

**Карл Сейгън**

---

**ДРАКОНИ В РАЙСКАТА ГРАДИНА**  
Размисли за еволюцията на човешкия разум

София, 2014

Преводът е направен по изданието:

**CARL SAGAN**

**THE DRAGONS OF EDEM**

**Speculations on the Evolution of Human Intelligence**

**BALLANTINE BOOKS**

Всички права запазени. Нито една част от тази книга не може да бъде размножавана или предавана по какъвто и да било начин без изричното съгласие на „Изток-Запад“.

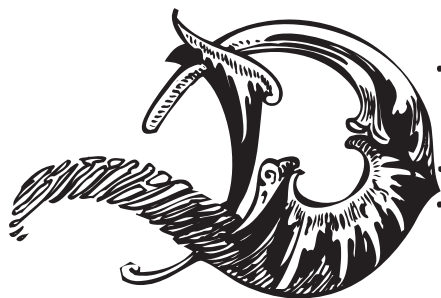
Copyright © 1977 by Carl Sagan

© Милена Боринова, превод, 2014

© Издателство „Изток-Запад“, 2014

ISBN 978-619-152-498-3

КАРЛ  
СЕЙГЪН



РАКОНИ В  
РАЙСКАТА  
ГРАДИНА

Превод от английски  
*Милена Боринова*





## СЪДЪРЖАНИЕ

Въведение.....	9
Първа глава	
<b>Космическият календар.....</b>	<b>17</b>
Втора глава	
<b>Гени и мозък .....</b>	<b>25</b>
Трета глава	
<b>Мозъкът и каретата .....</b>	<b>53</b>
Четвърта глава	
<b>Раят като метафора: еволюцията на човека .....</b>	<b>83</b>
Пета глава	
<b>Абстракциите на зверовете .....</b>	<b>107</b>
Шеста глава	
<b>Приказки за смътния рай .....</b>	<b>125</b>
Седма глава	
<b>Влюбени и луди .....</b>	<b>151</b>
Осма глава	
<b>Еволюцията на мозъка.....</b>	<b>181</b>
Девета глава	
<b>Познанието е нашата съдба: земен и извънземен разум.....</b>	<b>217</b>
Благодарности.....	229
Библиография .....	233
Речник .....	243
Показалец.....	251

*Човечеството се намира наред пътя  
между боговете и зверовете.*

Плотин

Основният извод от този труд, а именно – че човекът е произлязъл от някаква низша форма на живот, за съжаление ще е изключително непоносим за мнозина. Едва ли има някакво съмнение обаче, че ние сме потомци на варварите. Никога не ще забравя изумлението си, когато на един див неравен бряг в Огнена земя за първи път наблюдавах ритуален пир на туземци. Това мигом извика у мен мисълта, че точно такива са били и нашите предци. Тези хора бяха съвсем голи, с изрисувани тела, сплъстени коси и разпенени от въодушевление устни, а изражението им беше дивашко, тревожно и недоверчиво. Те не притежаваха почти никакво изкуство и подобно на диви зверове преживяваха с онова, което успееша да уловят, нямаха правителство и бяха безмилостни към всеки, който не принадлежеше към собственото им малко племе. Който е виждал дивак в родната му земя, не би изпитал особен срам пред принудата да признае, че във вените му тече кръвта на някое по-скромно животно. Колкото до мен, аз съм също толкова потомък на онази героична маймунка, храбро изправила се срещу най-страшния си враг, за да спаси живота на своя стопанин, или на онзи стар павиан, който слязъл от планината, понесъл на гръб своя млад другар, избавяйки го от глутница стъписани кучета, колкото съм и потомък на дивак, който изпитва наслада от изтезаването на своите врагове, извършва кървави жертвоприношения, безжалостно убива недъгави новородени, третира жените си като роби-ни, не знае приличие и е подвластен на чудовищни суеверия.

Човек може да бъде извинен за това, че изпитва някаква гордост само защото се е издигнал, макар и не със собствени усилия, до самия връх на органичната стълбица. Фактът, че се е издигнал, а не е бил изначално поставен там, може би му дава надежда за още по-величави съдбини в далечното бъдеще. Но ние тук не се занима-

ваме с надежди или страхове, а единствено с истината, доколкото нашият разум позволява да я открием. Аз дадох всички доказателства, на които бях способен, и трябва да признаем, че както ми се струва, човекът, с цялото си благородство, състрадание към онеправданите, великодушие, простиращо се не само до хората, но и до най-скромното живо създание, със своя богоподобен интелект, пронищал движенията и състава на Слънчевата система – с всички тези свои прехвалени качества Човекът все още носи в телесната си рамка неизличимото клеймо на своя низш произход.

Чарлс Дарвин  
*Произход на човека*

*Аз брат съм на дракони и спътник  
на сови.*

Йов 30:29



# ВЪВЕДЕНИЕ



*Казано честно, не би ли трябвало умът  
на оратора да знае истината за мате-  
рията, за която ще говори?*

Платон  
Федър

*Не зная къде да откроя литература,  
била тя стара или съвременна, някакво  
адекватно описание на онази природа, с  
която съм запознат. Най-близка до това  
е митологията.*

Хенри Дейвид Торо  
Дневник

Якоб Броновски принадлежи към малка група събрани от всички епохи хора, за които цялото човешко знание – изкуство и наука, философия и психология – е едновременно интересно и достъпно. Без да се ограничава само с една дисциплина, той се е разпростира из цялата панорама на познанието. Неговата книга и телевизионна поредица „Възходът на човека“ са превъзходно образователно помагало и забележителна хроника. В известен смисъл те проследяват съвместното израстване на човека и неговия мозък.

Последната му глава и епизод, озаглавени „Дългото детство“, описват продължителния период от време – пропорционално по-дълъг от този на всеки друг вид, – през който младите човешки същества са зависими от по-възрастните и показват изключителна пластичност в способността си да се учат от своята среда и култура. Повечето организми на Земята в много по-голяма степен разчитат на генетичната информация, предварително закодирана в нервната им система, отколкото на извънгенетичната информация, която са натрупали през живота си. За човешките същества, а всъщност и за всички бозайници е точно обратното. Докато поведението ни все още е значително контролирано от генетичната ни наследственост, чрез своя мозък ние имаме много по-богати възможности да проправяме нови поведенчески и културни пътища в рамките на кратки времеви отрязъци. Ние сме сключили нещо като сделка с природата – да отглеждаме трудно децата си, но затова пък капацитетът им за нови познания да подобри значително шансовете за оцеляване на човешкия вид. В добавка, през последните няколко десетки от процента от времето на съществуване на човешкия вид сме изобретили не просто извънгенетично, а и извънсوماتично познание – информация, съхранявана извън нашите тела, най-бележитият пример за което е писмеността.

Времето скала на еволюционните и генетични промени е много дълга. Периодът на появата на един открояващо се по-напреднал от друг вид е може би към сто хиляди години, като често разликата в поведението между близкородствени видове, като лъвовете и тигрите например, не изглежда много голяма. Пример за скорошна еволюция на човешките органични системи са пръстите на краката ни. Големият пръст на стъпалото играе важна роля за баланса при вървене. Останалите имат не толкова явна функция. Очевидно е, че те са еволюирали от пръстоподобни израстъци за улавяне и люлеене като тези на дървесните примати и маймуните. Еволюцията се състои в преквалификация – адаптиране на органична система, първоначално еволюирала за една функция, а след това към друга доста различна функция, – за което са били нужни около десет милиона години. (Стъпалата на планинската горилла са преминали през подобна, макар и доста независима еволюция.)

Днес обаче не разполагаме с десет милиона години да очакваме следващия качествен напредък. Живеем във време, когато светът ни се променя с безпрецедентно темпо. Макар промените да са най-вече наша собствена заслуга, те не могат да бъдат пренебрегвани. Нужна е пренастройка, адаптация и контрол, иначе ще загинем.

Само извънгенетична система за усвояване на познания би могла да се справи с бързо променящите се обстоятелства, пред които е изправен видът ни. Така ускорената в последно време еволюция на човешкия разум е не само причината, но и възможното решение на множеството сериозни проблеми, пред които сме изправени. Едно по-добро разбиране на естеството и еволюцията на човешкия ум би могло да ни помогне да се справим интелигентно със своето неясно и опасно бъдеще. Но аз се интересувам от еволюцията на разума и по друга причина. За първи път в човешката история сега разполагаме с мощен инструмент – гигантските радиотелескопи, способни да достигат на огромни междузвездни разстояния. Ние едва започваме да ги използваме – в началото плахо и несигурно, но с нарастващо темпо, – за да определим дали други цивилизации от невъобразимо далечни и екзотични светове изпращат радиосъобщения към нас.

Както съществуването на тези други цивилизации, така и естеството на посланията, които може би изпращат те, зависят от универсалността на протеклия на Земята процес на еволюция на

разума. Естествено е в търсенето ни на извънземен разум да очерпим някои насоки и прозрения, като изследваме еволюцията на разума на собствената си планета.

За мен беше радост и чест през ноември 1975 г. да изнеса в Университета на Торонто първата лекция от *Лекционния курс по естествена философия в памет на Якоб Броновски*. В тази книга значително разширих обхвата на тази лекция, а в замяна получих вълнуващата възможност да науча нещо ново по теми, в които не съм експерт. Не устоях на изкушението да синтезирам наученото в една цялостна картина, като предложа и някои хипотези относно естеството и еволюцията на човешкия разум, които може би са новаторски или поне не са широко дискутирани.

Темата е трудна. Макар че съм следвал биология и години наред съм работил над произхода и ранната еволюция на живота, нямам съществени познания в областта на анатомията и физиологията на мозъка например. Съответно предлагам следващите идеи с известно притеснение, защото напълно съзнавам, че много от тях са чисто умозрителни и могат да бъдат доказани или оборени единствено на наковалнята на експеримента.

Това проучване най-малкото ми даде възможност да изследвам една изключително увлекателна тематика, а бележките ми може би ще послужат като стимул за други да се впуснат и по-дълбоко. Великият принцип на биологията, онзи, който – доколкото знаем – отличава биологичните от физичните науки, е еволюцията чрез естествен отбор – брилянтното откритие на Чарлс Дарвин и Алфред Ръсел Уолъс в средата на XIX в.<sup>1</sup> Именно чрез естествен

---

<sup>1</sup> Още от времето на прочутия викториански дебат между епископ Уилбърфорс и Т. Х. Хъксли е налице стабилен, макар и безрезултатен отпор срещу идеите на Дарвин/Уолъс, често упражняван от воители на доктрината. Еволюцията е факт, изобилно демонстриран от фосилните архиви и съвременната молекулярна биология. Естественият отбор е успешна теория, съставена, за да обясни факта на еволюцията. Като един много учтив отговор към съвременната критика на естествения отбор, включително старомодния възглед, че той е тавтология („Оцеляват онези, които оцелеят“), прегледайте статията на Гуд (1976) от библиографията в края на книгата. Дарвин, разбира се, е бил човек на своето време и – както се вижда от цитираните му по-горе бележки за жителите на Огнена земя – понякога се е подда-

отбор – преференциалното оцеляване и възпроизводство на организмите, които по някаква случайност са по-добре адаптирани към своята среда – е възникнало елегантното разнообразие на съвременните форми на живот. Развитието на органа система, комплексна като мозъка, е в сложна взаимовръзка с по-ранната история на живота с неговите несигурни наченки, задънени пътища и мъчителна адаптация на организмите към поредната промяна на условията, заплашваща с унищожение най-приспособената до момента форма на живот. Еволюцията е стихийна, а не преднамерена. Всички ние, с нашия мозък и всичко останало, сме тук днес единствено благодарение на смъртта на неизброимо количество по-слабо приспособени организми.

Биологията прилича повече на историята, отколкото на физиката – инцидентите, грешките и щастливите случайности в миналото предопределят настоящето. При подхода към толкова сложен биологичен проблем като естеството на еволюцията на човешкия разум намирам най-малкото за разумно да отдам значителна тежест на аргументите, произтичащи от еволюцията на мозъка.

Фундаменталната ми презумпция за мозъка е, че механизмът му, който понякога наричаме „ум“, е следствие единствено от неговата анатомия и физиология и нищо повече. „Умът“ може да е последица от едновременното или колективно действие на компонентите на мозъка. Някои процеси може да са функция на мозъка като цяло. Изследователи в тази област, изглежда, са заключили, че щом като самите те не са успели да изолират и локализируют всички по-висши мозъчни функции, то и никое бъдещо поколение невро-

---

вал на самоласкателни сравнения между европейците и други народи. В действителност той достига до извода, че човешкото общество от времето, предхождащо технологиите, много повече наподобява това на състрадателните, задружни и културни бушмени от пустинята Калахари, отколкото на туземците от Огнена земя. Но прозренията на Дарвин за съществуването на еволюцията, за естествения отбор като нейна основна причина и за приложимостта на тези понятия към природата на човешките същества са отправни точки в историята на човешките търсения, въпреки настървения отпор, провокиран от тези идеи във викторианска Англия и в по-умерена степен в наши дни. (Всички бележки под линия с изключение на изрично отбелязаните са на автора.)

анатоми не би могло да постигне тази цел. Но липсата на доказателства не е доказателство за липса. Цялата по-нова история на биологията сочи, че ние в забележителна степен сме резултат от взаимодействията на изключително сложен набор от молекули, а аспектът на биологията, считан някога за светая светих – естеството на генетичния материал – сега е фундаментално разглеждан от гледна точка на химията на съставляващите го нуклеинови киселини ДНК и РНК и техните оперативни агенти – протеините. В науката и особено в биологията има много моменти, когато най-запознатите с материята имат високоразвит (и в крайна сметка погрешен) усет за неговите тънкости в сравнение с по-незапознатите. От друга страна съм напълно наясно, че твърде отдалечените от дадена материя биха могли да вземат невежеството си за всеобхватна перспектива. Във всеки случай както поради ясната тенденция в новата история на биологията, така и поради липсата на всякакви доказателства в негова подкрепа на тези страници няма да се занимавам с хипотези около така наречения дуализъм ум-тяло – идеята, че тялото е населявано от една твърде различна материя, наречена ум.

Част от удовлетворението, което носи този предмет на изследване, е връзката му с всички области на човешкото познание и особено с възможното взаимодействие между откритията на мозъчната физиология и тези, получени чрез човешка интроспекция.

Последната, за щастие, има дълга история, като в стари времена нейните най-сложни и дълбоки проявления са наричани митове. „Митовите – казва Салустий – са неща, които никога не са се случили, но винаги са били.“ В диалозите на Платон и „Републиката“ всеки път, когато Сократ разкаже мит – най-известният пример е притчата за пещерата – знаем, че сме стигнали до някакъв централен момент.

Тук не използвам думата „мит“ в днешното ѝ популярно значение като някакво разпространено поверие, противоречащо на фактите, а по-скоро в по-ранния ѝ смисъл на деликатна метафора за нещо трудно за описване с други средства. Съответно съм разнообразил обсъжданите теми от следващите страници с препратки към митове, древни и нови. Самото заглавие на книгата идва от неочакваната уместност на няколко различни мита – както традиционни, така и съвременни.

Макар да се надявам някои от изводите ми да заинтересуват и професионалисти в областта на човешкия ум, написах тази книга

за интересуващите се неспециалисти. Глава 2 е малко по-сложна от останалите, но се надявам все пак да е достъпна с малко повече усилия. Затова книгата би трябвало да се чете гладко. Оскъдната терминология обикновено е дефинирана още с въвеждането си и е събрана в речника в края на книгата. Фигурите и речникът са допълнителни средства в помощ на читателите без специална подготовка, макар че разбирането на аргументите ми съвсем не означава съгласяване с тях.

През 1754 г. в увода към своята дисертация „Произход и основи на неравенството“ Жан-Жак Русо пише:

Колкото и да е важно за правилната оценка на естественото състояние на човека той да бъде разглеждан от гледна точка на произхода си [...] аз няма да следвам неговата организация в последователното ѝ развитие. [...] По тази материя мога да формирам само мъгляви и почти въображаеми догадки. Сравнителната анатомия засега има твърде скромнен напредък и наблюденията на естествоизпитателите са крайно несигурни, за да осигурят адекватна основа за солидни съждения.

Предпазливостта на Русо отпреди над два века е в сила и сега. Затова пък сме отбелязали забележителен напредък както в изследването на сравнителната мозъчна анатомия, така и на човешкото и животинското поведение, които той правилно разпознава като решаващи за проблема – така че днес опитът за един предварителен синтез може би вече не е преждевременен.



ПЪРВА ГЛАВА

**КОСМИЧЕСКИЯТ  
КАЛЕНДАР**

---

---

*Още какво друго съзираш в непрогледната  
бездънност на миналото време?<sup>1</sup>*

Уилям Шекспир  
*Бурята*

---

<sup>1</sup> Превод Валери Петров.

Светът е много стар, а човеците – много млади. Важните събития в личния ни живот се измерват в години или дори по-малко, животът ни – в десетилетия, семейната генеалогия – във векове, а цялата ни записана история – в хилядолетия. Но ние сме предхождани от чутовна бездна от време, простираща се на изумителни периоди в миналото, за които знаем твърде малко както поради липсата на писмени сведения, така и поради затруднението ни да осмислим тяхната необятност.

И все пак сме успели да датираме събитията от далечното минало. Геоложката стратификация и радиоактивното датиране дават информация за археологическите, палеонтологичките и геоложките събития, астрофизичната теория осигурява данни за възрастта на планетарните повърхности, звездите и галактиката Млечен път, както и оценка за времето, което ни дели от онова необикновено събитие, наречено Големия взрив – експлозия, включваща цялата материя и енергия на сегашната Вселена. Големият взрив може да е бил началото на Вселената, а може и да е само едно прекъсване, в което да е била унищожена информацията за нейната по-ранна история. Той обаче със сигурност е най-ранното събитие, за което имаме някакви сведения.

Най-образният начин, по който бих могъл да представя космическата хронология, е като събера петнайсетте милиарда години живот на Вселената от Големия взрив до сега в една-единствена година. Тогава всеки милиард години от историята на Земята ще съответстват на около двацет и четири дни от нашия космически календар, а една секунда от тази космическа година ще се равнява на 475 завъртания на Земята около Слънцето. В следващите страници представям космическата хронология в три варианта: като списък с някои представителни дати преди месец декември; като календар на месец декември; като поглед отблизо на навечерието

на Нова година. В този мащаб събитията от нашите исторически книги – дори книги, полагащи съществени усилия да депроvincialизират настоящето – са дотолкова сбити, че последните мигове от космическата година трябва да се разглеждат секунда по секунда. Дори и тогава обаче откриваме като съвременни събития, разграничени от големи периоди от време. В историята на живота също толкова богат килим трябва да е бил изтъкан и през други периоди – например между 10:02 и 10:03 сутринта на шести април или шестнайсети септември. Но ние разполагаме с детайлна информация едва за самия край на космическата година.

Хронологията съответства на най-добрите сведения, с които разполагаме в момента. Някои от тях обаче са доста несигурни. Никой не би се изненадал, ако например се окаже, че растенията са колонизирали сушата през ордовикския, а не през силурския период или че прешленестите червеи са се появили по-рано през предкамбрия, отколкото се смята. Също така се оказва не по силите ми да включа всички съществени събития от хронологията на последните десет секунди от космическата година и моля да бъда извинен, че съм пропуснал развитието на художественото изкуство, музиката и литературата, както и исторически значимите Американска, Френска, Руска и Китайска революция.

#### ДАТИ ПРЕДИ ДЕКЕМВРИ

Големият взрив	1 януари
Произход на галактиката Млечен път	1 май
Произход на Слънчевата система	9 септември
Формиране на Земята	14 септември
Произход на живота на Земята	~ 25 септември
Формиране на най-старите познати скали на Земята	2 октомври
Дата на най-старите фосили (бактерии и синьозелени водорасли)	9 октомври
Изобретяване на пола (от микроорганизмите)	~ 1 ноември
Най-старите вкаменелости на фотосинтезиращи растения	12 ноември
Разцвет на еукариотите (първите клетки с ядра)	15 ноември

~ = приблизително

КОСМИЧЕСКИ КАЛЕНДАР  
ДЕКЕМВРИ

неделя	понеделник	вторник	сряда	четвъртък	петък	събота
	<b>1</b> Развитието на съществена кислородна атмосфера на Земята.	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b> Сериозна вулканична дейност и формиране на канали на Марс.	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b> Първите червеи.	<b>17</b> Завършва прекамбрият. Започват палеозойт и камбрият. Разцвет на безгръбначните.	<b>18</b> Първият океански планктон. Разцвет на трилобитите.	<b>19</b> Ордовикски период. Първите риби, първите гръбначни.	<b>20</b> Силурски период. Първите васкуларни растения. Растенията започват колонизация на сушата.
<b>21</b> Девонски период. Първите насекоми. Животните започват колонизация на сушата.	<b>22</b> Първите земноводи. Първите крилати насекоми.	<b>23</b> Карбонски период. Първите дървета. Първите влечуги.	<b>24</b> Започва пермският период. Първите динозаври.	<b>25</b> Край на палеозойта. Започва мезозойската ера.	<b>26</b> Триаски период. Първите бозайници.	<b>27</b> Юрски период. Първите птици.
<b>28</b> Кредски период. Първите цветя. Изчезват динозаврите.	<b>29</b> Мезозойска ера. Започват ценозойската ера и терциерският период. Първите китоподобни. Първите примати.	<b>30</b> Ранна еволюция на фронталния дял в мозъка на приматите. Първите човешкоподобни. Разцвет на гигантските бозайници.	<b>31</b> Край на палецена. Кватернерски период (плейстоцен и холоцен). Първите хора.			

## 31 ДЕКЕМВРИ

Произход на проконсула и рамапитека, вероятните предци на човекоподобните маймуни и човека	~ 13:30
Първите човеци	~ 22:30
Широка употреба на каменни сечива	23:00
Опитомяване на огъня от синантропа	23:46
Начало на последната ледникова епоха	23:56
Мореплаватели заселват Австралия	23:58
Широко разпространено пещерно изкуство в Европа	23:59
Изобретяване на земеделието	23:59:20
Неолитна цивилизация • Първите градове	23:59:35
Първите династии в Шумер, Ебла и Египет • Развитие на астрономията	23:59:50
Изобретяване на азбуката; Акадска империя	23:59:51
Законникът на Хамурапи във Вавилон • Средно египетско царство	23:59:52
Бронзова металургия • Микенска култура • Троянската война • Олмекска култура: изобретяване на компаса	23:59:53
Желязна металургия • Първа асирийска империя • Израелско царство • Основаване на Картаген от финикийците	23:59:54
Индия на Ашока • Китайска династия Цин • Перикъллова Атина • Раждане на Буда	23:59:55
Евклидова геометрия • Архимедова физика • Птолемеява астрономия • Римска империя • Раждане на Христос	23:59:56
Изобретяване на нулата и десетичната запетая в индийската аритметика • Падане на Римската империя • Експанзия на исляма	23:59:57
Цивилизация на маите • Китайска династия Сун • Византийска империя • Монголско нашествие • Кръстоносни походи	23:59:58

---

**31 ДЕКЕМВРИ**


---

Европейски ренесанс ◦ Откривателски пътешествия от Европа и от китайската династия Мин ◦ Възникване на експерименталния метод в науката	23:59:59
Широко разпространено развитие на науката и технологиите ◦ Възникване на глобална култура ◦ Придобиване на средства за самоунищожение от човешкия вид ◦ Първи стъпки в космическите планетарни изследвания и търсенето на извънземен разум	Сега: първата секунда от Нова година

---

Съставянето на такива таблици и календари неизбежно действа смиряващо. Смущаващо е да открием, че в тази космическа година Земята се кондензира от междузвездната космическа материя чак в началото на септември, динозаврите се появяват едва на Бъдни вечер, цветята – на 28 декември, а хората – в 22:30 в навечерието на Нова година. Цялата ни записана история заема последните десет секунди от 31 декември, а времето от упадъка на Средновековието до наши дни заема малко повече от една секунда. Тъй като съм избрал да представя нещата по този начин, първата космическа година току-що е приключила. И въпреки незначителността на мига от космическото време, който досега сме заемали, е ясно, че онова, което се случило на Земята и близо до нея през следващата космическа година, в голяма степен ще зависи от нашата научната мъдрост и чисто човешки усет.





ВТОРА ГЛАВА

# ГЕНИ И МОЗЪК

---

---

*Що за чук и що за здрави клеци мозъка  
отляха в нажежени пеци? Що за наковал-  
ня? И ръка смъртен ужас хванала така?<sup>1</sup>*

Уилям Блейк  
Тигърът

*Пропорционално на своите размери,  
от всички животни човекът има най-го-  
лям мозък.*

Аристотел  
За частите на животните

---

<sup>1</sup> Превод Кръстан Дянков.

**Б**иологичната еволюция е съпроводена от нарастваща сложност. Най-сложните организми днес на Земята съдържат значително повече натрупана (както генетична, така и извън-генетична) информация от най-сложните организми отпреди двеста милиона години например, което представлява едва пет процента от историята на живота на планетата и съответства на времето преди пет дни по Космическия календар. Най-простите организми днес на Земята имат зад себе си толкова еволюционна история, колкото и най-сложните, и е твърде възможно вътрешната биохимия на днешните бактерии да е по-ефективна от тази отпреди три милиарда години. Но количеството генетична информация в бактериите днес вероятно не е много по-голямо, отколкото в техните древни предци. Затова е важно да правим разлика между количеството информация и нейното качество.

Разнообразните биологични форми са наречени таксони. Най-голямото таксономично разделение е между растения и животни или между организмите със слабо развити ядра на своите клетки (например бактерии и синьозелени водорасли) и тези с ясно определени и сложно устроени ядра (например на протозоите и хората). Всички организми на планетата Земя обаче, независимо дали са с ясно определени ядра, или не, имат хромозоми, които съдържат генетичния материал, предаван от поколение на поколение. Във всички организми наследствените молекули са нуклеиновите киселини. С няколко незначителни изключения наследствената нуклеинова киселина винаги е молекулата, наречена ДНК (дезоксирибонуклеинова киселина). Много по-фините разделения сред разновидностите растения и животни на видове, подвидове и родове също могат да бъдат описани като отделни таксони.

Видът е група, която може да създаде фертилно поколение чрез кръстосване вътре, но не и извън себе си. Кръстосването на различни породи кучета води до създаването на репродуктивно конкурентно поколение. Но кръстосването между видове, дори когато те много си приличат, както магаретата и конете, създава нефертилно поколение (в случая мулета). Следователно магаретата и конете се категоризират като отделни видове. Жизнеспособни, но нефертилни кръстоски между по-раздалечени видове, каквито са лъвовете и тигрите например, понякога също се случват, макар и много рядко, поколението е фертилно. Това показва единствено, че разграничаването на видовете е малко мъгляво. Всички човешки същества принадлежат към един и същи вид, *Homo sapiens*, който в превод от латински оптимистично означава „разумен човек“. Нашите вероятни предци *Homo erectus* (изправеният човек) и *Homo habilis* (сръчният човек), които вече са изчезнали, са класифицирани към един и същи род (*Homo*), но от различен вид, макар никога поне напоследък да не е провеждал експерименти дали кръстоската между тях би довела до фертилно поколение. В по-ранни времена ширещото се мнение било, че поколение може да се получи чрез кръстосване между изключително различни организми. Минотавърът, убит от Тезей, е бил резултат от сношението между бик и жена. А римският историк Плиний предполагал, че новооткритият по онова време щраус е кръстоска между жираф и комар. (Трябва да са били женски жираф и мъжки комар.) На практика би трябвало да съществуват множество възможни кръстоски, които не са били опитвани поради обяснима липса на мотивация.

В тази глава многократно ще се връщам на графиката от фиг. 1. Нейната непрекъснатата крива показва времето на най-ранната поява на отделните главни таксони. Съществуват, разбира се, много повече таксони, отколкото са показани в няколкото точки на фигурата. Но кривата е представителна за много по-плътното множество от точки, което би било необходимо за характеризирането на десетките милиони отделни таксони, които са се появили през историята на живота на планетата. Основните таксони, еволюирали в по-ново време, като цяло са най-сложните.

Известна представа за сложността на даден организъм може да се добие чрез разглеждане на неговото поведение – а именно броя на различните функции, които изпълнява той през своя живот. Но за сложността може да се съди и по минималното информационно съдържание в генетичния материал на организма. Типична човешка хро-

мозома съдържа една много дълга ДНК молекула, навита на отделни намотки, така че заетото от нея място е много по-малко, отколкото би било, ако тя беше разгъната. Тази ДНК молекула е съставена от много по-малки градивни частици, подобно на степенките и страниците на въжена стълба. Тези градивни частици са четири разновидности и се наричат нуклеотиди. Езикът на живота, нашата наследствена информация, се определя от последователността на четири отделни вида нуклеотиди. Може да се каже, че езикът на наследствеността е написан с азбука, съставена само от четири букви. Но книгата на живота е много богата. Типична хромозомна ДНК молекула на човешко същество е съставена от около пет милиарда двойки нуклеотиди. Генетичните инструкции на всички останали таксони на Земята са написани на същия език и със същата кодова таблица. Действително този споделен генетичен език е едно от доказателствата, че всички организми на Земята имат общ прародител и водят началото си от един-единствен миг отпреди четири милиарда години.

Информационното съдържание на всяко едно съобщение обикновено се описва с бинарни единици, наречени битове. Най-простата аритметична схема не използва десет цифри (както правим ние поради еволюционната случайност, че имаме десет пръста), а само две – 0 и 1. Така на всеки достатъчно ясен въпрос може да бъде отговорено с една-единствена бинарна единица – 0 или 1, да или не. Ако генетичният код се записваше на език, съставен от две, а не от четири букви, броят на битовете в ДНК молекулата щеше да е равен на удвоения брой нуклеотидни двойки. Но тъй като има четири различни вида нуклеотиди, броят на битовете информация в ДНК е четири пъти броя на нуклеотидните двойки. Така ако една хромозома има пет милиарда ( $5 \cdot 10^9$ ) нуклеотида, то тя съдържа дваеста милиарда ( $2 \cdot 10^{10}$ ) бита информация. [Символ от вида  $10^9$  просто обозначава единица, следвана от определен брой нули – в случая девет.]

Какво количество информация са дваеста милиарда бита? Какъв би бил нейният еквивалент, ако тя беше сведена до обикновена печатна книга, написана на съвременен човешки език? Писмените човешки езици притежават от дваеста до четирийсет букви плюс една-две дужини цифри и препинателни знаци, така че за повечето езици ще са достатъчни 64 знака.

Тъй като  $2^6$  е 64 (2.2.2.2.2.2), шест бита би трябвало да са достатъчни за определянето на даден знак. Можем да го представим

образно под формата на игра от двайсет въпроса, в която всеки отговор съответства на влагането на един бит във въпрос с възможен отговор да или не. Да речем, че въпросният знак е буквата **К**. Бихме могли да я определим чрез следната процедура:

ПЪРВИ ВЪПРОС: Буква ли е (0) или друг символ (1)?

ОТГОВОР: Буква (0).

ВТОРИ ВЪПРОС: От първата половина (0) на азбуката ли е, или от втората (1)?

ОТГОВОР: От първата половина (0).

ТРЕТИ ВЪПРОС: От петнайсетте букви от първата половина на азбуката, тя сред първите осем ли е (0), или сред вторите седем (1)?

ОТГОВОР: Сред вторите седем (1).

ЧЕТВЪРТИ ВЪПРОС: От вторите седем (И, Й, К, Л, М, Н, О) тя сред първите три ли е (0) или сред вторите четири (1)?

ОТГОВОР: Сред първите три (0).

ПЕТИ ВЪПРОС: От останалите букви И, Й, К тя И ли е (0), или е Й или К (1)?

ОТГОВОР: Тя е Й или К (1).

ШЕСТИ ВЪПРОС: Тя Й ли е (0) или К (1)?

ОТГОВОР: Тя е К (1).

Така определянето на буквата **К** съответства на бинарното съобщение 001011. Но за това бяха достатъчни не двайсет, а само шест въпроса и в този смисъл само шест бита са достатъчни за определянето на дадена буква. Следователно двайсет милиарда бита се равняват на около три милиарда букви ( $2 \cdot 10^{10} / 6 \cong 3 \cdot 10^9$ ). Ако в една дума има средно по шест букви, информационното съдържание на една човешка хромозома съответства на около петстотин милиона думи ( $3 \cdot 10^9 / 6 = 5 \cdot 10^8$ ). Ако една нормална печатна страница съдържа около триста думи, това съответства на около два милиона страници ( $5 \cdot 10^8 / 3 \cdot 10^2 \cong 2 \cdot 10^6$ ). Ако една стандартна книга се състои от петстотин такива страници, то информационното съдържание на една-единствена човешка хромозома съответства на около четири хиляди тома ( $2 \cdot 10^6 / 5 \cdot 10^2 = 4 \cdot 10^3$ ). Така става ясно, че поредицата от стъпала на нашата ДНК стълбица представлява огромна библиотека от информация. Също така е ясно, че такава богата библиотека би трябвало да определя някой толкова сложно конструиран и изкусно функциониращ организъм като

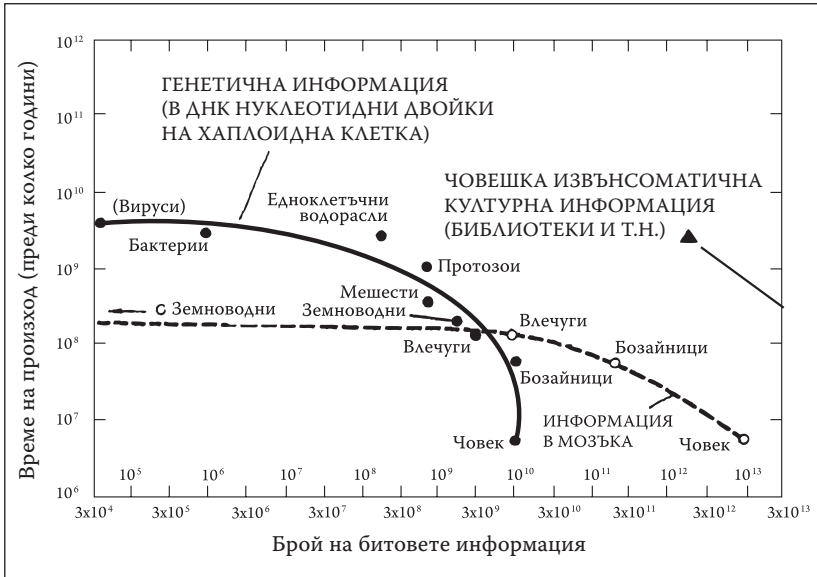
човешкото същество. Простите организми са устроени по-просто, имат по-малко функции и съответно изискват по-малко количество генетична информация. Въздоходите „Вайкинг“, които бяха спуснати на Марс през 1976 г., бяха с предварително програмирани инструкции, възлизащи на няколко милиона бита. Така че „Вайкинг“ имаха малко повече „генетична информация“ от една бактерия и значително по-малко от тази на едно водорасло.

На фиг. 1 е показано и минималното количество генетична информация в ДНК на различните таксони. Показаното количество за бозайниците е по-малко от това за човешките същества, защото повечето бозайници имат по-малко генетична информация от хората. В рамките на един таксон – например този на земноводните – количеството генетична информация широко варира при отделните видове, като се смята, че по-голямата част от ДНК вероятно е повтаряща се или нефункционираща. Това е причината на графиката да е показано само минималното количество ДНК за даден таксон.

От графиката виждаме, че преди около три милиарда години в информационното съдържание на организмите на Земята е настъпило рязко подобрение при бавно увеличаване на количеството генетична информация. Също така виждаме и че ако за човешкото оцеляване са необходими десетки милиарди (няколко пъти  $10^{10}$ ) битове информация, те трябва да се осигурят от извънгенетични системи: скоростта на развитие на генетичните системи е толкова ниска, че в ДНК не би могъл да се търси източник на такава допълнителна информация.

Суровините на еволюцията са мутациите – унаследими промени в конкретните нуклеотидни последователности, които изграждат наследствените инструкции в ДНК молекулата. Мутациите се причиняват от радиоактивност в средата, от космически лъчи или, както често става, произволно – чрез спонтанно пренареждане на нуклеотидите, което статистически би трябвало да се случва от време на време. Химичните връзки спонтанно се разкъсват. Мутациите също така до някаква степен се контролират от самия организъм. Организмите притежават способността да поправят определени типове структурни увреждания, причинени на тяхната ДНК. Например съществуват патрулиращи молекули, които търсят увреждания в ДНК. Когато бъде открито особено драстично изменение в ДНК, то бива изрязано с нещо като молекулярни ножици и ДНК се привежда в изправност. Но подобна поправка не е и не бива да е напълно ефективна: еволюцията изисква му-

тации. Мутация в ДНК молекула в хромозома от кожна клетка на моя показалец няма влияние върху наследствеността. Пръстите не са включени – или поне не пряко – в разпространението на видовете. Това, което е от значение, са мутациите в гаметите, половите клетки, чрез които се осъществява сексуалното възпроизводство.



**Фиг. 1.** Еволюция на информационното съдържание в гените и мозъка през историята на живота на Земята. Непрекъснатата крива, която минава през запълнените кръгове, представлява броя на битовите информация, съдържаща се в гените на различните таксони, чийто приблизителен период на произход според геоложките сведения също е показан. Поради вариациите на количеството ДНК в една клетка за определени таксони е показано само минималното информационно съдържание, като данните са взети от трудовете на Бригън и Дейвидсън (1969). Пунктираната крива, прекарана през незапълнените кръгове, е приблизителна оценка на еволюцията според количеството информация в мозъка и нервната система на същите тези организми. Информацията в мозъка на земноводните и по-низшите животни е извън левия край на фиг.та. Броят на битовите информация в генетичния материал на вирусите е показан, но не е ясно дали вирусите са се появили преди няколко милиарда години. Възможно е да са еволюирали по-наскоро чрез загуба на функции от бактерии или други по-сложни организми. Ако беше включена и извънсوماتичната информация на човешките същества (библиотеки и т.н.), тази точка би лежала далече извън долния десен край на графиката