічні ідеї зі світу комп'ютерів: ідею віртуальної машини та різницю між послідовними та паралельними процесорами. Перш за все, необхідно їх чітко з'ясувати.

Комп'ютер – це реальна машина, апаратне забезпечення в корпусі. Але в будь-який момент він здатен запустити ту чи іншу програму, що зробить його схожим на іншу машину – віртуальну. Протягом тривалого часу це стосувалося всіх комп'ютерів, але сучасні «орієнтовані на користувача» машини зробили цей момент особливо відчутним. На час написання моєї книги загальноновизнаним лідером ринку завдяки зручності в користуванні була компанія «Еппл Макінтош». Її успіх, зумовлений вбудованою системою програм, що роблять реальну металеву машину (чиї механізми, як і в будь-якому комп'ютері, загрозливо складні та не дуже сумісні з людською інтуїцією) схожою на якийсь інший тип машини: віртуальну, спеціально розроблену для взаємодії з людським мозком та рукою. На перший погляд, ця віртуальна машина, відома як «користувацький інтерфейс Макінтош», виглядає

цілком звичайною. Вона має кнопки, які натискають, а також плавні регулятори, як у стереосистеми. Але це віртуальна машина. Кнопки та регулятори не виготовлені з металу чи пластику. Вони є зображеннями на екрані, і ви тиснете на них або регулюєте їх, пересуваючи по екрану віртуальний палець. Як людина, ви відчуваєтеся зручно, бо звикли пересувати речі своїм пальцем. Я інтенсивно займаюся програмуванням та використанням широкого різноманіття цифрових комп'ютерів вже двадцять п'ять років і можу засвідчити, що робота з «Макінтош» (або його моделюючими пристроями) є якісно іншим досвідом порівняно з будь-яким більш раннім типом комп'ютерів. З ним ви відчуваєтеся абсолютно легко й природно, майже так, немов ця віртуальна машина є продовженням вашого власного тіла. Окрім цього, вона дивовижним чином дозволяє використовувати інтуїцію, а не зазирати постійно в інструкцію.

Тепер перейдемо до іншої ідеї, яку б нам потрібно було перейняти від комп'ютерної науки, – ідеї послідовних та паралельних процесорів. Цифрові комп'ютери сьогодення, здебільшого, є послідовними процесорами. Вони мають один центральний обчислювальний центр (одне-єдине електронне вузьке горлечко), крізь який мають проходити під час обробки всі дані. Завдяки високій швидкості своєї роботи, вони можуть створювати ілюзію виконання багатьох речей одночасно. Послідовний комп'ютер схожий на гросмейстера, який «одночасно» грає з двадцятьма суперниками, але насправді лише напрохуд швидко переключається з одного на іншого. Однак, на відміну від гросмейстера, комп'ютер переключається між задачами настільки швидко й тихо, що у кожного користувача виникає ілюзія того, що комп'ютер зосередив увагу виключно на ньому. Та, зрештою, комп'ютер послідовно відповідає своїм користувачам по черзі.

Нещодавно, вирішуючи задачу ще більш приголомшливих швидкостей роботи, інженерам вдалося створити машини з по-справжньому паралельними процесорами. Однією з таких машин є Единбурзький суперкомп'ютер, який я нещодавно мав честь оглянути. Він складається з паралельно розташованих кількох сотень «трансп'ютерів», кожен з яких еквівалентний за своєю потужністю сучасному настільному комп'ютеру. Цей суперкомп'ютер працює так: береться за запропоноване йому завдання, розбиває його на менші, які можна вирішити незалежно, та передоручає їх бригадам трансп'ютерів. Трансп'ютери беруться за ці підзадачі, вирішують їх, пропонують рішення та звертаються за новими завданнями. Тим часом інші бригади повідомляють свої рішення, тому весь суперкомп'ютер добирається до фінальної відповіді швидше, ніж це міг би зробити звичайний послідовний комп'ютер.

Я вже зазначав, що будь-який послідовний комп'ютер може створити ілюзію роботи паралельного процесора, достатньо швидко переключаючи свою «увагу» між низкою завдань. Це виглядає так, немов на послідовному апаратному забезпеченні сидить якийсь віртуальний паралельний процесор. Ідея Деннетта полягає в тому, що людський мозок влаштований абсолютно протилежним чином. Апаратне забезпечення мозку є, по суті, паралельним, як у Единбурзькому комп'ютері. І він використовує програми, призначені для створення ілюзії послідовної обробки інформації: віртуальної машини з послідовною обробкою даних на базі паралельної архітектури. Характерною рисою суб'єктивного досвіду мислення Деннетт вважає послідовний, почерговий, «джойсівський» потік свідомості. Він переконаний, що більшість тварин не мають такого послідовного досвіду і використовують мозок безпосередньо, у природний спосіб паралельної обробки інформації. Безумовно, людський мозок теж

використовує свою паралельну архітектуру безпосередньо для вирішення багатьох поточних завдань щодо забезпечення робочого стану складної машини для виживання. Але, крім того, за час еволюції людський мозок розробив віртуальну машину програмного забезпечення для створення ілюзії послідовного процесора. Розум, з його послідовним потоком свідомості, є свого роду віртуальною машиною, «орієнтованим на користувача» способом відображення мозку, так само, як «користувацький інтерфейс фірми «Макінтош» є орієнтованим на користувача способом відображення фізичного комп'ютера всередині його сірого корпусу.

Не до кінця зрозуміло, навіщо нам, людям, потрібна послідовна віртуальна машина, тоді як інші види виглядають цілком вдоволеними своїми звичайнісінькими паралельними машинами. Мабуть, у більш складних завданнях, які доводилось вирішувати первісним людям, було щось фундаментально послідовне, а може, Деннетт лише помилився, виокремивши нас із загального ряду. Крім того, він переконаний, що розвиток послідовних програм став переважно культурним явищем, і мені знову остаточно не зрозуміло, чому це має бути аж таким ймовірним. Проте я маю додати, що на час написання моєї книги стаття Деннетта ще не вийшла і мої міркування базуються на спогадах про його Джейкобсонівську лекцію 1988 року в Лондоні. Раджу читачеві поцікавитися роботою самого Деннетта, коли вона вийде, а не покладатися виключно на моє, безперечно, неідеальне та емоційне – можливо, навіть надто прикрашене – викладення її суті.

Психолог Ніколас Гампфрі теж розробив спокусливу гіпотезу про те, як еволюція здатності до моделювання могла призвести до появи свідомості. В своїй книзі «Внутрішнє око» Гампфрі наводить переконливий приклад того, що високо соціальні тварини, на кшталт нас самих та шимпанзе, стали вже експертами з психології. Мозок змушений мати справу з багатьма аспектами навколишнього світу, несамохіть моделюючи їх. Але більшість аспектів навколишнього світу є доволі простими порівняно із самим мозком. Соціальна тварина живе в світі інших: потенційних статевих партнерів, конкурентів, товаришів та ворогів. Щоби вижити та досягти успіху в такому світі, треба добре опанувати науку передбачати наступні дії цих інших індивідів. Значно легше передбачати події в неживому світі, ніж у соціумі. Академічні психологи-науковці насправді не дуже вміють передбачати людську поведінку. Натомість соціальні компаньйони, виходячи з ледь відчутних рухів лицьових м'язів та інших делікатних ознак, дуже часто дивовижно точно розуміють думки та передбачають поведінку інших. Гампфрі переконаний, що це «природне психологічне» вміння досягає в соціальних тварин неймовірного розвитку, майже як якесь додаткове око або інший складний орган. Таке «внутрішнє око» виникло в перебігу еволюції як орган соціально-психологічної адаптації, так само, як звичне нам зовнішнє око є органом зору.

Поки що я вважаю міркування Гампфрі переконливими. Далі він стверджує, що внутрішнє око працює за принципом власного контролю. Щоби розуміти відчуття та емоції інших, кожна тварин дослухається до своїх власних відчуттів та емоцій. Відповідно, цей психологічний орган діє як метод власного контролю. Не певен, чи варто погодитися, що це допомагає нам розуміти свідомість інших, але Гампфрі – чудовий письменник, і його книга здається дуже переконливою.

Іноді людей бентежить, коли вони чують про спеціальні гени альтруїзму або іншої, так само складної, поведінки. Вони гадають (помилково), що, в певному сенсі, складність поведінки має бути закладена всередині гена. Чи може існувати певний ген альтруїзму, питають вони, якщо ген кодує лише один білковий ланцюг? Річ у тім, що, говорячи про ген чогось, ми лише маємо на увазі, що зміна цього гена викликає зміну чогось. Одна генетична відмінність через зміну якоїсь деталі молекул у клітинах спричинює відмінність у вже і без того складних процесах ембріонального розвитку, а отже, й у поведінці.

Наприклад, мутантний ген братерського альтруїзму у птахів, певна річ, не братиме на себе всю відповідальність за абсолютно нову складну схему поведінки. Натомість, він змінить якусь вже наявну і, мабуть, безперечно складну схему поведінки. Найімовірнішим прекурсором у цьому разі буде батьківська поведінка. Як правило, птахи мають складний нервовий апарат, необхідний для годування та турботи про своє потомство. Що стосується його еволюції, він розвивався протягом багатьох поколінь, повільно, крок за кроком, з його власних попередників. (До речі, ті, хто відчуває скепсис щодо генів братерської турботи, дуже часто непослідовні: чому вони так само не скептично налаштовані щодо генів не менш складної батьківської турботи?) Схема поведінки, що існувала раніше, – йдеться про батьківську турботу – опосередковується зручним твердим правилом, таким як «Годуй у гнізді всіх, хто кричить та роззявляє ротик». Тоді ген «годування молодших братів та сестер» може працювати завдяки прискоренню настання віку, коли починає діяти це правило. Пташеня, що несе братерський ген як нову мутацію, лише активуватиме своє «батьківське» правило трохи раніше, ніж звичайний птах. Воно поводитиметься з усіма, хто кричить та роззявляє ротик у батьківському гнізді – своїми молодшими братами та сестрами – так, немов вони кричать та роззявляють ротик в його власному гнізді і є його власними дітьми. Хоч вона не є абсолютно новою складною схемою, «братерська поведінка» вперше могла виникнути як незначна варіація синхронізації розвитку вже наявної поведінки. Як це часто буває, помилки з'являються тоді, коли ми забуваємо, що в еволюції важлива її поступовість. Отже, адаптивна еволюція відбувається завдяки невеличким, повільним змінам наявних схем поведінки.

Якби перше видання цієї книги мало примітки, то одну з них я присвятив би поясненню (як це ретельно зробив сам Ротенбюлер), що результати дослідження бджіл не були аж такими чіткими і зрозумілими. З багатьох колоній, які, згідно з теорією, не мали б виявляти гігієнічну поведінку, одна саме це демонструвала. За власними словами Ротенбюлера: «Як би нам того не хотілося, заперечувати цей результат не можна, але генетичну

гіпотезу ми базуємо на інших даних». Можливо, причиною є певна мутація в аномальній колонії, хоча це малоімовірно.

21

Сьогодні мене вже не задовольняє такий погляд на комунікацію тварин. Ми з Джоном Кребсом у двох статтях стверджували, що більшість сигналів тварин найкраще вважати не інформативними і не оманливими, а радше маніпулятивними. Той чи інший сигнал є засобом, за допомогою якого одна тварина використовує м'язову силу іншої. Спів солов'я не є інформацією, навіть оманливою. Це переконливе, гіпнотичне, неймовірне ораторське мистецтво. Міркування такого роду досягли свого логічного висновку в книзі «Розширений фенотип», частину якого я стисло виклав тут у 13-му розділі. Ми з Кребсом стверджуємо, що сигнали виникають із взаємодії того, що в нас називається читанням думок та маніпуляції. Разюче інший погляд на тему сигналів тварин пропонує Амоц Захаві. В одній із приміток до 9-го розділу я розглядаю ідеї Захаві значно більш схвально, ніж у першому виданні цієї книги.

22

Тепер я хотів би висловити важливу ідею ЕСС більш прикладним чином. ЕСС – це стратегія, яка добре працює проти копій самої себе. Обґрунтування буде таким: успішною є та стратегія, що домінує в популяції. Тому їй так чи інакше доведеться мати справу з власними копіями. Відповідно, вона не зможе лишатись успішною, якщо не буде ефективною проти копій самої себе. Це визначення не є таким математично точним, як у Мейнарда Сміта, і не замінить його визначення, бо, загалом, неповне. Проте воно все ж має певну цінність, яка полягає в стислому (інтуїтивно зрозумілому) викладенні основної ідеї ЕСС.

Сьогодні ідея ЕСС вже стала більш поширеною серед біологів, ніж коли писався цей розділ. Сам Мейнард Сміт підбив підсумки розвитку уявлень про неї до 1982 року у своїй книзі «Еволюція та теорія ігор». Дещо пізніше видав свій твір Джеффри Паркер, інший провідний дослідник цього питання. Теорія ЕСС використовується і в «Еволюції кооперації» Роберта Аксельрода, але я не розглядатиму її тут, оскільки поясненню роботи Аксельрода переважно присвячена один з моїх двох нових розділів – «Чемні хлопці фінішують першими». Моїми власними працями на тему теорії ЕСС з часу виходу першого видання цієї книги стали стаття під назвою «Добра стратегія або еволюційно стабільна стратегія?», а також написані у співавторстві статті про риючих ос, які розглядаються в примітці до с. 133.

Це твердження, на жаль, було неправильним. В оригінальній статті Мейнарда Сміта та Прайса виявилась помилка, а я необачно повторив її в цьому розділі, зробивши ще гірше – доволі по-дурному заявивши, що «випробувальник-месник» є «майже» еволюційно стабільною стратегією (якщо якась стратегія є «майже» ЕСС, тоді вона не є жодною ЕСС і буде переможена). На перший погляд, «месник» схожий на ЕСС, бо в популяції «месників» жодна інша стратегія не виявляється кращою. Але «голуб» діє однаково добре, оскільки в популяції «месників» його неможливо відрізнити за поведінкою від «месника». Відповідно, «голуб» може доволі легко пробратися до цієї популяції. А от далі чигають проблеми. Дж. С. Гейл та Л. Дж. Івс створили динамічну комп'ютерну модель, в якій провели популяцію тварин крізь велику кількість поколінь еволюції. Вони показали, що справжньою ЕСС у цій грі, по суті, є стабільна суміш «яструбів» та «задирак». Це не єдина помилка в ранніх працях з ЕСС, виявлена динамічним моделюванням такого типу. Іншим чудовим прикладом є моя власна помилка, що розглядається в примітках до 9-го розділу.

У наш час ми вже маємо деякі достовірні дані польових досліджень витрат та вигід у природі, інтегровані в конкретні моделі ЕСС. Один із найкращих прикладів дають нам великі золотисті ріючі оси Північної Америки. Це не ті знайомі нам соціальні оси, що восени налітають на банки з варенням – безплідні самиці, які працюють на свою колонію. Кожна самиця ріючих ос діє самотужки, присвячуючи своє життя тому, щоб забезпечити прихистком та харчуванням свої личинки. Зазвичай, самиця береться рити в землі довгу нірку, на дні якої розташована простора камера. Після цього вона починає полювати на здобич (різні види коників). Знаходячи жертву, вона жалить її, щоб паралізувати, після чого затягує в свою нірку. Наскладавши таким чином чотири-п'ять коників, вона відкладає на верхівку купи яйце та запечатує нірку. Згодом із яйця вилуплюється личинка, яка харчується припасеними кониками. До речі, ідея паралізації здобичі, а не вбивства, полягає в тому, щоби та не розкладалась, а поїдалася живцем, тобто, свіжою. Саме ця моторозна звичка у споріднених ос-вершниць спонукала Дарвіна написати: «Не можу переконати себе, що всемілостивий та всемогутній Бог міг спеціально створити їхневмонід, аби вони харчувались ще живими тілами гусениць...». Так само Дарвін міг би скористатися прикладом французького шеф-кухаря, який варить омарів живцем задля збереження смаку й аромату. Та що стосується самиці ріючих ос, повторюся, що вона живе окремо, якщо не зважати на інших самиць, що працюють собі на тій самій території та іноді захоплюють готові нірки одна в одній, не переймаючись тим, щоб вирити нову.

Доктор Джейн Брокманн – це наче Джейн Гудолл у вивченні ос. Вона приїхала з Америки, щоби працювати зі мною в Оксфорді, привізши із собою численні записи ледь не про всі події в житті двох повних популяцій індивідуально ідентифікованих самиць. Ці записи були настільки повними, що дозволили скласти бюджети часу окремих ос. Час потребує економії: чим більше часу

витрачається на одну частину життя, тим менше його залишається на решту. До нас приєднався Алан Графен, розповівши, як правильно розраховувати витрати часу та репродуктивні вигоди. Ми знайшли докази справжньої змішаної ЕСС у грі між самицями ос в одній із популяцій у Нью-Гемпширі, хоча й не змогли знайти такі докази в іншій популяції у Мічигані. Якщо коротко, нью-гемпширські осі або риють власні нірки, або забирають вириті іншими осами. Дотримуючися нашої інтерпретації, осам може бути вигідно забирати чуже житло, бо іноді господарі залишають вириті ними нірки, якими цілком можна скористатися знову. Забирати зайняту нірку, звичайно, не вигідно, але оса ніяк не може знати, яка нірка зайнята, а яка полишена. Вона може прожити кілька днів у вже зайнятій нірці, а потім якось, повернувшись додому, виявить, що та запечатана, а всі її зусилля змарновані – інша оса вже відклала своє яйце та використовує її роботу. Якщо в популяції відбувається забагато зазіхань на чуже житло, досягне житло стає дефіцитним, збільшується ймовірність подвійного заселення, а тому рити нірки може бути вигідно. І навпаки, якщо багато ос риють собі нірки самі, велика кількість вільного житла сприяє інтересу самиць до чужого. Існує певна критична частота зазіхань у популяції, завдяки якій риття та загарбання стають однаково вигідними. Якщо дійсна частота є нижчою за критичну, природний добір сприяє загарбанню через велику кількість доступних покинутих нірок. Якщо ж дійсна частота є вищою за критичну, виявляється нестача доступних нірок, і природний відбір сприяє намірам рити. Таким чином у популяції підтримується баланс. Детальні, кількісні докази наводять на думку, що ми маємо справжню змішану ЕСС, коли кожна окрема оса може або рити, або зазіхати на готове, а не популяцію, що складається з вузьких спеціалістів – тих, що риють, та тих, що забирають.