



СІЛА ПЯСКУ, АБО СВАБОДА ПАД ІАГАМІ

Міхась Волчак

Ідэя і аўтарства ілюстрацыяй
Андрусь ТАКІНДАНГ



1865 год. Люты. На дварэ волка і холадна, а ў памяшканьні Таварыства дасыледнікаў прыроды Бруну (цяпер чэскі Брно) цесна і тужліва. Людзі навукі ледзь цямяць, на- вошта сюды запрасілі манаха. І не як слуха- ча, а з дакладам. Вы пазналі яго? Так, гэта Грэгор Мэндэль (Gregor Mendel). Ён паволь- на падыходзіць да tryбуны і на некалькі імгненіння замірае: моліца пра сябе.

«Тут ня месца для малітваў, а навуковы сход!» – ледзь ня выпаліў нехта з прысутных, але ў час стрымаўся. Мэндэль пачаў даклад. Дзіўны манах апавядáў, як крыжаваў расліны гароху з розным насеннем і... Стоп! Дэталі гэтае фунда- ментальнай працы мы спазнаем далей, а цяпер з'вернем увагу на твары слухачоў.

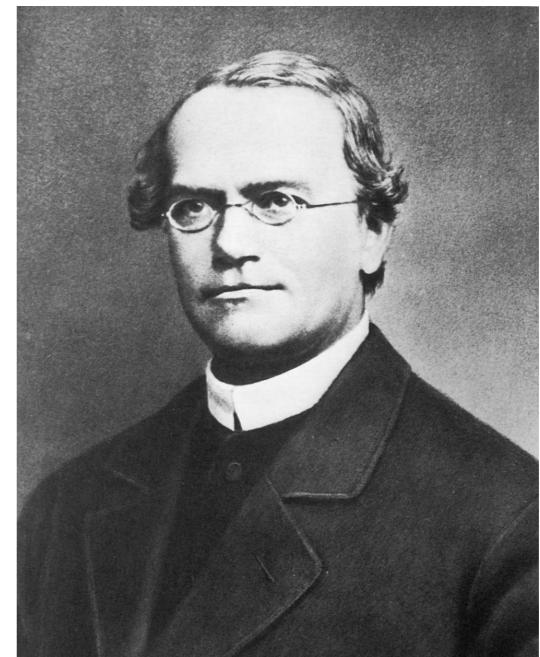
Бачыце, як яны бессаромна пазяхаюць і дэманс- страцыйна круцяцца на крэслах, не задаючи ніводнага пытаньня? Но жаль, біёлягі таго часу ня здолелі ацаніць выслікай непадобнага да іх манаха.

«Які цудоўны сёньня сывітанак!» – усыміхнүйся Мэндэль, выглянуўшы з кельлі ў дворык. Там на невялікай дзялянцы ў садзе аўгустынскага кляштару Святога Тамаша быў ягоны райскі куток: на дагледжанай градцы памерам 7 x 35 метраў Грэгор Мэндэль высадзіў старанна ада- браныя бацькоўскія гатункі гароху ў надзеі вы- вучыць атрыманыя гібрыды.

Незвычайны занятак для манаха, ці ня так? Трэба аддаць належнае ня толькі выбітным ін- тэлектуальным здольнасцям і стараннасці Грэгара Мэндэля, але й ляльнасці ягонага начальства, у прыватнасці абата Цырыла Напа (Cyrill Napp).

Насуперак пазыцыянаваныю большасці кан- сэрватыўных калегаў, Цырыл Нап заахвочваў занятак навукай і вылучыў маладому манаху сродкі на навучанье натуральных дысцыплі- наў у Венскім універсітэце. Ці мог падумаць Цырыл Нап, што, атрымаўшы адпаведную аду- кацыю, ягоны пакорлівы падначалены пачаў бы задаваць нязручныя пытаньні? Хутчэй за ёсё, дальнабачны абат ня толькі прадбачыў такую хаду падзеяў, але і сам задаваў сабе нязруч- ныя пытаньні. І, перадолеўшы страх, дазволіў маладому калегу паширыць гарызонты ўспры- маныня съвету. Ці мог падумаць Цырыл Нап, што Грэгор Мэндэль апярэдзіў навуковую думку на некалькі дзесяцігодзьдзяў наперад і сформулюе фундамэнтальныя законы генетыкі, названыя ў ягоны гонар? Імаверна, яны абодва не задумва- ліся пра гэта.

Што ж за далікатны і дзёрzkі эксперыменты праводзіў Мэндэль у сваім райскім кутку? Ён крыжаваў расліны гароху, якія адрозніваліся формай і колерам гарошынаў. Давайце да яго далучымся.



Грэгор Мэндэль
Крыніца: wikipedia.org

Не съпяшайцесь зазіраць у падручнік генеты- кі, дарагі чытачы, прапаную вам паразважаць. Дапусцім, нам трэба скрыжаваць дзесяць рась- лінаў з гладкім насеннем з такой жа колькас- цю раслінаў з зморшчаным насеннем. Як вы думаеце: які адсотак нашадкаў (гібрыдаў) мы атрымаем з гладкім насеннем, а які – з змор- шчаным? Вы сцвярджаёце, што судносіны могуць быць 50 % да 50 %?

Ня выключана, што Мэндэль спачатку думаў гэтак жа. Але прырода дзеіць разнаплянава і не заўсёды дастасоўваецца да хады нашых думак.

Саспей гарох. Манах падрыхтаваў па мяшку для гладкага і для зморшчанага насення ды пачаў вывучаць зъмесціва структуру атрыманых гібрыдаў. Неўзабаве яму давялося зь цяжкасцю перасоўваць мяшок з гладкім насеннем. Мяшок, прызначаны для зморшчанага, заста- ваяўся пусты. З надзеяй раскрыў Мэндэль апошні струк: «Мушу ж я знайсці хаця б некалькі зморшчаных зярнятак!» Не, не знайшоў. Усё зерне гладкае.

«Як? Ня можа быць! Гэта памылка!» – запра- тэставаў Мэндэль. Супакоўшыся, памаліўся і... як адказны навуковец, пастанавіў паўтарыць эксперымент. Які быў вынік? Як вы ўжо здагада- ліся, усе расліны, атрыманыя пры скрыжаваньні іх гладкіх і зморшчаных насенных бацькоў, аказ- валіся гладканасенныя. Ізноў і зноў пры такім скрыжаваньні не развязвалася ні адной расліны з зморшчаным насеннем!

Грэгор Мэндэль доўга і апантана маліўся. Па- раіца не было з кім. Хіба што пагутарыць бы са знакамітым сучаснікам Чарлзам Дарвінам?

Але той быў у далёкай Англіі. Яго-ную кнігу «Паходжанье відаў», якая зрабіла фурор у навуцы, Грэ́гар Мэндэль прачытаў на адным дыханьні. Падумашы, ён вынес вэрдыкт: «Кінга выдатная, апавядзе пра мэханізмы эвалюцыі жывых арганізмаў. Але пытаныні мэханізму атрыманья канкрэтных прыкметай у ёй не разглядаюцца». Мужны манах-навуковец пастанавіў працягнучы эксперыменты, нават калі ягонаму атачэнню яны будуць здавацца інтрыгамі д'ябла, а калегам – марнаваньнем часу.

Грэ́гар Мэндэль развязаў мяшок з гладкім насенем гароху, атрыманым пры скрыжаванні расылінаў з гладкім і зморшчаным насенем. Гэта быў гібрыды першага пакалення, як мы іх цяпер называем. «Бог захацеў зрабіць іх гладкім і прыбраў зморшчанасць», – падумашы манах і скрыжаваў гібрыды першага пакалення паміж сабой. Ён спадзяўся атрымаць як мага больш гладкана-сеных расылінаў і выбраць з іх найлепшыя: манахі любілі гарохавы суп.

Як жа зьдзівіўся Мэндэль, калі, зьбіраючи ўраджай гібрыдаў другога пакалення, яму давялося выкарыстоўваць мяшкі ня толькі для гладкага, але і для зморшчанага насення! Зъянтэжаны дасьледнік падлічыў агульную колькасць атрыманых гарошынаў і выявіў, што гладкіх аказалася прыблізна ўтрайа больш як зморшчаных.

Неспадзяянья расыліны з зморшчаным насенем пачвердзілі даўнюю таемную выснову мана-ха-навукоўца: шлях да Усяышняга ляжыць праз спазнаныне законаў натуральнага разьвіцця сьвету. Тым, хто выбірае гэты шлях, неабходныя съмеласць, адказнасць і неардынарнасць думак. Гэтымі якасцямі валодаў Грэ́гар Мэндэль. Эксперыменты ў садзе кляштару не спыняліся ні на хвіліну.

«Дзе выпадковасць, дзе памылка, а дзе правіла?» – стаў разважаць дапытлівы дасьледнік і ня толькі паўтарыў эксперыменты, але і пашырыў іх. Улічваючы, што пасыль скрыжавання расылінаў гароху з гладкім і зморшчаным насенем развязваецца гладкана-сенны малад-няк, навуковец сформуляваў чарговую задачу. Якое зерне сасыпее ў гібрыдаў пры скрыжаванні баць-

коў з жоўтым і зялёным насенем? Жоўтае ці зялёнае? Ці 50 % да 50 %? Як думаеце вы?

Грэ́гар Мэндэль ня меў магчымасці гуляць у тэрысі, але хутка зразумеў, як перайначыць градкі, каб высадзіць яшчэ больш варыянтаў скрыжавання. Задумана – зроблена! Гарох спорна пачаў расыці, манах зьнемагаў, чакаючы выніку... Прыро-да ахвотна пацвердзіла ўсталяваную заканамернасць: насенне гібрыдаў, атрыманых пасыль скрыжавання расылінаў з гладкім і зморшчаным насенем, ізноў толькі гладкае.

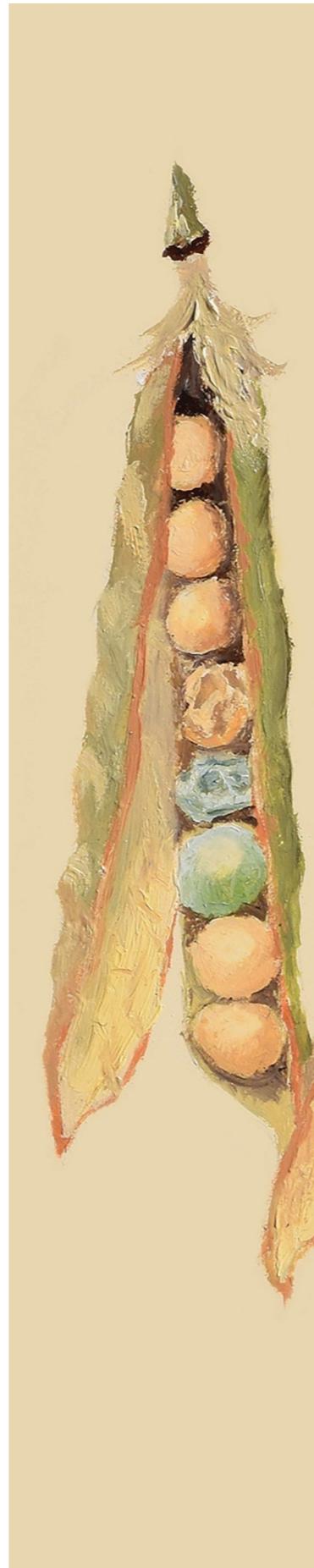
Што датычыць назірання за колерам гібрыдаў, то ў гэтым выпадку дасьледніку давялося адкласці ўбок адзін з мяшкоў: для зялёнаса-сення. Усё зерне гібрыдаў, атрыманых ад скрыжавання расылінаў з жоўтым і зялёным насенем, было жоўтае.

Якія высновы зрабіў навуковец? Што заўважылі мы з вами? Адно і тое ж: пры скрыжаванні бацькоў, кантрасных у вызначанай прыкмете, у першым пакаленіні гібрыдаў выяўляецца толькі адна з гэтых прыкметаў, а другая не назіраецца наагул. Віншую вас, мы сформулявалі першы закон Мэндэля, або закон аднастайнасці гібрыдаў першага пакалення.

Прыкмету, якая выяўляецца ў гібрыдаў першага пакалення, біёлягі называюць дамінантай. Эвалюцыя паступае мудра і нічога ня робіць дарэмна. Калі яна прызначае нейкую прыкмету на дамінантную (галоўную) ролю, то можна быць упэўненым, што менавіта гэтая прыкмета мае бяспрэчныя перавагі ды абавязаная заглушкиць слабыя або не-бяспечныя (рэцэсіўныя) прыкметы. Рэцэсіўныя прыкметы ў гібрыдаў першага пакалення не праяўляюцца, але прысутнічаюць у схаваным выглядзе.

Манах-навуковец зъмясьціў у асобны мяшечкі насенне гібрыдаў першага пакалення. У наступным годзе ён іх скрыжаваў: расыліны з гладкім насенем паміж сабой і расыліны з жоўтымі гарошынамі адна з адною.

Як думаеце: якая неспадзяянка насчакае пры скрыжаванні жоўтанасеных гібрыдаў першага пакалення?



Іншае распаўсюджанае ўжываныне шаснаццатковае систэмы – кадаванье колеру. Калі вы дызайнэр ці мастак, то, напэўна, часта сутыка-ліся з каляровая мадэльлю RGB. Мадэль RGB апісвае ўсе колеры з дапамогаю зъмешвання трох – чырвонага (Red), зялёнага (Green) і сінага (Blue), выкарыстоўваючы шаснаццатковы лік з 6 разрадаў: напрыклад, #34a8b3. У гэтым ліку 34_{16} – доля чырвонага колеру, $a8_{16}$ – зялёнага, $b3_{16}$ – сінага (гэта, дарэчы, атрымаеца цёмна-туркусавы, можаце загугліць!). Адпаведна, калі нам трэба проста чырвоны, гэта будзе #FF0000, проста фіялетавы – #FF00FF, а белы – #FFFFFF.[4]

У канцы яшчэ адна задача. Як вы думаеце: да колькі можна палічыць на пальцах рук? Як вы ўжо, напэўна, зразумелі, гэта залежыць ад сис-тэмы зылічэння.

Пачнём зь непазыцыйнай унарнай. Калі будзем лічыць толькі пальцы, то спынімся на 10. Калі будзем лічыць фалангі замест пальцаў, то далим да 24. Але тут можна пачаць хітраваць: выкарыстоўваем правую руку для падлічван-ня адзінкі да 12, а на левай лічым колькасць тузінаў. Атрымліваецца $12 + 12 + 12 \dots$ і гэта 12 разоў. Інакш кажучы, $12 * 12 = 144$. Мы можам лічыць да 144 з дапамогай усяго дзъвюх рук!

Тут можна заўважыць, што наагул магчыма лі-чыць ня толькі фалангі пальцаў, але й месцы су-члененія фалангаў ды атрымаць такім чынам

не 12 адзінак на адной руцэ, а ўсе 24. А значыць, хітра лічачы на дзъвюх руках, можна тэарэтычна дайсыці да астранамічна лічбы 576...

Можам ужыць пазыцыйную двайковую систэ-му для рахунку на руках: загнуты палец будзе азначаць 0, а разагнуты – 1. Які самы вялікі лік можна гэтак атрымаць? Лічачы кожны палец за адзін разрад, складаем вагу кожнага разраду:

$$512 + 256 + 128 + 64 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 + 1 = 1023.$$

Ня верыце? Палічыце!

Атрымліваецца, калі мы зможам загінаць кожны палец некалькімі рознымі способамі, то нашая лічильная магутнасць неймаверна ўзрастает! У тэорыі – так, але на практицы пальцы не прымя-юць больш за тры станы: 0 – сагнуты палец, 1 – ната-пагнуты, 2 – разагнуты цалкам. Але нават так у нас атрымліваецца вялікая лічба:

$$\begin{aligned} 2^{\ast}3^9 + 2^{\ast}3^8 + 2^{\ast}3^7 + 2^{\ast}3^6 + 2^{\ast}3^5 + \\ 2^{\ast}3^4 + 2^{\ast}3^3 + 2^{\ast}3^2 + 2^{\ast}3^1 + 2^{\ast}3^0 = \\ 39366 + 13122 + 4374 + 1458 + 486 \\ + 162 + 54 + 18 + 6 + 2 = 59048. \end{aligned}$$

Таму, калі вас наступным разам папросяць палі-чыць нешта на пальцах, заўсёды ўдакладняйце, якая систэма зылічэння маеца на ўвазе!

Крыніцы:

- Chrisomalis, Stephen (2010). Numerical Notation: A Comparative History. Cambridge, England: Cambridge University Press. pp. 133–187. <https://books.google.com/books?id=kXZhAAAQBAJ&pg=PA182>
- Ares, J.; Lara, J.; Lizcano, D.; Martínez, M. (2017). «Who Discovered the Binary System and Arithmetic?». Science and Engineering Ethics. 24 (1): 173–188. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11948-017-9890-6>
- Ternary computer. Wikipedia; 2023.
- Hexadecimal. Wikipedia; 2023.

але навукоўцы пакуль так і не зразумелі, як менавіта. Двойковую с. зыл. у сучасным яе выглядзе апісаў яшчэ Готфрыд Ляйбніц (Gottfried Leibniz) у 1703 годзе і нават пасправаў пабудаваць вылічальную машыну, якая яе выкарыстоўвае, але закінчыў гэтую справу, бо тэхналёгіі таго часу не дазвалялі пайсці далей за тэорыю. [2]

Двойковая с. зыл. выкарыстоўваецца абсалютна ўсюды ў кампьютарах, аўтаматах і вылічальнай тэхніцы. Чаму не дзесяткова? У якасці базавай ячэйкі памяці ў кампьютары выкарыстоўваецца трывер – электронная схема. Адзін трывер выкарыстоўваецца для заходуўання аднае лічбы. І калі ствараць трывер, які б запамінаў лік, скажам, 234₁₀, як ён ёсьць у дзесятковай с. зыл., то гэта азначала б, што кожны трывер павінен працаўваць у 10 розных станах. А гэта ўжо моцна ўскладніць мікрасхему і, натуральна, кошт усяго кампьютара. Таму ўжо ў пачатку эры кампьютараў (1940-я гг.) інжынеры адмовіліся ад гэтай ідэі, садзымулі пыл з красылюнкаў Ляйбніца і пастанавілі будаваць прасцейшыя ды надзеінейшыя трыверы, якія працуяць толькі ў двух станах – 0 і 1. Вось і атрымліваецца, што запісаць лік 234₁₀ кампьютару як 1101010₂ значна прасцей, чым ся рабіць гэта ў любых іншых с. зыл. (Аднак спрабы пабудаваць кампьютары на базе недвойковое с. зыл. былі, самыя паспяховыя зь якіх працаўвалі на трайковай с. зыл. Трайковая, здаецца, мае самы вялікі патэнцыял сярод іншых с. зыл., таму эксперыменты ў гэтым полі не спыняюцца.)

	о	1	2	3	4	5	6	7	8	9	А	В	С	Д	Е	Ф
U+040x	Ё	Ё	Ђ	Ѓ	Є	Ѕ	І	Ї	Ј	Љ	Њ	Ћ	Ќ	Ѝ	Ӯ	Ҫ
U+041x	Ӑ	Ӓ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ
U+042x	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ
U+043x	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ	Ӑ
U+044x	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ
U+045x	Ѐ	Ѐ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ	Ӗ
U+046x	Ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ	ѿ
U+047x	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ	Ѱ
U+048x	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ	Ҫ
U+049x	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ
U+04Ax	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ
U+04Bx	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ
U+04Cx	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ
U+04Dx	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ
U+04Ex	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ
U+04Fx	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ	Ӯ



Таму калі вы чулі, што кампьютар думае адзінкамі й нулямі, то гэта можна разумець абсалютна літаральна. Уся інфармацыя ў кампьютары – у двойковай систэме, і ўсе апэрацыі над імі адбываюцца гэтаксама ў двойковай с. зыл. з дапамогаю мікрасхемаў, якія працуюць на двойковай лёгіцы. [3]

Шаснаццатковая систэма таксама вельмі часта выкарыстоўваецца ў кампьютарах, аўтаматах і вылічальнай тэхніцы. Праважна тому, што робіць двойковы запіс больш кампактавым – у яе можна зручна й хутка пе-раводзіць з двойковай, дый выглядае яна больш звыкла, чымся штыкетнік з адзінак і нуляў. У ніз-каўроўневым праграмаванні і тэхнічнай да-кумэнтациі адресы рэгістрап (набор трывераў) у працэсары пазначаны ў шаснаццатковай систэме.

Яе ж выкарыстоўваюць для адресу і ў інтэрнэце. Сучасны IP-адресы (прыблізна з 2019 года, IPv6) звычайна запісваюцца з дапамогаю шаснаццатковай с. зыл. Прыклад такога адресу: 2001:1db2:11a3:09e7:1f34:8a2f:07a0:725d.

Шаснаццатковую систэму можна знайсці ў Юнікодзе (Unicode). Гэта табліцы для сымбаляў амаль любое пісъмовae мовы съвету. Ці не любы сымбал мае ў Юнікодзе свой унікальны ідэнтыфікатор, зададзены ў шаснаццатковай систэме. Напрыклад, кірылічная Р мае код U+0420, а Ў – U+040E.

Сюрпризу ня будзе, калі дапусціць, што сітуацыя будзе развівавацца аналягічна з той, якую мы назіралі ў гібрыдаў другога пакаленія, атрыманых ад бабуль і дзядуляў з гладкім і зморшчаным насенінем. Тады мы выявілі, што гладкіх гарошинаў утрай больш за зморшчаныя. Выкажам зда-гадку, што ў другім пакаленіні коль-касьць жоўтага насеніння таксама будзе трохразова перавышаць коль-касьць зялёнага.

Такая ж гіпотэза была і ў Мэнделю, і яна бліскуча пацвердзілася. Лета скончылася, насенінне сасыпела, манах-навуковец сабраў ураджай і выявіў, што мяшок з жоўтым насенінem гібрыдаў другога пакаленія ўтрай цяжэйшы за мяшок з зялёнім гарошинамі.

Гэтак, мы выявілі новую важную заканамернасць. Надышоў час сфермуляваць другі закон Мэнделю: у другім пакаленіні гібрыдаў, атрыманых ад скрыжавання бацькоў з альтэрнатыўнімі прыкметамі, колькасьць асобінаў з дамінантнаю прыкметай як 3:1.

Другі закон Мэнделю інакш называюць законам расчапленіння, бо аднастайнія гібрыды першага пакаленія пры скрыжаванні паміж сабою даюць рознае патомства (расчапляюцца), прычым так, што большая частка асобінаў ($\frac{3}{4}$) нясе дамінантную прыкмету, а астатняя частка ($\frac{1}{4}$) – рэцесіўную.

Цягам гадоў працаўвіты манах (пасыльня абат) Грегор Мэнделю пайтараў апісаныя вышэй ды шмат якія іншыя эксперыменты. Гэта была калясальная праца. Разам навуковец правёў калія дзесяці тысяч (!) доследаў. Адзін. Без адчувальнаў дапамогі. Штодзённых ававязкаў у супольнасці ніхто не адмяняў.

У выніку ў навукоўца сабраўся багаты насенны матэрыял. Чаго там толькі ні было: жоўтая гладкія, жоўтая зморшчаная, зялёная гладкія або зялёная зморшчаная зярніткі! Анализуючы выгляд насенін гароху ў бацькоўскіх формах і гібрыдаў, Грегор Мэнделю выявіў яшчэ адну цікавую заканамернасць. Колер і форма гарошинаў успадкоўваюцца аднолькава і незалежна адной ад адной! Аднолькавацца выяўлялася ў тым, што

пры ўспадкоўванні як формы, гэтак і колеру гарошинаў выконваліся першы і другі законы Мэнделю. Незалежнасць азначала тое, што дзеесьці ў «кляштары»-гарошине ёсьць «кељлі», кожная зь якіх адказвае за разъвіцьцё сваёй прыкметы.

Што вы сказаў? Гены? Вядома, «кељлі» ў «кляштары»-гарошине – гэта гены, але Грегор Мэнделю не апэраваў гэтым тэрмінам. Пры гэтым ён аргументаваў сцвярджаніем, што пры скрыжаванні асобінаў, якія адрозніваюцца паводле некалькіх прыкмет, адбываюцца незалежнае ўспадкоўванне гэтых прыкмет. Гэтае сцвярджаныне легла ў аснову тэорыі закону Мэнделю*.

Нягледзячы на тое, што сучаснікі не ацанілі рэвалюцыйнасць адкрыцця «крамольнага» съвітара з Бруну, Грегор Мэнделю наважыўся апублікаўцца вынікі сваёй працы. Ягоны артыкул пабачыў съвет у 1866 годзе ў працах Таварыства прыродазнаўства пад назваю «Досьледы над расыліннімі гібрыдамі» [1].

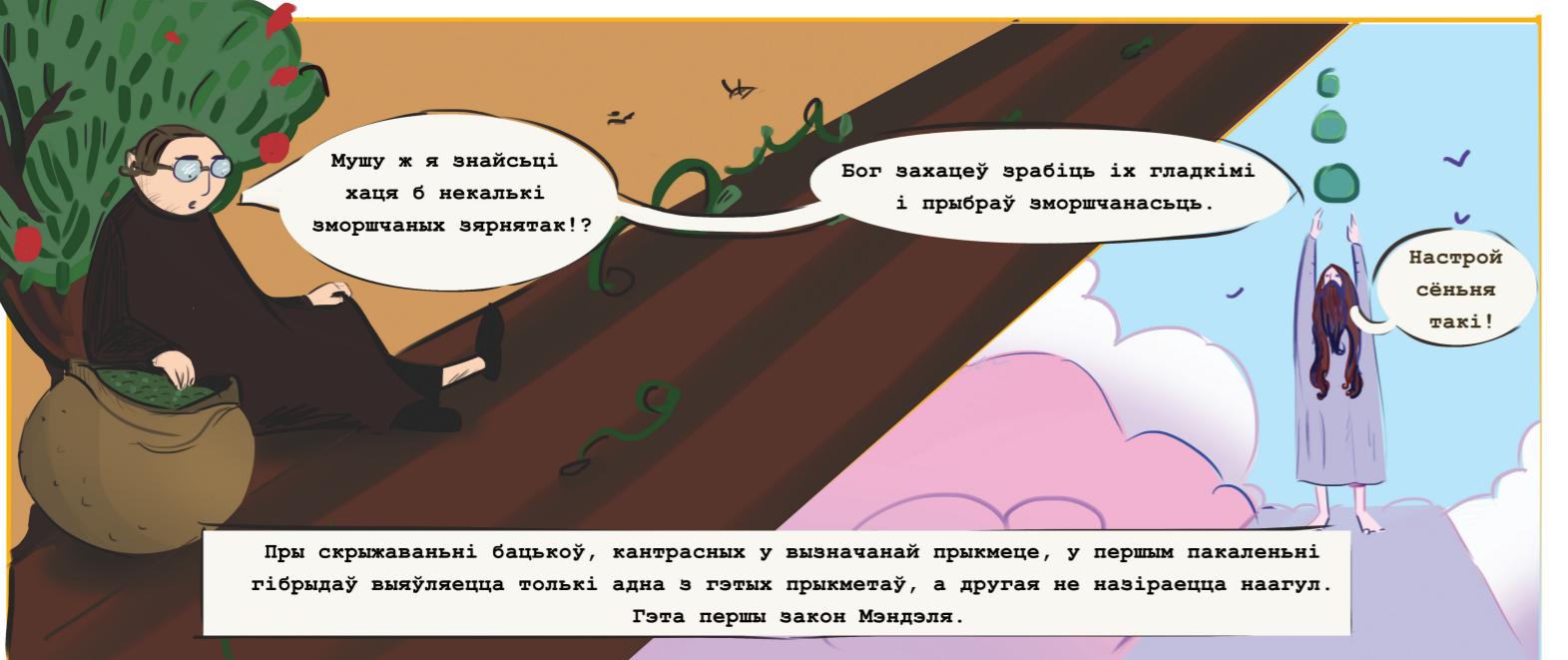
Навуковец быў упэўнены ў сваёй рацыі. Ён казаў: «Мой час яшчэ прыйдзе! Гэтыя слова выбітыя на помніку Грегору Мэнделю перад садам, дзе абат генетыкі ладзіў свае досьледы.

Давайце з нашага XXI стагоддзя падтрымаем Грегора Мэнделю, даслাশы яму электроннае паведамленне: «Вашыя высновы слушныя! Хай прарвуща гэтыя слова скрозь незваротнасць часу і дойдуць да неардынарнага абата ў момант адчноса. Усё прайдзівае застаецца назаўжды!

*Законы Мэнделю ў артыкуле прэзэнтаваны ў спрошчаным выглядзе, але гэта не прымяншае іх значнасці.

Крыніцы:

- Mendel, Gregor: Versuche über Pflanzen-Hybriden. In: Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn. 4 (1866), S. 3-47.



I назад.

Лік **MCMXLII**, тоўстым вылучаныя лічбы, меншыя за наступныя (C, X), іх будзем адымачь, а ўсё астатнэ складаць. Лічым: $M + M + L + I + I - C - X = 1000 + 1000 + 50 + 1 + 1 - 100 - 10 = 1942$.

Гісторыя лічбаў і ўжыванье розных систэмай зылічэння

Самаю першаю формулю запісу лічбаў была, хутчэй за ўсё, ужо згаданая ўнарная. Часта менавіта на ёй вучачца лічыць у раннім веку, выкарыстоўваючы падліковыя палачкі. Таксама такую систэму выкарыстоўваў, напрыклад, Рабінзон Круза, робячы засечкі на слупе й гэтак рахуочы дні на востраве. Такая систэма, вядома, вельмі навочная, але вельмі грувасткая: звычайна складаньне і адніманьне ў такой систэме ператвараеца ў сапрадыны жах.

Таму пазней у розных месцах Зямлі зьяўляліся іншыя способы запісваць лікі, і часта яны былі звязаныя менавіта з лічэннем на пальцах. Тут варта крыху спыніцца і сказаць пару словаў пра гісторыю лічбаў *per se*.

Лічбы – систэма знакаў для запісу лічбаў у розных систэмах зылічэння. Вядомыя нам лічбы ад 0 да 9 маюць індыйска-арабскае паходжаньне. Мне падаецца, іх гісторыя прыблізна вядомая шмат каму, а таму падрабязна спыніцца на ёй ня буду. Нагадаю толькі, што індыйска-арабская лічбы ўзынілі каля V ст. н. э. у Індыі, і ў Сярэднявеччы былі прывезены ў Эўропу арабскімі навукоўцамі. З таго часу ў Эўропе яны крыху памянілі выгляд, а вось у шмат якіх ісламскіх краінах дасюль выкарыстоўваеца іх арыгінальнае арабскае напісаньне.

.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Выявы рымскіх лічбаў наўпраст звязаныя з лікам на пальцах. Лічбы I, II, III, IIII – выява колькасці пальцаў, V – увасабляе руку з чатырма прыцінутымі адзін да аднаго пальцамі і адстаўленымі вялікім пальцам, а X – гэта дэльце V, або дэльце скрыжаваныя руکі.

Таксама, як я згадваў, былі спробы выкарыстоўваць літары розных альфабетаў у якасці лічбаў. Што цікава, такія альфабетныя лічбы існавалі ўвесь час этнасаў, якія вынаходзілі свой уласны альфабэт (гаворка ўласна пра альфабэт – з пісьменнасцю на аснове герогліфаў такі фокус можа не атрымашацца). Калі вы ўжо маецце систэму знакаў, то чаму не выкарыстоўваць яе ж, але крыху зъяніць і прыстасаваць для запісу ўжо на словаў, а лікаў? [1]

Рэч у тым, што такія систэмы, як правіла, усё яшчэ непазыцыйныя, а значыць, атрымліваюцца дастаткова грувасткі і не пасуць для вялікіх ці дакладных вылічэнняў. Пасправубіце запісаць рашэнне квадратнага раўнанія або дробу рымскімі лічбамі! Менавіта таму разам з індыйска-арабскімі лічбамі ў Эўропе з'явіліся і пазыцыйныя систэмы зылічэння, што дужа спрашчае матэматычныя запісы і спрыяе развіццю матэматыкі.

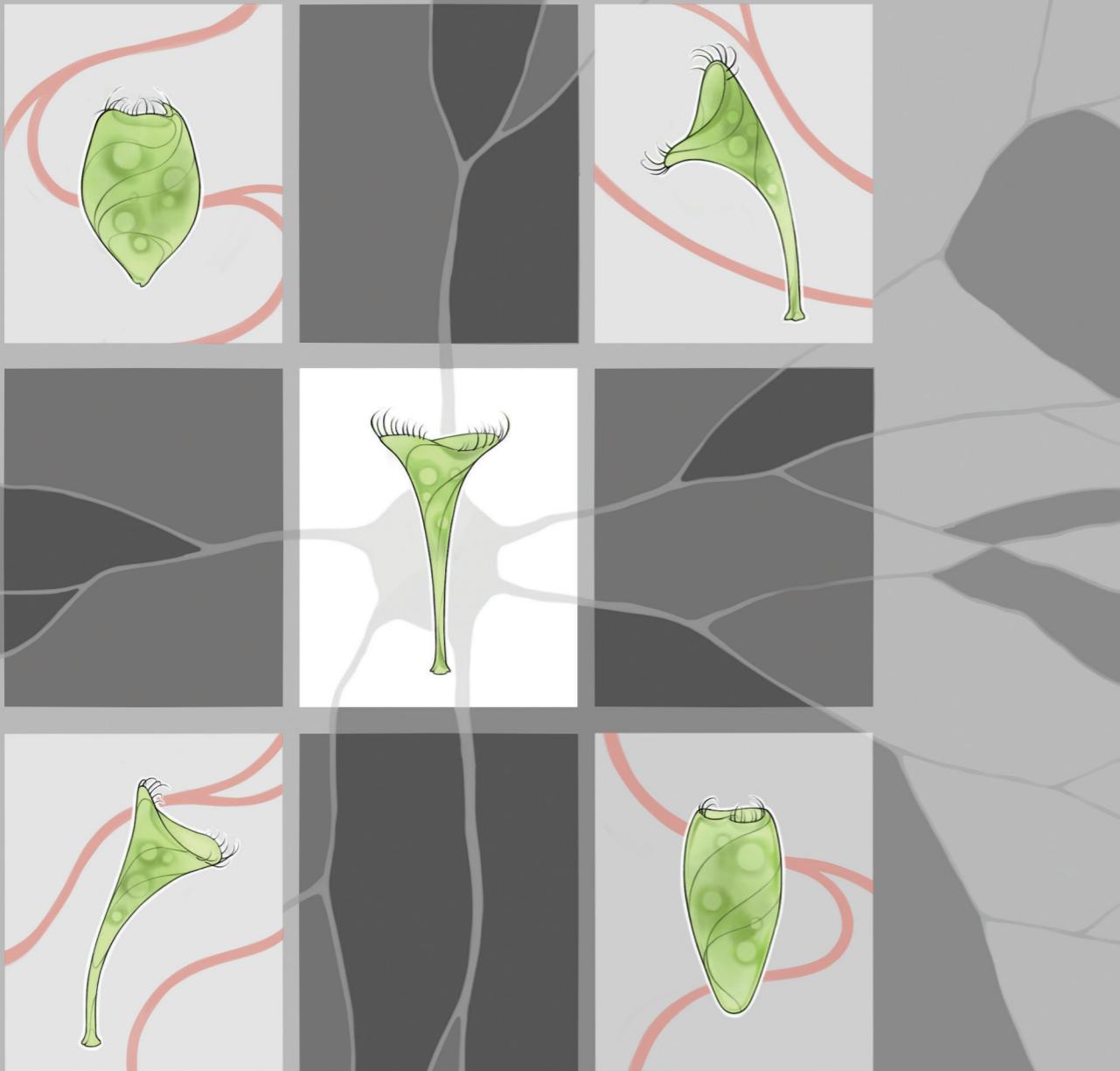
Вяртаючыся да гісторыі с. зыл., можам пастанавіць, што хопіць з нас запісваць па палачцы за кожны прадмет. Цяпер будзем лічыць усе аб'екты дзесяткамі – паводле колькасці пальцаў на дэльвях руках. І гэтак з'явіліся **дзесятковая** с. зыл., якая цяпер выкарыстоўваецца амаль паўсюдна.

Калі дадаць яшчэ і пальцы на ногах, можна таксама лічыць па дэвяццаці! Гэтак з'явіліся **дзесяткацтковая** систэма. Яе ў свой час выкарыстоўвалі мая і ацтэкі. І хоць і яна не паўсюдна выкарыстоўваецца цяпер, съяды рахавання дзесяткамі можна знайсці ў шмат якіх мовах. Напрыклад, у грузінскай пры ліку ад 20 да 99: *თვალი ots-da-atî* – ‘девяццаць-і-дзесяц’ – 30, *თმოვფაზფებული or(m)-ots-da-shvidmeti* – ‘два-девяццаць-і-сямнаццаць’ – 57. У французскай пры ліку ад 80 да 99: *quatre-vingt-sept* – ‘четыры-девяццаць-сем’ – 87, *quatre-vingt-dix* – ‘четыры-девяццаць-дзесяц’ – 90. Падобна лічачь і ў кельцкіх мовах, альбанскай, баскскай і дацкай, у іншых мовах Каўказу.

З пальцамі на руцэ звязаная і **дванаццатковая** с. зыл., але тут мы выкарыстоўваем вялікі палец як паказальнік, і лічым ім не самія пальцы, а флангі. Гэтак на адной руцэ ўдаеца даліцьца да 12, а на дэльвях – да 24, што ўжо значна больш! Але гэта не адзінай добрая ўласцівасць дванаццатковай с. зыл. Ёсьць яшчэ і большая колькасць дзесяльнікаў, чымся для дзесятковай, а такім чынам і прасцейшыя арытметычныя аперацыі пры дзесяткенні ўжываны на 2, 3, 4, 6 і 12.

Дванаццатковую с. зыл. вельмі актыўна ўжывалі яшчэ ў старажытны час шумеры і бabilёнцы, нарэшце з **шасцідзесятковай**. Такое выкарыстаньне дэльвіх систэмай мела свой сэнс, бо 12 – адзін з дзесяльнікаў 60, а значыць, пералічаць з аднае систэмы ў іншую таксама зручна. Менавіта дзесякуючы шумерам, а потым эгіпцянам і грекам мы дасюль частково карыстаемся гэтымі систэмамі: 60 сэкундаў у хвіліне, 60 хвілінаў у гадзіне, 24 гадзіны ў соднях і 360 градусаў у круже. [1]

Трошкі наводзяць біялагічна абумоўленых систэмай зылічэння – **двойковая** і **шаснаццатковая**. Двойковую с. зыл. выкарыстоўвалі інкі на працягу ўсёй гісторыі ў вузельчыкавым пісьме кіпу (*quiru, khiri*). Таксама, падаецца, кіпу выкарыстоўвалася і як пісьмовая систэма,



ТРУБАЧІ ПАЗНАНЬНЯ

АЛЯКСАНДАР ДАМЕНІКАН

ІДЭЯ І АЎТАРСТВА ІЛЮСТРАЦЫЯУ A. MIPO



Напрыклад, шаснаццатковая систэма зылічэння выкарыстоўвае альфабэт на 16 знакаў: ад 0 да 9 і A, B, C, D, E, F. Лічэньне ў гэтай систэме будзе выглядаць наступным чынам:

0 -> ... -> 9 -> A -> B -> C -> D ->
 E -> F -> [перапаўненъне першага
 разраду] 10 -> 11 -> 12 -> ... -> 1E
 -> 1F -> 20 -> ... -> 2A -> 2B -> 2C ->
 ... -> FF -> [перапаўненъне першага і
 другога разрадаў] 100.

Але як гэта? Паглядзім бліжэй, што адбываецца ўва ўсім вядомай систэме зылічэнья (далей с. зыл.) – дзесятковай. У ёй наш **альфабэт систэмы зылічэнья** – набор ужываных лічбаў – складаецца зь дзесяці знакаў (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), зь іх дапамогаю мы натуральна можам запісаць любы лік да дзеяці ў адным разрадзе¹. Можна ўяўіць сабе ўсе гэтыя значкі ў выглядзе кальца, як у старым тэлефоне, дзе пасыль 0 ідзе 1, пасыль 1 – 2... А што пасыль 9?

Вядома ж, 0! Тут адбываецца галоўны фокус – **перапаўненыне разраду**. Калі да 9 дадамо 1, то адзіны разрад, зь якога складаецца наш лік, скідаецца да нуля, бо паслья 9 больш лічбаў няма, а дабаўленую адзінку мы запісваем ужо ў новым разрадзе, гэтак атрымліваецца 10. Паслья чаго лічым далей: $11 \rightarrow 12 \rightarrow 13 \rightarrow \dots \rightarrow 19 \rightarrow$ [першы разрад скідаецца да 0, другі павялічваецца на адзінку] $20 \rightarrow \dots \rightarrow 99 \rightarrow$ [першы разрад перапаўніяецца, і тут бы дадаць 1 да другога, але другі перапаўніяецца таксама, і таму адзінка выносіцца ў наступны, трэці разрад] 100. Тут ужо ясна, што гэтак сама будзе і для сотняў, і для тысячай, і гэтак далей.

Колькасьць лічбаў для запісу лікаў можа быць якою заўгодна. Гэта называецца асноўва сістэмы злічэння. Вось толькі што мы выкарыстоўвалі дзесяць розных лічбаў, ці, інакш кажучы, сістэму злічэння з асноваю 10. А можам выкарыстоўваць аснову 2. Тады наш альфабэт с. зъл. будзе зъмешаць два знакі – 0, 1. Лічым мы ў такім выпадку гэтак:

0 -> 1 -> [перапаўненъне разраду]
10 -> 11 -> [перапаўненъне першага разраду, потым другога] 100 ->
101 -> etc.

Аснова с. зъл. 3: 0 -> 1 -> 2 -> 10 ->
11 -> 12 -> 20 -> 21 -> 22 -> 100 ->
101 -> 102 -> etc.

Аснова с. зъл. 8: 0-> 1 -> 2 -> 3 -> 4
-> 5 -> 6 -> 7 -> 10 -> 11 -> 12 -> 13
-> 14 -> 15 -> 16 -> 17 -> 20 -> etc.

А што, калі аснова сыштэмы большая за колькасць вядомых нам лічбаў? Для гэтага найчасцей выкарыстоўваюцца лацінскія літары.

Усе систэмы, апісаныя вышэй, – **пазыцыйныя**: велічыня лічбы залежыць ад яе пазыці ў ліку. Напрыклад, лічба 2 абазначае дзьве адзінкі ў ліку 52_{10} , у ліку 29_{10} – ужо два дзясяткі, 4233_{10} – дзьве сотні. Ці, напрыклад, В у ліку $2B_{16}$ роўнае 11_{10} , а ў ліку $B2_{16}$ роўнае 176_{10} (працэс пера-воду адных систэмаў зьлічэння ў іншыя пакажу пазней).

Ёсьць і **непазыцыйныя** систэмы зълічэнья. Як можа зразумець з азначэнья, вага кожнае лічбы ў ёй дакладна вызначаная і не залежыць ад становішча ў ліку. Найлепшы прыклад тут – **рымская с. зъл.** Напрыклад, $лік IX = 9_{10}$, а $XI = 11_{10}$, але і у першым, і у другім выпадку X абазначае менавіта 10, незалежна ад таго, на якой пазыцыі X стаіць.

Такі ж непазыцыйны прынцып выкарыстоўвалі і выкарыстоўваюць шмат якія іншыя с. зъл. : грузінская, габрэйская, грэцкая, кірылічная, армянская, і г. д., дзе ў якасці лічбаў выкарыстоўваюцца літары альфабету. Ніжэй – прыклад славянскага зылічэння, дзе для адрознівання лікаў да звычайных літараў над лікамі пісалі адмысловы знак – **тытлу**. [1]

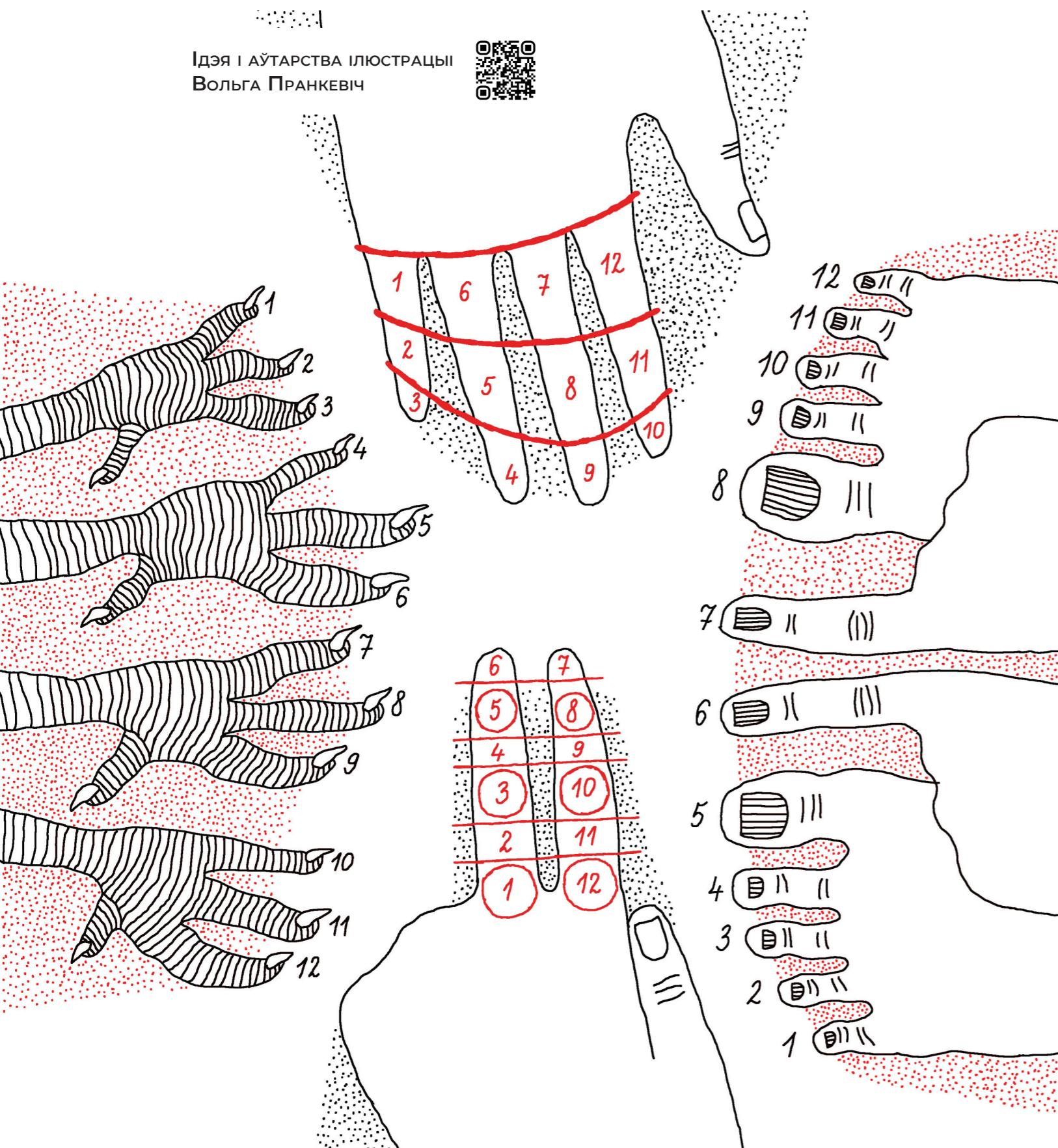
ଠ	ବ	ଗ	ଦ	ୟ	ଶ	ଢ	ହ	ଥ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ି	କ	ଳ	ମ	ନ	ୟ	ଙ୍ଗ	ପ	ଚ
10	20	30	40	50	60	70	80	90
ର	ସ	ତ	ବ୍ୟ	ଫ	ଖ	ପ୍ୟ	ବ୍ୟ	ତ୍ୟ
100	200	300	400	500	600	700	800	900

¹Разрад – пазыръя лічбы ў запісе ліку. Разрады нумаруюцца справа налева, пачынаючы з нуля.

ШТО ТАКОЕ СЫСТЕМА ЗЪЛЧЭНЬЯ?

Аляксей Бусьлейка

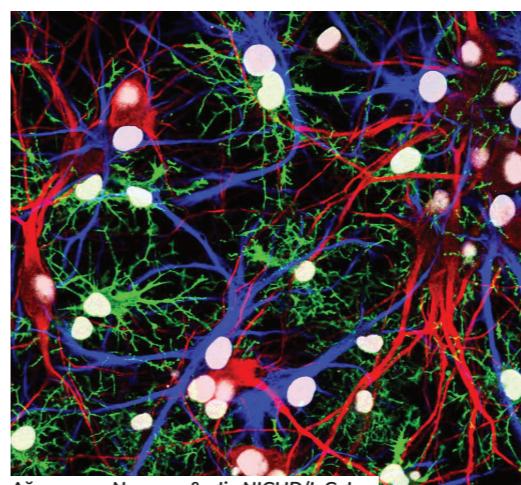
ІДЭЯ И АЎТАРСТВА ІЛЮСТРАЦЫИ ВОЛЬГА ПРАНКЕВІЧ



Ці чулі вы альбом Майлза Дэйвіса *Kind of Blue* (Мал. 1)? Праланую паслухаць, пакуль чытаеце гэты артыкул. Шмат хто думае, што гэты альбом зъмяніў джаз, бо быў напісаны на аснове новае канцепцыі будовы кампазыцыі. Майлз Дэйвіс – адзін з найбуйнейшых джазавых трубачоў усіх часоў – заўсёды імкнуўся да новых формаў і прынцыпаў у музыцы. Але як зъяўляюцца новыя ідэі? І ці магчыма дасьледаваць гэты працэс у навуцы?

Мозг зъменлівы і складаны

З гледзішча біялёгі чалавека, думкі, ідэ і эмоцыі – гэта прадукт дзеяньня галаўонога мозгу. Якім чынам мозг стварае гэтыя зъявы? Гэта адно з самых цікавых пытаньняў у сучаснай навуцы [1]. Сённяшні кансэнсус вылучае нэўраплястычнасць, ужо згаданую ў другім нумары зіну [27], як асноўную крыніцу зъменаў у паводзінах чалавека [20]. Адна з асноўных яе формаў – сынаптычная плястычнасць, альбо здольнасць асобных нэўронаў зъмяніць эфектыўнасць сваіх злучэнняў зь іншымі нэўронамі (сынапсаў) [2]. Гэтыя зъмены адбываюцца пад уплывам асяродзьдзя і ўласнага досьведу. З прычыны таго, што нэўроны ўтвараюць шчыльную сетку кантактаў (Мал. 2), сынаптычная плястычнасць можа весьці да грунтоўных пераменаў у працы мозгу. Менавіта таму разуменне мэханізмаў, што вядуць да зъмены нэўронаў ды іх сынапсаў, можа прыліць съятло на чалавечую здольнасць да креатыву.

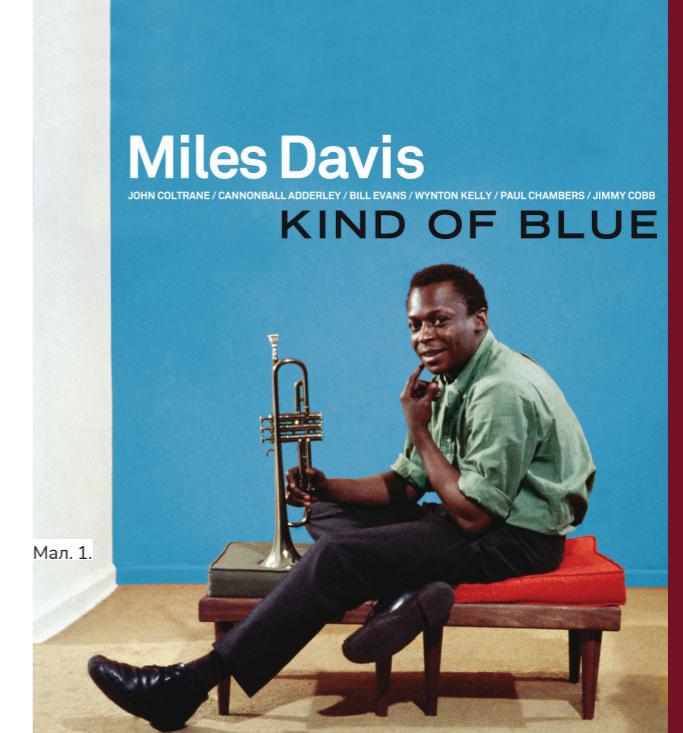


Аўтарства: Neurons & glia NICHD/J. Cohen
Крыніца: www.flickr.com

Нервова сеть з гіпакампа паука. Нейрони (сінія) злучані

Дасъледаваныні нэўронаў чалавека, як і любяя дасъледаваныні чалавека, – заданыне нетривыяльнае. Біялёгія – наука з большага эмпірычнай, то бок высновы наконт дакладных мэханізмаў зъявай робяцца на падставе эксперыментай і назіраньняй. Найчасцей біёлагі альбо дасъле-

¹Для параўнання: дыямэтар чалавечага воласа – ад 17 да 181 μm (1 $\text{мм} = 1000 \mu\text{m}$), а клетка скуры чалавека (кератынаць) – 10–15 μm [13].



Мал.

Майлз Дэйвіс, альбом Kind of blue
Concept and design by Comunicom
Крыніца: www.flickr.com

дуюць зъмены ў пасълядоўнасці ДНК (мутацыі генаў) ды іх уплыў на стан паддосьледнага арганізму – і тады гаворка пра генэтыку. Альбо разбираюць клеткі ды ачышчаюць асобныя іх кампанэнты (РНК, бялкі, арганэлы і г. д.) для далейших дасьледаваньняў у прабірцы – і тады гаворка пра біяхімію. Абодва падыходы, як можна сабе ўявіць, небясьпечныя для чалавека. Мутацыі выклікаюць хваробы, а разбурэнне клетак, асабліва клетак нэўронаў, ня можа быць добрай ідэяй. Але нават этычныя дасьледаванні мозгу іншых жывёлінаў ускладняюцца іх шматклетковай арганізацыяй: назіраць дынамічныя зъмены асобных клетак *in vivo* (у жывым арганізме) робіцца вельмі складана. Таму, нягледзячы на прагрэс апошніх гадоў, у нашым разуменьні функцыянованьня мозгу і нэўронаў, дакладныя мэханізмы зъменаў, якія тлумачаць такія зъявы, як памяць, навучанье і прыняцьце рашэнняў, застаюцца малазразумелымі [8, 10]. Але ці можам мы дасьледаваць такія працэсы на прасцейшых арганізмах?

На сцэну выходзіць трубач

Яшчэ ў 1902 годзе буйны амэрыканскі біёляг Гэрбэрт Спэнсэр Джэнінгс (*Herbert Spencer Jennings*, Мал. 3) апублікаваў артыкул, у якім апісаў зъмены паводзінаў аднаклетковай інфузорыі-трубача (*Stentor roeselii*, Мал. 4) у адказ на вонкавыя сыгналы [7]. Стэнтар – вельмі цікавы арганізм! Па-першае, цела яго – усяго адна, але гіганцкая – даўжынёю 1 мм – клетка¹. Па-другое, цікавая назва – трубач – паходзіць ад асаблівасці формы клеткі, якая выглядае як варонка на доўгай ножцы й нагадвае трубу (таксама *Stentor* – пэрсанаж грэцкае міталёгіі). Стэнтар жыве ў сажалках і мацеуца ножкаю да водарасьцяў ці глею. Варонка трубы мае клеткавы рот і адмысловыя мікрарастьнічкі (або вейкі – *cilia*), біцы ёкіх утварае віраваныне й прыцягвае часцінкі ежы да рота. Па-трэцяе, сваяк гэтага трубача – чарапік... Маеша на ўвазе інфузорыя-



Гэрбэрт Спенсар Джэннінгс I JENNINGS, H.S., DOCTOR
Аўтарства: Harris & Ewing
Крыніца: www.loc.gov



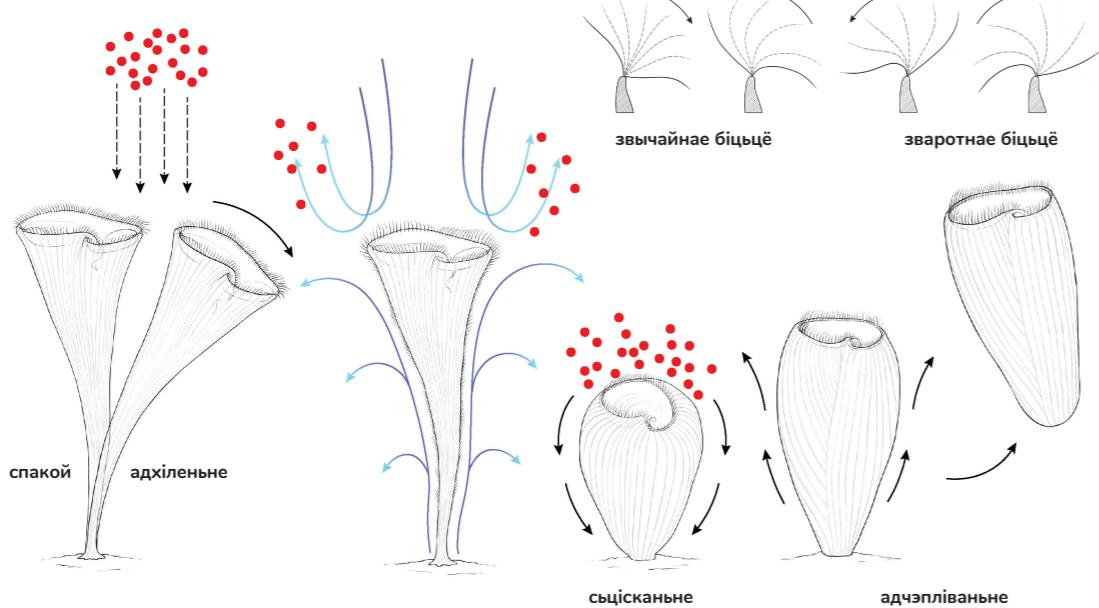
Stentor roeselii – 65x
Аўтарства: Picturepest
Крыніца: www.flickr.com

чарвічак (*Paramecium caudatum*), вядомая шмат каму з школьнага курсу біялёгії [6]. І, магчыма, гэтага было б і дастаткова, але аднаклеткавы трубач можа таксама прымаць складаныя жыцьцёвія рашэнні, запамінаць і вучыцца!

Джэннінгс знаходзіў трубачоў і вывучаў іхныя падвойдзіны пад мікраскопам. З дапамогай тонкае шкляное трубкі выпускаў у беспасярэднія блізкасці да іх блокі часцінкы чырвонага пігменту – карміну. Кармін на ёсьць пажыўным рэчывам для стэнтара, і, калі расынічкі прыцягвалі часцінкі пігменту да клеткавага рота, трубач, пакаштаўашы такі ласунак, пачынаў складаны каскад рэакцыяў пазъбягання (Мал. 5). Спачатку ён проста спрабаваў адхіленне ад воблака ўбок

(рэакцыя адхілення). Калі гэта не дапамагала, абарочваў біцьцё расынічак, каб ачысьціць ваду ад карміну (рэакцыя зваротнага біцьця расынічак). Калі нават такая рэакцыя не прыводзіла да пажаданага выніку, стэнтар пачынаў съціскацца ў маленькую трубку, каб схавацца ад надакучлівага воблака (рэакцыя съціскання). Урэшце, на маючы магчымасці ўнікнуць раздражняльнага стымулу (упартага Джэннінгса) на месцы, трубач моцнымі штуршкамі адчапляўся ад водарасьці, да якое быў прыматаўаны, і сплываў на новае месца (рэакцыя адчэплівання). На падставе гэтых назіранняў Джэннінгс зрабіў выніку, што гэты аднаклеткавы організм можа прымаць складаныя рашэнні, абапіраючыся на ўласны досьвед.

Мал. 5. Рэакцыі *Stentor roeselii* на мікраскалічныя часцінкі.



Але тэрызіназаўры мільёны гадоў паспяхова сусінавалі разам з тарбазаўрамі. Таму лагічна зрабіць выснову, што ўсё ж кіпцюры былі зброяй супраць драпежнікаў – толькі гэта і магло бы яго ратаваць. Тэрызіназаўр мог за кошт даўжыні пярэдніх канцавінаў тримаць дыстанцыю ад тарбазаўра і наносіць кіпцюрамі ўдары, ці нават хутчэй уколы (бо край кіпцюру не быў востры ў адрозненні ад кончыка), як гэта робяць фехтавальнікі, у раён галавы і шыі ворага, што дlya апошняга магло скончыцца вельмі кепска. Хутчэй за ўсё, тарбазаўры нават не спрабавалі атакаваць настолькі абароненай істоты, бо наступствы ад ранаў (нават пры ўдалым паляванні) маглі прывесці да траўмай самога драпежніка, якіх тыя вельмі намагаліся ўнікаць і не любілі авантураў (у адрозненні ад таго, як гэта паказваюць у галіўдскіх фільмах). Каб весці фехтавальны бой з тарбазаўрам, тэрызіназаўр мусіў мець добрую каардынацыю. І тут мы падыходзім да самай цікавай асаблівасці гэтага дына-зашара. Высвятляеца, што ў расліннаеднага дына-зашара (а такія звычайна не былі Спінозамі) захаваўся ад драпежных продкаў надзіва развіты мозг! Мазжачок і вочныя долі былі надзіва добра развітыя. І таму тэрызіназаўр мог добра ацаніць адлегласць да ворага і каардынаваць свае ўдары. Але што рабіць, калі вораг знянанку падкрадзеецца ззаду? Даследаванні мозга тэрызіназаўра даў сведчаньць пра развітасць лобнае долі галаўнога мозга, што можа сведчыць пра сацыяльныя паводзіны. А значыць, магчыма, былі і сацыяльныя групы – статак. Яны маглі забяспечваць назіраннне і своечасове выяўленне драпежнікаў. А для заўважанага тарбазаўра было б сапраўдным самагубствам нападаць на статак настолькі добра абароненых траваедаў. Мяркуюць, што ў плане сацыяльнасці тэрызіназаўры перасягали кракадзілаў, але саступалі птушкам.

Тэрызіназаўры з'явіліся каля 70 мільёнаў гадоў таму ў канцы Крэйдавага перыяду. Жылі на тэрыторыі сучасных Манголіі і Кітаю. Тэрыторыя тады ўяўляла сабою буйныя вільготныя лясы, але ўзімку тэмпература там была даволі нізкая. Пачыналі яны свой жыццёвы шлях адразу самастойна – падставаў думачь, што бацькі хоць неяк клапаціліся пра патомства, няма. Моладзь намагалася тримацца ў глыбіні гушчароў, каб ўнікаць сустрэчы з драпежнікамі, актыўна там харчавалася і старанна расла. Да статкай далаўчаліся, толькі калі дасяглі больш-менш па-рачынальнага з дарослымі памеру. Да гэтага часу даждывала меншыня.

Канец тэрызіназаўрам настаў 65,5 мільёна гадоў таму, калі ў Зямлю ў ваколіцы сучаснага паўвострава Юкатан (*Yucatán*) упаў дзесяцікаметровы метэрары, выклікаўшы шраг экалагічных крызісаў, што прывяло да вымірання значнае колькасці відаў. Цяпер гэта вядома як **крэйдава-палеагенавае** выміранне. У першую чаргу пачярпелі найбольш спецыялізаваныя віды з дўгім часам росту і дасягнення плоцэвае спеласці. Хто быў найбольш прыстасаваны і трывала ўтрымліваў свою экалагічную нішу, той і вымер (усе дына-зашары, марскія рактылі і птэразаўры, большая частка кракадзілаў і птушаў). Яны пакінулі зямлю больш універсальнымі відамі з хуткім размнажэннем і ростам. Быў сярод вымерлых відаў і тэрызіназаўр.

Крыніцы:

1. И.А. Ефремов. Дорога ветров (Гобийские заметки). – М.: Трудрезервзидат, 1956. – 360 с.
2. А.К. Рождественский. На поиски динозавров в Гоби. – 3-е изд. – М.: Наука, 1969. – 294 с.
3. А.К. Рождественский. О гигантских когтевых фалангах загадочных рептилий мезозоя. – Палеонтологический журнал, 1970: с. 131–141.
4. Paul, Gregory S. The Princeton field guide to dinosaurs – 2nd edition. – Princeton, N.J. – 1 online resource (360 pages)