

РАМУЎКА

ASTRAFIZYKA

Jak utvarylisia zorki, adkul uziałosia rečyva ў Suświecie i za košt čaho pracuje Sonca

ASTRANOMIJA

Год актыўнага Сонца:
чаму нашая зорка бушуе?

ASTRABIJALOHIJA

Апошняя фантазія:
жыццё па-за Зямлёй

MATEMATYKA

Камплексныя лікі
і геамэтрыя

INFARMATYKA

Рэцэпт на съяданак

ZDAROЎJE

Біялагічна актыўныя
дадаткі – ежа ці лекі?

BIJALOHIJA

Ад мух да храмасомаў

EKALOHIA

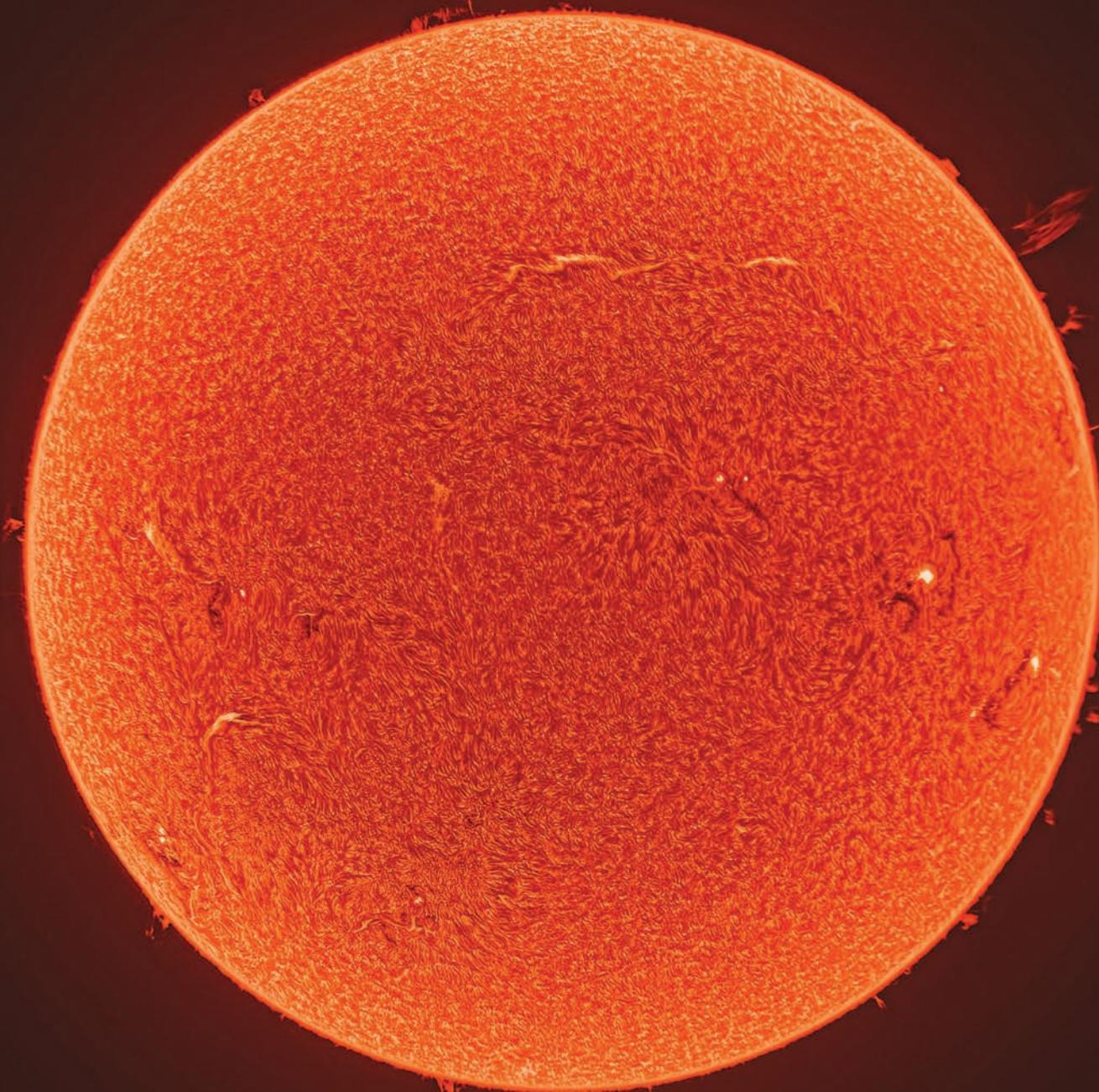
Экасістэмныя паслугі:
як прырода выконвае
важныя для нас функцыі
і нічога не просіць наўзамен

SAMNALOHIJA

Як муку прадаўшы: чаму
мы съпім траціну жыцьця

KOMIKS

Пра сон



РАМУŁКА

Ня верыцца, але гэта нумар 7!

Ён пра зоры – пра тыя, што на небе, і тыя, што на зямлі... Мы пішам пра ляўрэатаў народнае прэміі для беларускіх навукоўцаў «Бізон Гігс 2024»!..

I, як казаў Карл Сэйган (*Carl Sagan*), амэрыканскі астраном, астрофізык і навуковы камунікатар: «Космас – усярэдзіне нас. Мы створаныя з зорнага рэчыва. Мы способ, якім Сусьвет спазнае сябе». Пішучы пра навуку, мы спазнаём сябе.

Над зінам працавалі:

САЦЫЯТЭХНІЦА
Сьвета Волчак

ПЕРАКЛАДНІЦА,
РЭДАКТАРКА
Настасься Кахан

ДЫЗАЙН, ВЁРСТКА
Паліна Лістапад

У рыхтаваньні нумару бралі
ўдзел вучні Рэдактарскае
школы зіну *Ramulka*:

Аліна Салавейка і Антось
Задзіханаў (рэдагаваньне),
Nadzieja (першая чытачка гэтага і папярэдняга нумару).

РАМУŁКА • НАДРУКАВАНА Ў ПОЛЬШЧЫ • 2025

Фота на вокладцы
Зыміцер Канановіч

Наконт усіх пытаньняў пісаць на
ramylka.zin@gmail.com



ŽMIEST

4 ВЫНІКІ ПРЭМII «БІЗОН ГІГС»

8 ASTRAFIZYKA

Jak utvarylisia zorki, adkul uziałosia rečyva ū
Suświecie i za košt čaho pracuje Sonca

16 ASTRANOMIJA

Год актыўнага Сонца:
чаму нашая зорка бушуе?

24 ASTRABIJALOHIJA

Апошняя фантазія: жыццё па-за Зямлёй

28 MATEMATYKA

Камплексныя лікі і геамэтрыя

39 INFARMATYKA

Рэцэпт на съяданак

42 ZDAROЎJE

Біялагічна актыўныя дадаткі – ежа ці лекі?

46 BIJALOHIJA

Ад мух да храмасомаў

51 EKALOHIJA

Экасістэмныя паслугі:
як прырода выконвае важныя для нас
функцыі і нічога не просіць наўзамен

57 SAMNALOHIJA

Як муку прадаўшы:
чаму мы съпім траціну жыцьця

61 KOMIKS

Пра сон

62 ШТУЧНЫ ІНТЭЛЕКТ

Чаму беларусам варты карыстацца
ChatGPT?

НАВІНЫ ПРЭМІИ «БІЗОН ГІГС»

Прэмія для беларускіх навукоўцаў паспяхова завершилася! Мы вельмі цешымся гэтаму! Міхась прарабіў вялікую арганізацыйную працу, не столькі цяжкую,

колкі паслядоўную. Мы з гонарам можам запісаць на старонкі беларускай гісторыі выбітных асабаў свetu навукі, лаўрэатаў, якіх намінавалі вы!

Пераможцам народнага галасавання стаўся Максім Домніч! Віншаем і ганарымся <3

Вялікі дзякую усім, хто падтрымаў правядзенне прэміі і дапамагаў любым чынам!

Вельмі прыгожую інфографіку, як і ўвесь дызайн прэміі, зрабіў Voka Abiboka



БІЗОН ГІГС 2024. НАМІНАНТЫ

Максім Домніч

медыцына анкалогія



Максім Домніч даследуе функцыі нейтрафілаў у кантэксле канцэррагенезу, што ёсьць важнаю галіною сучаснай анкалогіі. У сваёй працы вывучае падвойную ролю ней-

трафілаў – асноўных клетак прыроджанага імунітэту – у развіцці раку. З аднаго боку, нейтрафілы могуць браць удзел у супрацьпухлінным імунным адказе, з другога – быць перапраграмаваныя пухлінаю для падтрымання росту і метастазавання.

Разуменне таго, як рак упłyвае на перапраграмаванне нейтрафілаў і змяненне іх функцыяў, – ключавы кірунак даследаванняў Максіма Домніча для распрацоўвання новых тэрапеўтычных стратэгіяў. Ён вывучае, як пухліна стварае мікраасяродак, што змяняе паводзіны нейтрафілаў і ператварае іх у пухлінна-асацыяваныя нейтрафілы (TANs), якія спрыяюць ангіягенезу, здушваюць імунны адказ і стымулююць інвазію пухлінных клетак.

Акрамя таго, Максім Домніч даследуе ролю нейтрафілаў у кантэксле імунатэрапіі раку. Аналізуе, як нейтрафілы могуць упłyваць на эфектыўнасць такіх тэрапіяў, як ін'гібітары контрольных пунктаў імуннага адказу. Разуменне гэтых узаемадзеянняў можа дапамагчы ў аптымізацыі імунных тэрапіяў і пераадоленні рэзістэнтнасці да лячэння.

Дзейнасць Максіма скіраваная на даследаванні, неабходныя для контролю імуннага адказу, які развіваецца ў працэсе прагрэсу раку. Ягоная праца можа прывесці да стварэння новых метадаў лячэння, скіраваных на карэкцыю функцыяў нейтрафілаў і паляпшэнне прагнозаў для паціентаў з анкалагічнымі захворваннямі.

Алег Ціханенка

матэматыка папулярызацыя навукі

Публікацыя аднаго з нешматлікіх беларускамоўных падручнікаў з матэматычнай дысцыпліны. Праца надзвы-

чай важная для пабудовы цалкам беларускай сістэмы вышэйшай аддукацыі.

- [prof. zw. dr hab. Oleg Tikhonenko | Oleg Tikhonenko – Strona Domowa](#)



Юлія Сандамірская (Yulia Sandamirskaya)

штучны інтэлект

робататэхніка



Распрацоўванні ў галіне робататэхнікі і штучнага інтэлекту, што грунтуюцца на нейраморфнай тэхналогіі. Нейраморфная тэхналогія – падыход да вылічэння, натхнёны працаю мозгу, які імітуе, як нейроны і сінапсы апрацоўваюць інфармацыю. Гэтая рыса робіць нейраморфную тэхналогію ідэальнаю для штучнага інтэлекту, робататэхнікі і энергэфектыўных прыладаў, якія вучацца і рэагуюць, як людзі. На гэтай базе навуковая група Юліі Сандамірской стварае, нап-

рыклад, новыя тэхналогіі ў сістэме аховы здароўя і дoгляду асабаў сталага веку, нейраморфнае абсталяванне і праграмнае забеспечэнне, што можа выкарыстоўвацца ў гуманідных робатах у асяроддзі разумнага гораду, іннавацыйныя сістэмы машыннага бачання для выкарыстання ў робататэхніцы. Падсумоўваючы, можна сказаць, што дзякуючы працам Юліі гуманідныя робаты з навуковай фантастыкі могуць хутка прыйсці ў реальнасць.

- [Yulia Sandamirskaya homepage](#)

- [Prof. Dr. Yulia Sandamirskaya | ZHAW Zurich University of Applied Sciences](#)

- [Yulia Sandamirskaya - Zürich Metropolitan Area | Professional Profile | LinkedIn](#)

- [Yulia Sandamirskaya - Google Scholar](#)

Дзяніс Кіцель

біялогія

арнітологія

Дзяніс – арнітолаг, адмысловец у стракозах і прыродахойнік. У ліпені 2024 года апублікаваў артыкул «Checklist of the Odonata of Belarus», у якім сабраў і прааналізаваў усю даступную інфармацыю пра стракозаў Беларусі. Гэта першае буйное даследаванне такога роду, выкананае беларускім аўтарам. Варта адзначыць, што Дзяніс таксама адкрыў [два новыя віды стракозаў для Беларусі](#). Як арнітолаг прысвяціў шмат гадоў вывучэнню птушак у Беларусі,

арганізоўваў штучныя гнездзішчы для драпежных птушак і соваў. У 2014 годзе заснаваў станцыю кальцавання птушак «Сасновы Бор» у Расонскім раёне Віцебскай вобласці. З таго часу станцыя працягвае сваю працу, адыгрываючи важную ролю ў вывучэнні міграцыйных шляхоў і стану папуляцыяў. Адкрыў восем новых відаў птушак для Беларусі, пяць з якіх былі ўпершыню зафіксаваныя менавіта тут. Цяпер працягвае працу ў Грузіі. Усталёўвае гнездавыя



скрыні для соваў, а таксама вывучае распаўсяд і харчаванне савы сіпухі ў Грузіі і яе ўплыў на мясцовую фауну.

- [Лекция "Уникальная история совы-сипухи в Грузии" Дениса Кителя - YouTube](#)
- [Як беларус дапамагае совам у Грузіі — Экодом | Ecohome](#)
- [Denis Kitel \(@deniskitel\) • Instagram photos and videos](#)
- [Denis KITEL | Researcher | University of Białystok, Białystok | Research profile](#)
- [Denis Kitel | LinkedIn](#)

Зміцер Фірага (Dzmitry Firaha)

квантавая хімія

фармацэўтыка



Вядучая роля ў распрацоўванні метаду, што давае шляхам разлікаў на камп'ютары з вялікаю дакладнасцю прадказаць крышталічную структуру малекулярных крышталёў. Эта вельмі складаная задача праз вялікую колькасць варыянтаў, якімі малекулы могуць уладкавацца ў крышталь. Але Зміцер здолеў яе развязаць! Складанасць задачы, дарэчы, можна параўнаць з склада-

насцю прадказання трацічнай структуры бялка, а гэта Нобэлеўская прэмія ў галіне хіміі гэтага году. Веданне крышталічнай структуры давае прадбачыць уласцівасці крышталёў. Эта вельмі істотная інфармацыя, патрэбная ў розных прыкладных распрацоўках, напрыклад, у фармацэўтычнай вытворчасці. Працу Змітра з калегамі апубліковалі ў навуковым часопісе [Nature](#).

- [Dzmitry Firaha, Dr. | LinkedIn](#)
 - [1] Firaha, D.; Liu, Y. M. et al. [Predicting Crystal Form Stability under Real-World Conditions](#). *Nature* 2023, 623 (7986), 324–328.
 - [2] Hunnisett, L. M. et al. [The Seventh Blind Test of Crystal Structure Prediction: Structure Generation Methods](#). *Acta Crystallogr B Struct Sci Cryst Eng Mater* 2024, 80 (6).
- гл. таксама
- [Avant-garde Materials Simulations | Science | avmatsim](#)
 - [See Dzmitry Firaha, Dr.'s activity on LinkedIn](#)

Павел Урбановіч, Аляксандар Пінчэнкаў, Аляксандар Кудраватых

лічбавая камунікацыйная тэхналогія

папулярызацыя тэхналогіяў

Адны з першых, хто ствараў «лакальныя сеткі» ў Менску. Прапануеца такім чынам ушанаваць КОЖНАГА такога энтузіяста, бо іх былі дзясяткі. Лакальныя сеткі – камп'ютарныя сеткі, якія служаць для абмену інфармацыяй паміж злучанымі камп'ютарамі. Лакальныя сеткі паслужылі будаванню супольнасці сяброў у дварах. У парадку развіцця лакальныя сеткі былі падлучаны да глабальнага сеціва

і паслужылі развіццю інтэрнэту ў Менску (і іншых гарадах) і хуткаму распаўсюду інтэрнэту (*dial up*) па ўсёй краіне. Значнасць інтэрнэту немагчыма пераацаніць сёння, і вельмі важна, што пачаўся ён у Беларусі сіламі энтузіястаў і простых «хлопцаў з раёну»! Этыя людзі ўкладаліся не толькі сваймі ведамі і часам, але і грашыма, каб пабудаваць інфраструктуру для сувязі людзей. У гэтым вы-



падку хлопцы – айцішнікі, адміністраторы сесіва і камп'ютарныя інжынеры.

- Пра іхнью працу можна прачытаць у інтэрв'ю на [«Онлайнеры»](#)

ПРЫХІЛЬНІК СУПОЛЬНАСЦІ РАМУŁКА?
ЯК ТАБЕ ПРЭМІЯ БІЗОН ГІГС?

Хочаш, каб наступная прэмія ў 2025 годзе адбылася?

Тады запоўні анкету!



БІЗОН ГІГС

у лічбах

КРОК ПЕРШЫ

ЭВОР ФОНДУ

Лістапад - сінэчань 2024

КРОК ДРУГІ

НАМІНАЦЫЯ

Сінэчань 2025



224.11.2

53.31.7.29.02.8

212.4.7

14
чалавек
падалі заяўкі

8
намінатаў

Юлія Сандамірская

Максім Домніч

Зміцер Фірага

Дзяніс Кіцель

Алег Ціханенка

Павел Урбановіч,
Аляксандр Пінчэнкаў,
Аляксандр Кудраватых

6
намінацый

ЛІЧАВА-
-ТЭЛЕКАМУНИКАЦЫЯНЫЙ
ТЭХНАЛОГІИ
папулярызацыя
тэхналогіі

МАТЭМАТИКА
-
папулярызацыя
науки

МЕДЫЦЫНА
-
анкалогія

БІЯЛОГІЯ
арнітологія
штучны інтэлект
роботатэхніка

КВАНТАВАЯ ХІMІЯ
фармацеўтыка

АРГАНІЗАЦЫЯ ПРЕМІІ



"Я – каардынатор першай прэміі, Міхail Волчак.
Ідэя прэміі з'явілася яшчэ ў пачатку 2023 году у мяне і май жонкі, калі мы шлацыравалі па лесе з сваім собакам Сакратам. Там жа нарадзілася і назва – "Бізон Гігс"

У 3-м нумары зіну Ратылка (канец 2023 году), мы апісали канцепцыю.

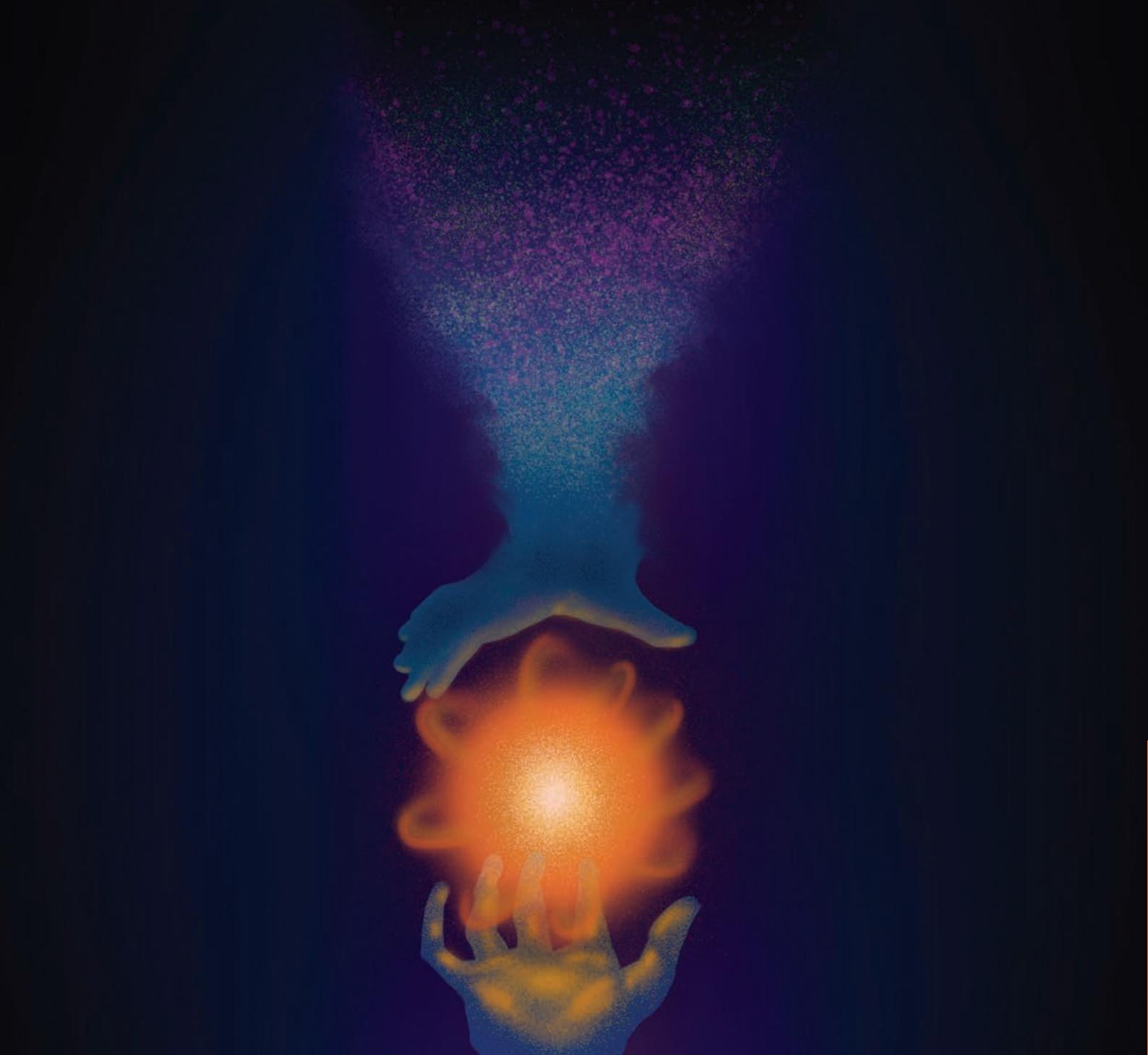
20 лістапад 2024 году пілатаванне прэміі распачалаўся"

Усім шчыры дзякую! Хаця гэтага слова мала. Спадзяемся, мы заклалі добрую цагліну ў нешта стваральнае і моцнае

БІЗОН ГІГС

Будзе час – і мы сустрэннемся, каб адзначыць нараджэнне на вялікай зямлі Беларусі!





JAK UTVARYLISIA ZORKI, ADKUL UZIAŁOSIA REČYVA Ū SUŚVIECIE I ŽA KOŠT ČAHO PRACUJE SONCA

DARJA PRYCHODŽKA



Ідэя і аўтарства ілюстрацыі
VECTRA

CHUTKAJA DAPAMOHA. SŁOŪNIČAK

1. **Nukleasyntez** – praces utvareńia elemontaū, ciažejszych za vadarod.
2. **Vialiki vybuch** – madel, što apisvaje raiživčio Sušvietu z pačatku jaho pašyrenja.
3. **Malekularnyja abłoki** – mižornaje vobłaka, dzie ščylnaśc zvyčajna dazvalaje ütvaracca malekułam.
4. **Hravitacyjny kalaps** – praces, kali niejki objekt chutka ściskajecca pad uždziejańiem hravitacyi.
5. **Čyrvonaje zrušeňie** – žjava, kali daŭžynia chvali elektrahahnitnaha vypramieńvańia ū naziralnika pavialičvajecca adnosna daŭzyni chvali, vyłučanaj krynicaju hetaha vypramieńvańia.
6. **Supernovaja** – kali zorka raptoūna pavialičvuje svaju śviacilnaśc u tysiačy razou, a potym pavoli zatuchaje.
7. **Zornaje nasielnictva ci populacyja** – typy składa zorak u halaktykach.
8. **Metalicnaść** – kancetracyja elemontaū, ciažejszych za vadarod i hiel, u zorkach.
9. **Hałoūnaja paśladoúnaść** – stadyja evalucyi zorki (hl. dyjahramu Hertzsprunga – Russella).
10. **Čyrvonyja hihanty** – vialikija pamieram zorki ź nizkimi temperaturami, vypramieńvańie ź jakich idzie ū čyrvonym i infračyrvonym śviatele (hl. dyjahramu Hertzsprunga – Russella).
11. **Akrecyja rečyva** – naroščvańie dadatkowaje masy objektam šlacham hravitacyjnaha pryciahnieńia jaje z navakolnaha asiarodździa.

JAK ČYTAĆ FORMUŁY JADRAVYCH REAKCYJAŪ

Naprykład, jośc reakcyja, dzie čaścinka **x** uzajemadzieć ź jadrom **X**, u vyniku čaho ütvarajecca čaścinka **y** i jadro **Y**. Jak zapisać takuju reakcyju? Spačatku razvažajem he tak...

Suma objektaū da uezajemadziejańia supastaǔlajecca z sumaj objektaū pašla uezajemadziejańia:



Časami pišuć $x + X \rightarrow y + Y + Q$ (dzie Q – enerhija reakcyi).

U jadravych reakcyjach vykonvajucca nastupnya zakony:

1. zachavańia enerhii (*nie cikavić u miežach hetaha artykulu*),
2. zachavańia impulsu (*nie cikavić*),
3. zachavańia elektryčnaha naboju (zaradu),
4. zachavańia sumarnaje kolkaści nuklonau (baryjonnaha naboju).

Prykład: $^7Li + p \rightarrow 2 ^4He$.

Idziem u tablicu Miendzialejeva i šukajem lit i hiel:

Li Lithium Lit	3¹₂ 6.941
-----------------------------	--

He Helium Hiel	2¹₂ 4,002602
-----------------------------	---

Jak widać z tablicy, u litu paradkavy numar $Z = 3$, atamnaja masa $A = 7$ (6,941 akruhlajem).

U hielu $Z = 2$ i $A = 4$.

p – heta praton, $Z = 1$ i $A = 1$.

Časam pišuć elementy ū styli ${}_Z^AX$

Dzie Z – nabojo, kolkaść pratonaū. Zvyčajna jaho nia pišuć, bo jon adnolkavy.

Paradkavy numar jakraz supadaje z Z .

A – atamny numar (kolkaść pratonaū i neūtronaū, $A = Z + N$). Adzin i toj že element moža mieć roznuju kolkaść neūtronaū. Takija elementy nazyvajuć **izatopami**. Naprykład, vadarod (H), deüter (D) i tryt (T) – heta üsio izatopy 1H , 2H , 3H .

Pierapišam našuju reakcyju ū takim vyhlađzie:



Zakon zachavańia baryjonnaha naboju:

$$7 + 1 = 4 + 4.$$

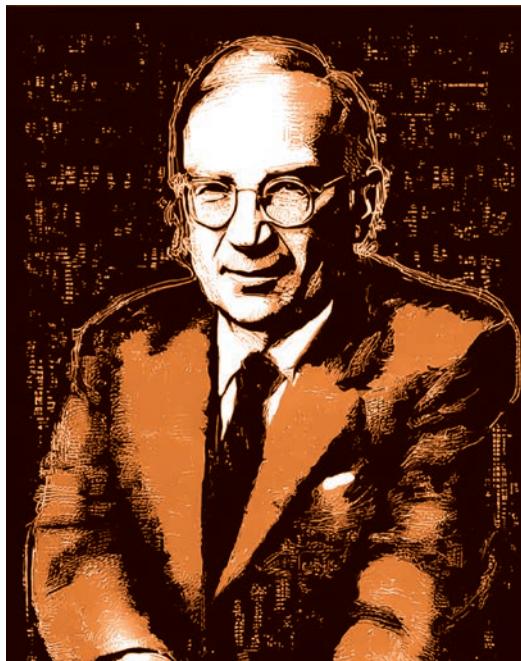
Zakon zachavańia elektryčnaha naboju:

$$3 + 1 = 2 + 2.$$

Pakul što üsio vykonvajecca, biažym dalej.

Kasmalahičny nukleasyntez

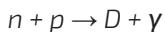
U 1947 hodzie Hieorhij Hamaŭ padličyū, što za 14 mlrd hadoū u zorkach mahło ūtvaryca tolki kala 1 % naziranaha hielu. Z hetaha vynikata, što hiel mieūsia ūtvarycca na pačatkovaj stadyi ūžniknieńia Sušvietu, i dla hetaha patrebnaja vysokaja temperatura.



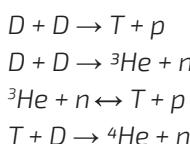
Hieorhij Hamaŭ.

Krynička: www.wikipedia.org | openart.ai

Da pačatku kasmalahičnaha (dazornaha) nukleasyntezu Sušviet składaūsia ū asnoūnym z fatonaū, elektronaū, pazytronaū, neútryna, antyneútryna dy jašče bylo krychu pratonaū i neútronaū. Neútrony ztúčalisia z pratonami, atrymoúvalisia jadry deúteru – heta i byla pačatkovaja reakcyja kasmalahičnaha nukleasyntezu:



Dalej deúteru ūšio bolela, i prachodzili nastupnyja reakcyi:

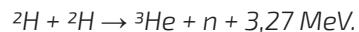


Uvieś praces tryvaū niekalki chvilinaū. I ū vyniku kala 75 % bačnaha rečyva ū Sušvietie składaū vadarod, kala 25 % – hiel i zusim krychu (< 0,01%) składali D , ${}^3\text{He}$ i ${}^7\text{Li}$. Ciažkija elementy ū toj čas jašče nie ūtvarylisia.

Temperatura i ščylnaść Sušvietu panizilisia, i reakcyi spynilisia (tamu ū pryrodzie niamma stabilnych elementau z atamnym numaram 5).

Utvareńnie zorak

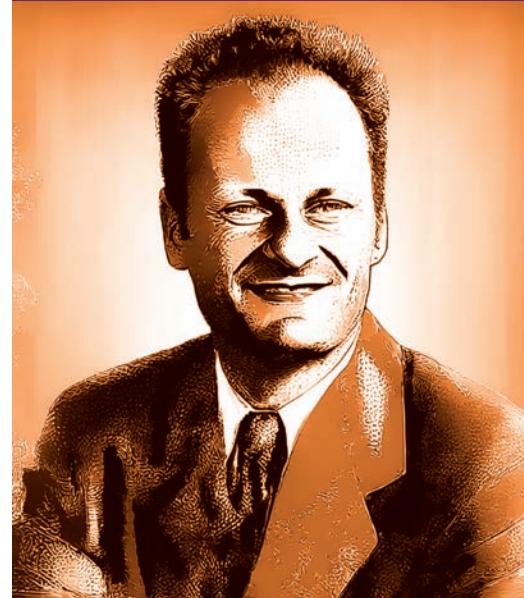
Malekularnyja abłoki pavialičvajuć svaju ščylnaść za košt hravitacyjnaha kalapsu. Spravakavać takuju padzieju moža, naprykład, prachodžańie pobač inšaha vobłaka ci vybuch supernovaj. Malekularnaje vobłaka pry hetym padzialajecca na kavałki. A ūžo frahmenty z masaj ad 100 soniečnych masaū (dalej M_\odot) mohuć utvaryc zorku. U takich utvareńiach haz pry ściskańi moža razahrecca za košt vyzvaleńia hravitacyjnaj patencyjnaj enerhii, i vobłaka robicca protazorkaju. Kali temperatura ū centry protazorki budzie kala 0,1 mln K, pačnucca termajadravyja reakcyi.



Dalejšaja akrecyja rečyva moža prvyieści da temperatury kala 10 mln K. A ū takich umovach užo mahčymy syntez hielu i vadarodu. Dziakujući termajadravamu syntezu, što ūraūnavažvaje hravitacyjný kalaps, takaja zorka moža isnavać u stabilnym stanie. Jana pierachodzić u klasu zorak, što nazyvajuć zorkami hałoūnaje paśladoúnaści.

Umovy dla ūtvareńia pieršych zorak u Sušvietie pačali składacca tolki praz 300 mln hadoū pašla Vialikaha vybuchu. Pieršaje pakaleńie zoraū składałasia tolki z vadarodu i hielu, jany byli wielmi masyūnyja, a ich žycio – adnosna karotkaje. My nia možam ciapier ich nazirać navat pavodle čyrvonaha zruchu.

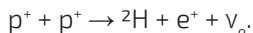
Zorný nukleasyntez. Praton-pratonny cykl (hareńnie vadarodu)



Hans Bethe [čytajeccia: Hans Bete].

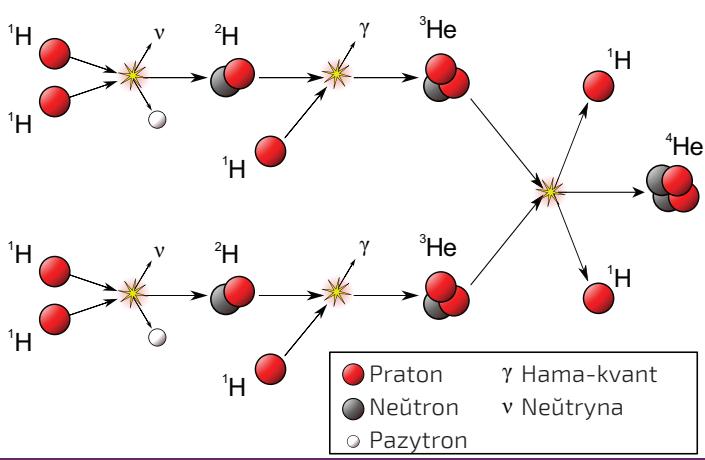
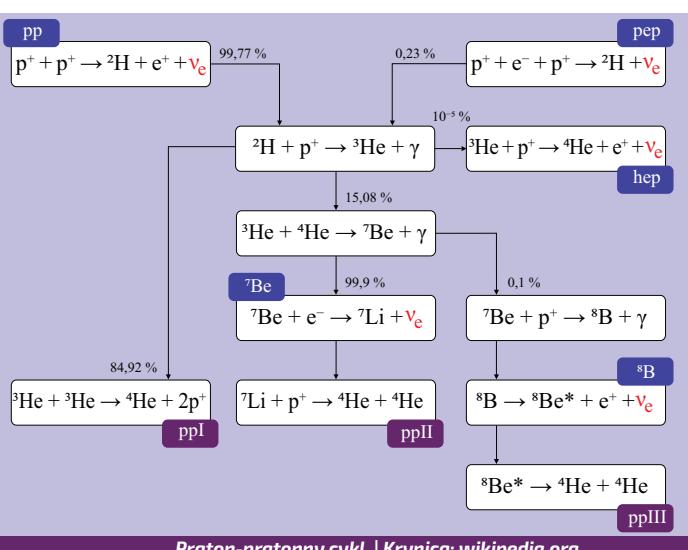
Krynička: www.wikipedia.org | openart.ai

Praton-pratonna cykl daminuje ū zorkach paradku masy Sonca. Pieršaja reakcyja hetaha cyklu:

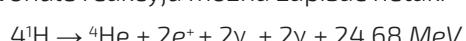


U pratonaū – adnolkavy naboj, tamu treba pieraadolvać kulonaŭski barjer 0,42 MeV. Adsiul vynikaje, što dla prachodžańia reakcyi treba vialikaja temperatura ($\sim 10^7$ K). Reakcyja idzie za dźwie stadyi praz dypraton ${}^1H + {}^1H \rightarrow {}^2He$, što adrazu raspadajecca.

U 1939 hodzie Hans Bethe¹ padličyū, što adzin z pratonaū u hetaj reakcyi strymlivaje β -raspad ($p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$). Darečy, Bethe za heta i adkryćcio šlachu pp II danaha cyklu atrymau Nobeleūskuju premiju.

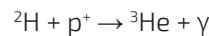


Uvhule reakcyju možna zapisać hetak:

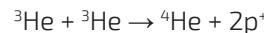


pp I – heta kryniča 91 % soniečnaj enerhii. Reakcyja patrabuje temperatury 10–14 mln K, jana ekzatermičnaja (5,49 MeV) i prachodžić usiaho za 4 sekundy.

[czytajecca: Hans Bethe]



Apošniaja reakcyja hetaha īancužku daje **12,85 MeV**:



I hetak atrymvajecca 85 % hielu na Soncy.

pp II daje ~ 7 % enerhii Sonca. Jon prachodžić pry temperaturach 18–25 mln K.

U 15 % vypadkaū 3He uzajemadzieič z α -čaścinkaj, atrymoūvajecca 7Be , što šlacham elektronnhaha zachopu pieraūtvarejecca ū 7Li . Apošni zachoplivaje praton i atrymoūvajucca dźwie α -čaścinki.

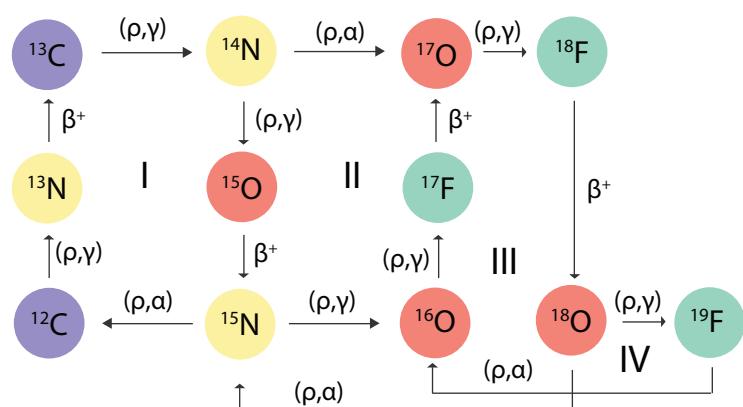
pp III – 0,015 % enerhii Sonca, a temperatura ūžo maje być bolšaja za 25 mln K.

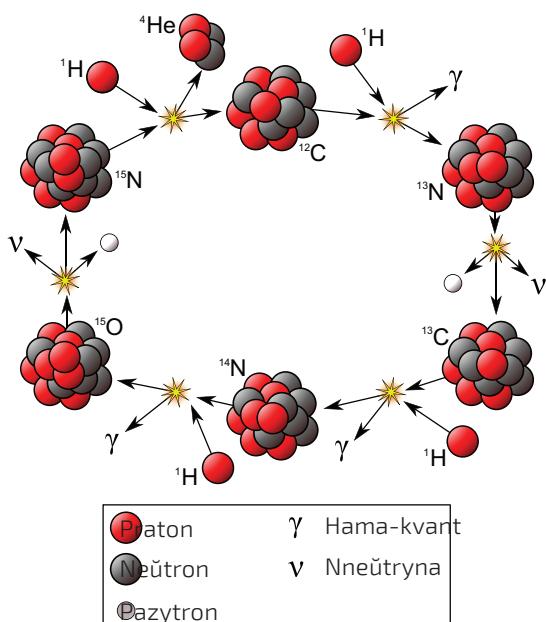
Nievialikaja kolkaść berylu, atrymannaha z 3He i 4He praz zachop pratona, pieraūtvarejecca ū 8B , što jośč β^+ -raspadnikam. Metastabilny ${}^8Be^*$ raspadajecca na dźwie α -čaścinki.

Stadyja hareńnia vadarodu składaje kala 90 % času evalucyi balšyni zorak. Vyharańnie vadarodu ū centry zorki prydodzić da utevareńnia hielevaha jadra i pierachodu zorki ū stadyju čyrvonaha hihanta, i adpaviedna vychadu zorki z hałoūnaje paśladoūnaści.

CNO-cykl

CNO-cykl – sukupnaść troch zlučanych cyklaū (lepš kazać, cyklaū z častkovym pieračyčiom). Jon adbyvajecca, kali temperatura jadra zorki dasiahaje 2×10^7 K i masa zorki $M > 1,5 M_\odot$. U Sonca 98 % enerhii idzie ad pp-cyklu, i tolki 2 % – ad CNO. A voś u maśiūnych zorak hałoūnaje paśladoūnaści heta budzie ūžo asnoūnaju halinoju termajadravaha syntezu.



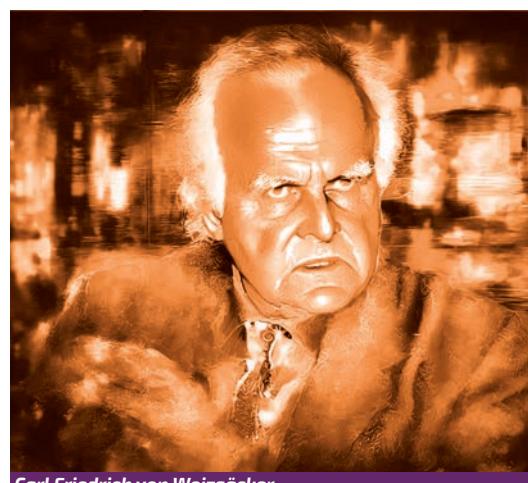


CNO-cykl.
Krynica: www.wikipedia.org

CNO-cykl patrabuje katalizatařů, na roli jakich pasujuv vuhalrod, azot i kislarod. U zorkach nasielnictva 1 i 2 hetyja elementy ūžo jošč. Ale što rabić, kali katalizatařů niamá, jak u zorkach nasielnictva 3 (hipatetyčnyj zorki, utvoranyja ad rečyva dazornaha nukleasyntezu)? U hetym vypadku adzinaj krynicaj enerhii ū nas budzie pp -cykl. Ale práz inšuju metaličnaść dla padtrymaňnia raūnavahi hetych zorak.

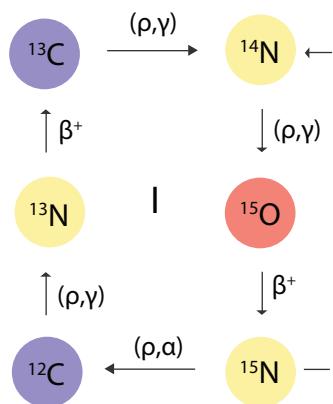
Kasmalahičny nukleasyntez

Hety cykl – samy prosty i asnoūny. Jaho niezaležna prapanavali Bethe i Weizsäcker² u 1938 hodzie. Sens cyklu – u niepramym syntezie α -čaścinki z čatyroch pratonaū pry ich paśladoūnych zachopach jadrami, pačynajučy z ^{12}C .



Carl Friedrich von Weizsäcker.
Krynica: www.wikipedia.org | openart.ai

²[czytajecca: Vajczekier]



CN-cykl. | Admalavata Hanna Koš
Krynica: www.wikipedia.org

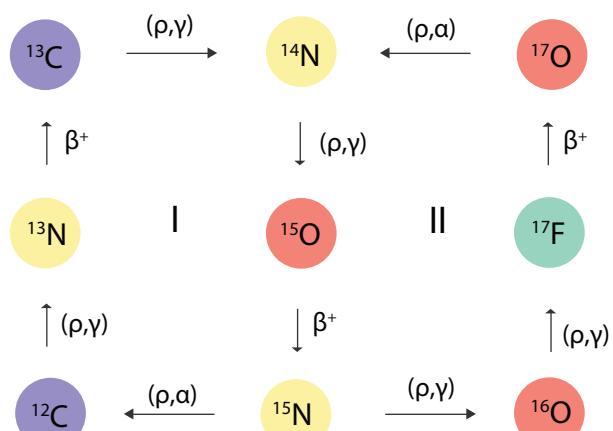
- $^{12}\text{C} + \text{p} \rightarrow ^{13}\text{N} + \gamma$ (+ 1,94 MeV, ~ $1,3 \cdot 10^7$ hodu)
- $^{13}\text{N} \rightarrow ^{13}\text{C} + e^+ + \nu_e$ (+ 2,22 MeV, ~ 7 chvilinaū)
- $^{13}\text{C} + \text{p} \rightarrow ^{14}\text{N} + \gamma$ (+ 7,55 MeV, ~ $2,7 \cdot 10^6$ hodu)
- $^{14}\text{N} + \text{p} \rightarrow ^{15}\text{O} + \gamma$ (+ 7,30 MeV, ~ $3,2 \cdot 10^8$ hodu)
- $^{15}\text{O} \rightarrow ^{15}\text{N} + e^+ + \nu_e$ (+ 2,75 MeV, ~ 82 sekundy)
- $^{15}\text{N} + \text{p} \rightarrow ^{12}\text{C} + ^4\text{He}$ (+ 4,96 MeV, ~ $1,1 \cdot 10^5$ hodu)

U apošniah reakcyi zachopu pratona jośc alternatyčny šlach, što daje pačatak nastupnamu cyklu.

Cykl NO I

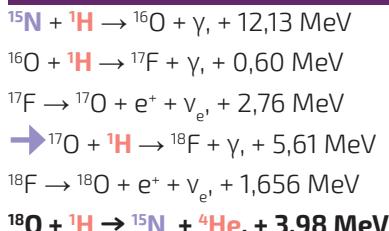
- $^{14}\text{N} + ^1\text{H} \rightarrow ^{15}\text{O} + \gamma$ (+ 7,29 MeV)
- $^{15}\text{O} \rightarrow ^{15}\text{N} + e^+ + \nu_e$ (+ 2,76 MeV) 82 sekundy
- $^{15}\text{N} + ^1\text{H} \rightarrow ^{16}\text{O} + \gamma$ (+ 12,13 MeV)
- $\rightarrow ^{16}\text{O} + ^1\text{H} \rightarrow ^{17}\text{F} + \gamma$ (+ 0,60 MeV)
- $^{17}\text{F} \rightarrow ^{17}\text{O} + e^+ + \nu_e$ (+ 2,76 MeV)
- $^{17}\text{O} + ^1\text{H} \rightarrow ^{14}\text{N} + ^4\text{He}$ (+ 1,19 MeV)

Apošnaja reakcyja hetaha cyklu taksama majce alternatyčny varyjant, što daje pačatak cyklu NO II.



NO-cykl | Admalavata Hanna Koš
Krynica: www.wikipedia.org

Cykł NO II



Cykli CN, NO I, NO II utvarajú patrojny CNO-cykl.

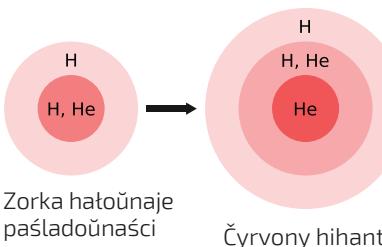
Patrojnaja hielevaja reakcyja

Pašla taho jak rezervy vadarodu skončacca ū cyklach pp i CNO, ion praciahnie hareć u sloi vakoł hielevaha jadra. Masa jadra budzie pastupova pavaličvacca, i strymlivač hravitacyjny kalaps nia budzie čym. Heta prvyiadzie da pavielčeńia temperatury. I, kali temperatura jadra zrobicca kala $1,5 \times 10^8$ K, pačniecca hareńnie hielu. Pry hetym abałonka zorki budzie mocna pašyracca, a sama zorka pakinie hałoūnuju pašladoúnaść, pieraūtvarajúcyś ū čyrvonaha hihanta. Kali temperatura jadra budzie $1,5 \times 10^8$ K, pačniecca patrojnaja hielevaja reakcyja.

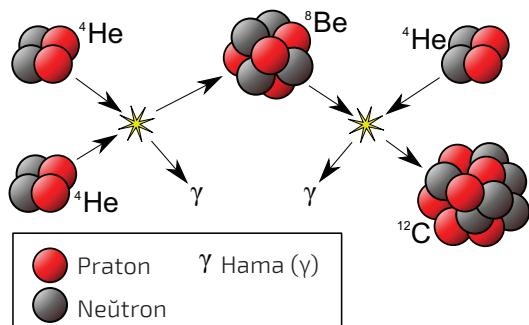
Syntez jadraū ad C da Fe

Hareńnie hielu prvyodzić da pavielčeńia jadra, što składajecca ū asnoúnym z kistarodu i vuħlarodu. A vakoł – hiel, jaki praciahvaje hareć. Vyharańnie hielu znoūku viazie da kalapsu zorki (6×10^8 – 2×10^9 K). Pry takich temperaturach užo moža prachodzić hareńnie vuħlarodu, neonu, kistarodu.

Kali zorka dastatkova ma-siūnaja ($> 10 M_\odot$), to ū joj praciahvajuć dalej synteza-vacca elementy.



Syntez jadraū ad C da Fe



Patrojnaja hielevaja reakcyja.
Kryniča: www.wikipedia.org

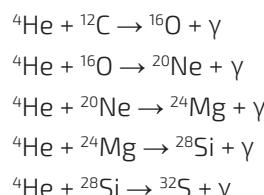
Patrojnaja hielevaja reakcyja – heta zlučenije jadraū ${}^4\text{He}$. Jana idzie za dva etapy:

1. utvareńnie niestabilnaha ${}^8\text{Be}$ ($T_{1/2} = 10^{-16}$ s): ${}^4\text{He} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^8\text{Be} - 0,092 \text{ MeV}$;
2. utvareńnie ūzbudžanaha jadra ${}^{12}\text{C}$: ${}^8\text{Be} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^{12}\text{C} + 7,367 \text{ MeV}$.

Niahledziačy na nievialiki čas žycia ${}^8\text{Be}$, ion pašpiavaje pražajemadziejač ź jadrami ${}^4\text{He}$, kancentracyja jakich vialikaja ū niedrach zorak. Tamu reakcyja adbyvajecca.

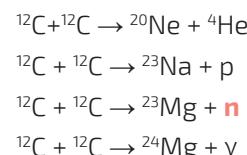
Jašče adzin faktar, što spryjaje prachodžańiu reakcyi, – jaje rezanansny charaktar. Enerhija reakcyi ${}^8\text{Be}({}^4\text{He}, \gamma){}^{12}\text{C}$ składaje $+7,37 \text{ MeV}$, što blizka da enerhii druhoha ūzbudžanaha ūzroūniu jadra ${}^{12}\text{C}$ ($7,65 \text{ MeV}$).

Pašladoúny zachop α-čaścinkí:



Pry temperaturach kala 5×10^8 K pačynajecca źlićcio jadraū vuħlarodu pad už-

dziejańiem hravitacyi zorki (**hareńnie vuħlarodu**):

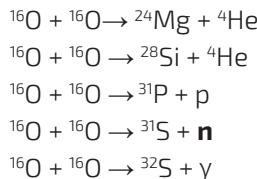


U asnoúnym tut atrymvajeca ${}^{20}\text{Ne}$.

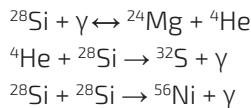
Hareńnie neonu – karotkaja stadyja, u jakoj prachodzić fotadysacyjacyja ^{20}Ne pad už-dziejańiem vysokaenerhietyčných γ -kvantaŭ z adryvam α -čaścinka, jakaja uezajemadzieć ź inšymi jadrami, pakul nia skončycza zapas neonu.



Apyr temperatury 10^9 K budzie **hareć kistarod**:



Z pavieličeniem temperatury (da 5×10^9 K) pojedzie **hareńnie kremnu**:

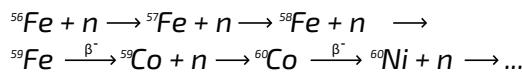


Dalej ^{56}Ni strymlivaje 2β -raspady i atrymvajecca **^{56}Fe** . I heta kančatkovača stadyja syntezu ū zvyšmasiūných zorkach. Specyfičnaja (adnosnaja) enerhija suviazi na nuklon (jak funkcyja masavaje ličby A) dasiahaje svajho maksymumu kala Fe . Tamu reakcyi syntezu ź jadrami, ciažejsimi za žaleza, iduć užo z pahlynańiem enerhii.

s-praces

Heta pavolny zachop neūtronaў (ad anhielskaha slow), jaki prachodzić u abałonkach čyrvonych hihantaў. Dla padtrymańnia pracesu wielmi doúhi čas (103 hady) maje być adpaviednaja temperatura (10^8 K) i kancentracyja ($> 10^{10}$ cm $^{-3}$). Jadry z maleńkim peryjadom paúraspadu $T_{1/2}$ źnikajuć raniej, čymsia pašpiejuć zachapić neūtron. Tamu ū hetym pracesie biaruć udzieł stabilnyja i β -raspadniki ź vialikim $T_{1/2}$. Pałova naziranaha rečyva z A > 60 utvaryłasia ū vyniku s-pracesu.

Prykład častki pracesu:



Zakančvajecca ľancužok na bismucie ^{209}Bi (dalej užo pojedzie α -raspad).

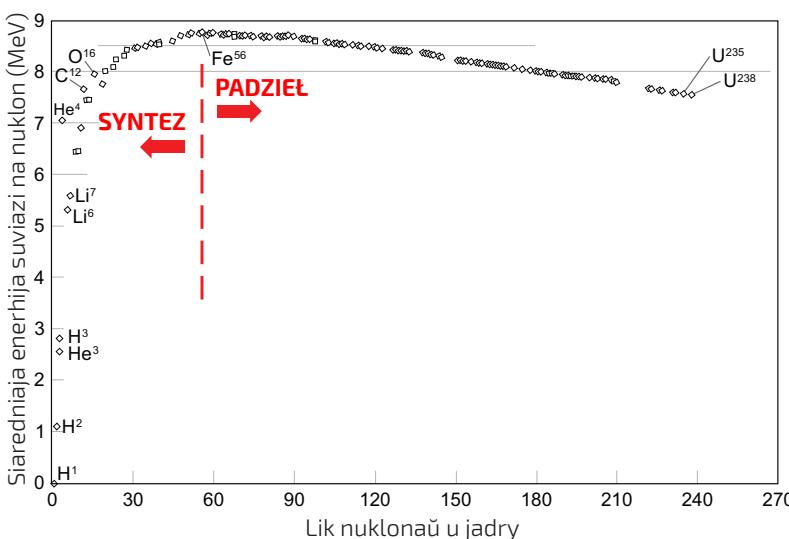
Pradukty raspadaŭ vyvodziacca za abałonku (u mižornuju prastoru) biez uzajemadziejańiau z rečyvam.

r-praces

Heta chutki praces (ad anhielskaha *rapid*) utvareńnia bolš ciažkich elementau z bolš lohkim šlacham pašladoúraha zachopu neūtronaў pa reakcyi (n, γ). Zachop neūtronaў tryvaje, pakul chutkaśc zachopu bolšaja za chutkaśc β -raspadu. Nieabchondnaja temperatura j kancentracyja $\rightarrow 10^9$ K i $> 10^{22}$ cm $^{-3}$ adpaviedna.

Imavierna, umovy prachodžania takoha pracesu ū zorach nastupnyja:

- udarnaja chvala pry vybuchu supernovaj, jakaja prachodzić praz hielevy i neonavy štai dy vyklikaje reakcyu z patrabavanaju kancentracyjaj neūtronaў;
- u centry masiūnaje zorki ū stadyi pieradsupernovaj utrymlivajecca vialikaja kolkaśc neūtronaў i α -čaścinak (što ūtvarylisia ū vyniku fotarasčapleńia žaleza na finalnej stadyi evalucyi). U centry takich zorak – umovy dla vybuchnoha syntezu elementau.



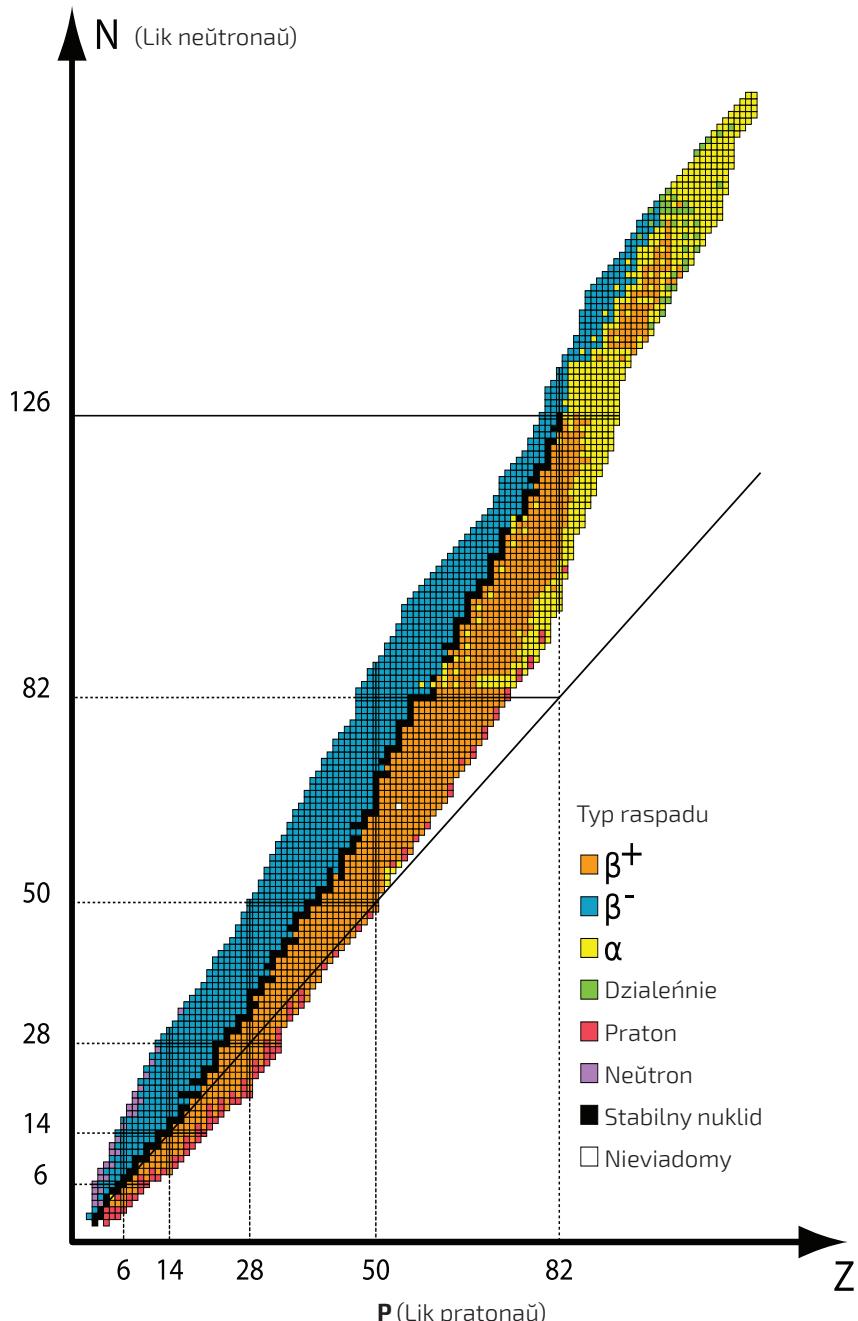
Enerhija suviazi ad atamnaha numaru. | Krynicā: www.wikipedia.org

Utvareńnie ciažkich i zvyšciažkich elementau

U 1957 hodzie nadrukavalı artykuł *Margaret Burbidge, Geoffrey Burbidge'a, William'a Fowler'a i Fred'a Hoyle'a³ B²FH⁴* [2]. U im apisvalisia pracesy, pry jakich utvarajucca ciažejsja za žaleza elementy.

³[cytajecca: Margaret Berbidž, Džefry Berbidž, Üiljam Fauler, Fred Hojt]

⁴B²FH (*Synthesis of the Elements in Stars – syntez elementau u zorkach*) – navukovy artykuł, prysviečany jadrami reakcyjam u zorkach i utvareńiu elementau u Sušviecie.



U vyniku hetaha pracesu atrymvajucca ^{116}Cd , ^{120}Sn , ^{124}Sn .

Vychodzić, što nukleasyntez pačaūsia praz 1–3 chviliny pašla Vialikaha vybuchu. Hetak utvarylisia lohkija elementy (D , T , He , Li). Z užníknieñiem zorak i dziakujučy ich evalucyi stvaralisia ūmovy dla cyklau pp, CNO , patrojnaj hielevaj reakcyi dy hareńnia iných elementau. Hetak utvarylisia elementy da Fe i Ni . Pry vybuchach masiúnych zorak u vyniku zachopu neūtronaū i nastupnich β -raspadau atrymvalisia ciažkija elementy da U . Častka elementau utvarajecca u vyniku úzajemadziejańia kašmičnych pramianioū z mižornym asiarodźziem, ale heta nie ūvachodzić u miežy hetaha artykułu.

A voś što nasynetezavałasia úvohule u Sušviecie:

- ~ 91 % jadraū składaje H ,
- ~ 8,9 % He ,
- < 0,2 % prychodzicca na astatnija elementy.

KRYNICY:

1. Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, Н.П. Юдин. Частицы и атомные ядра
2. B2FH paper https://en.wikipedia.org/wiki/B2FH_paper
3. Б.С. Ишханов. Нуклеосинтез во Вселенной
4. С. Вайнберг. Космология
5. С. Попов. Суперобъекты
6. Дж. Гриббин. 13.8

ГОД АКТЫЎНАГА СОНЦА: ЧАМУ НАШАЯ ЗОРКА БУШУЕ?



АҮТАР ТЭКСТУ І АСТРАЗДЫМКАЙ:
ЗЫМІЦЕР КАНАНОВІЧ



Калі б у пачатку 2024-га нехта сказаў, што палярныя звязаны будуць добра відаць над Варшаваю, Менскам, Мадрыдам і нават мэксиканскім Юкатанам (Yucatán), у гэта было бы цяжка паверыць. Аднак 11 траўня 2024 году гэта сапрауды здарылася: неба над плянэтаю разгарэлася яркім зялёным, чырвоным і фіялетавым сьвятылом, якое было відаць далёка за межамі палярных шыротаў. Спадарожнікавая сувязь пачала даваць збой, радыёпраграмы перарываліся, сацыяльныя сеткі, ахопленыя хвалій узбуджэння, запоўніліся тысячамі аматарскіх фатаздымкаў, а астрономы з захапленнем заяўлі: Сонца ўвайшло ў максімум актыўнасці!

Але чаму зорка паводзіцца гэтак дзіўна? Адкуль бяруцца магутныя сонечныя буры? І саме галоўнае – ці можам мы прадказаць наступны ўдар?

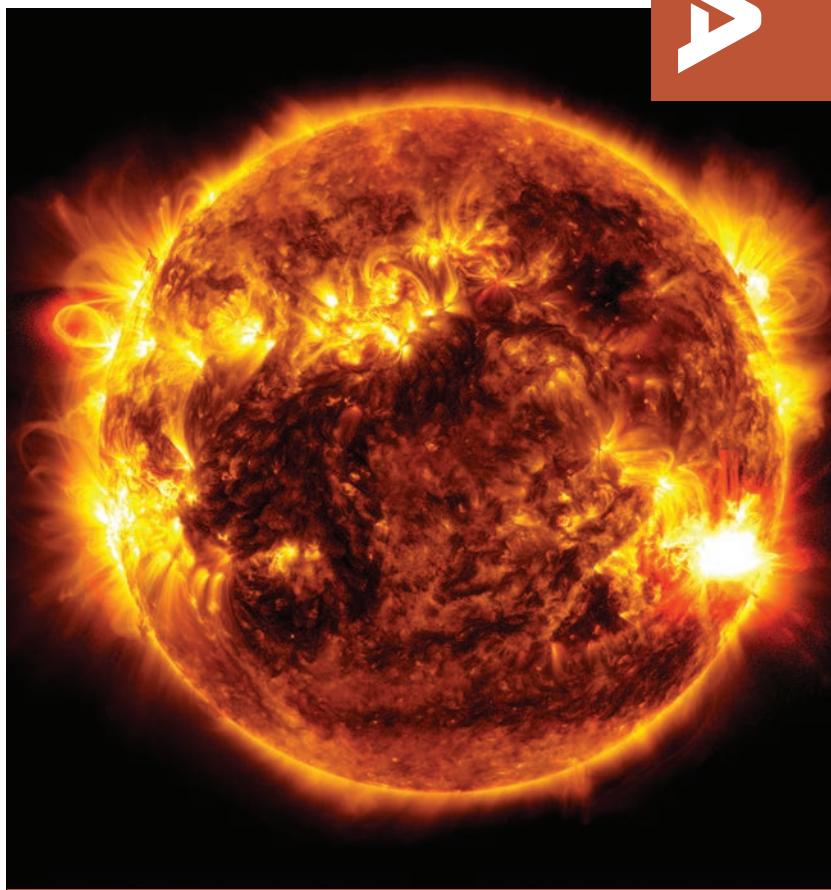
ПАЎТОРЫ ГІСТОРЫІ: КАЛІ НЕБА ПАЛЫМНЕНЕ

Падзеі траўня 2024 году – ня першы выпадак, калі неба зьдзіўляе нас такімі відовішчамі. Згадаем 2015-ы, калі ў Дзень сьвятога Патрыка (17 сакавіка) магутная магнітная бура выклікала палярныя звязаныні, бачныя далёка на поўдзень палярных шыротаў. Яшчэ 12 гадоў раней, у каstryчніку 2003-га, сэрэя сонечных штормаў, знаных як **Гэлаўінскія буры** (*Halloween solar storms*), прывяла да збою ў працы спадарожнікавай сувязі і нават да вымыканья электраэнэргіі ў некаторых рэгіёнах. Як відаць, такія падзеі адбываюцца з пэўнаю перыядычнасцю – прыблізна раз на 11 гадоў, што звязана з цыклімі сонечнай актыўнасці, пра якія мы далей паговорым.

Найбольш значным выпадкам, зарэгістраваным у гісторыі, сталася **падзея Кэрынгтана** (*Carrington event*) 1859 году. Тады назіраліся настолькі магутныя палярныя звязаныні, што іх можна было бачыць нават у трапічных шыротах! Але гэта было ня проста прыгожае відовішча. Тэлеграфныя сыстэмы па ўсім сьвеце выйшли з ладу, а некаторыя апэраторы паведамлялі, што атрымалі электрычныя ўдары ад свайго абсталяваньня. Што са-мае цікавае, за некалькі дзён да гэтага ангельскі астроном Рычард Кэрынгтан (*Richard Carrington*) беспасярэдне назіраў магутны выбліск на Сонцы. Адкрыцьцё сталася першым доказам таго, што сонечная актыўнасць і магнітныя буры на Зямлі шчыльна звязаныя.

Сёньня мы дакладна ведаем, што та-кія звязы – вынік сонечнай актыўнасці. Пошукі і каранальнія выкіды масы выштурхуюць у космас велізарную колькасць заладаваных (зараджаных) часыцінак, якія, дасягаючы Зямлі, узаемадзеюць зь яе магнітным полем. Гэта можа выклікаць ня толькі прыгожыя палярныя звязаныні, але й сур'ёзныя тэхналягічныя праблемы: збоі ў працы спадарожнікаў, парушэнні радыёсувязі, праблемы ў энэргасыстэмах. Вось чаму сёньня навукоўцы пільна назіраюць за Сонцам і актыўна вывучаюць касымічнае надвор’е – разнастайныя праявы сонечнай актыўнасці, каб лепш разумець і папярэджваць яе наступствы.

Ці магчымае яшчэ больш магутнае сонечнае здарэньне? Аказваецца, так! У мінулым былі зафіксаваныя наступствы нават больш экстремальных сонечных выбухаў, чымся падзея Кэрынгтана. Пра гэта съведчаць **падзеі Міякэ** (*Miyake events*), рэзкія скачкі канцэнтрацыі радыявугляроду ў дрэвавых кольцах. Падзеі Міякэ адбываліся ў 774 і 993 гадах. Гэтак, Сонца яшчэ можа зьдзіўіць чалавечтва, і менавіта таму мы маем быць гатовыя да новых сонечных штормаў.



Выява сонечнага пошугу моцы X1.5, якую зафіксавала Абсерваторыя сонечнай дынамікі 11 траўня 2024 г.
Крыніца: SDO / NASA

Шкала сонечных пошугаў: як Сонца крычыць у космас

Сонечныя пошугі – магутныя выбухі энэргіі на паверхні Сонца, што выкідваюць у космас велізарную колькасць выпраменівання і заладаваных часцінак. Узынікаюць, калі закручаныя магнітныя палі перазлучаюцца, вызываючы назапашаную энэргію.

Але як зразумець, на сколькі моцны пошуг? Навукоўцы выкарыстоўваюць шкалу сонечных пошугаў, падобную да шкалы землятрусаў: чым вышэйшая катэгорыя, тым мацнейшая падзея.

Як пабудаваная шкала пошугаў?

Пошугі падзяляюцца на пяць клясаў: **A, B, C, M і X**.

Кожная наступная літара абазначае пошуг, у 10 разоў мацнейшы за папярэдні.

Кляса A – самыя слабыя, практычна незаўажныя.

Кляса B – слабыя пошугі, што амаль не ўпłyваюць на Зямлю.

Кляса C – сярэднія пошугі, часам могуць выклікаць невялікія парушэнні ў радыёсуязі.

Кляса M – магутныя пошугі, могуць прыводзіць да радыёперашкодаў і ўзмацнення палярных звязаньняў.

Кляса X – сонечныя выбухі, здольныя выклікаць геамагнітныя буры і нават вымыканне электрычнасці.

Але гэта яшчэ ня ўсё! Кожная кляса мае дадатковую шкалу: лічбы паказваюць, на сколькі моцны пошуг у сваёй клясе.

Напрыклад...

X1 – стандартны пошуг X-клясы. Але пошуг прыблізна такое моцы, дакладна скіраваны ў бок Зямлі, выклікаў моцную магнітную буру і яркія палярныя звязаньні 11 траўня 2024 году.

X28 – у 28 разоў мацнейшы за X1! Пошуг менавіта такое моцы выклікаў Гэлаўінскую буру ў 2003 годзе, што пашкодзіў некаторыя спадарожнікі і перашкаджаў радыёсуязі.

Падзея Кэрнігтана (1859) – X40+. Найбольш магутныя вядомы пошугі. Тэлеграфныя аппараты працавалі без электрычнасці, а палярныя звязаньні назіраліся нават у Карыбскім моры.



B



C



M



X



САКРЭТ БУРНАГА СОНЦА: РЫТМ - 11 ГАДОЙ

Сонца ня проста съвеціць: як і іншыя зоркі, яно жыве і зъмяняеца. Як высьветлілася, гэта адбываецца паводле строгага рытму, падпаратадкоўваючыся якому, наша зорка са спакойнага съвяціла ператвараеца ў бурлівы палымяны шар у плямах, што абсыпае навакольле пошугамі і выкідамі. Усе гэтыя зъявы – праявы сонечнай актыўнасці і дасягаюць максімуму раз на 11 гадоў.

Гэты цыкл упершыню заўважыў у XIX стагодзьдзі Гайнрых Швабэ (*Heinrich Schwabe*), німецкі фармацеўт і аматар астрономіі. З 1825-га ён старанна і цярпіла назіраў за Сонцам у свой невялікі аматарскі тэлескоп кожны ясны дзень 42 гады. Гэтак ён спадзяваўся выявіць гіпатэтычную плянэтуту Вулькан, якая, як меркавалася, месьціца ў арбіце Меркура. Праз 17 гадоў назіраньня Вулькан так і ня быў знайдзены, затое Швабэ заўважыў, што колькасць сонечных плямай зъмяняеца ў пэўнай пасылядоўнасці, падпаратадкоўваючыся прыблізна 10-цігадоваму цыклу.

Працу працягнуў швайцарскі астроном Рудальф Вольф (*Rudolf Wolf*), які распрацаваў сыштэму падліку плямай – лік Вольфа, што дасюль выкарыстоўваецца

для адсочваньня сонечнай актыўнасці. Вольф таксама аднавіў гісторыю сонечнай актыўнасці, выкарыстоўваючы гістарычныя звесткі, і пацвердзіў існаванье 11-гадовага цыклу.

А ў 1919-м амэрыканскі астроном Джордж Гэйл (*George Hale*) зрабіў яшчэ адно важнае адкрыццё: высьветлілася, што кожныя два 11-гадовыя цыклі магнітныя поўлюсы Сонца мяняюцца месцамі, і поўны цыкл актыўнасці складае 22 гады.

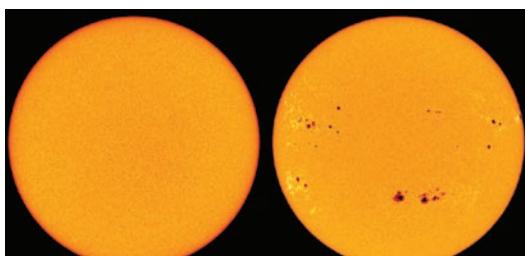
Але што прымушае Сонца паводзіць сябе такім чынам?

ДЫНАМА-МАШЫНА Ў ЗОРЦЫ

Уся рэч у магнітных палях. Сонца – велізарны распалены шар плязмы, у ядры якога бушуюць тэрмаядравыя рэакцыі, што ператвараюць водарод (H) у гель (He). Менавіта гэтак нараджаецца энэргія, што сілкуе ўсё Сонца і, дарэчы, падтрымлівае жыцьцё на Зямлі.

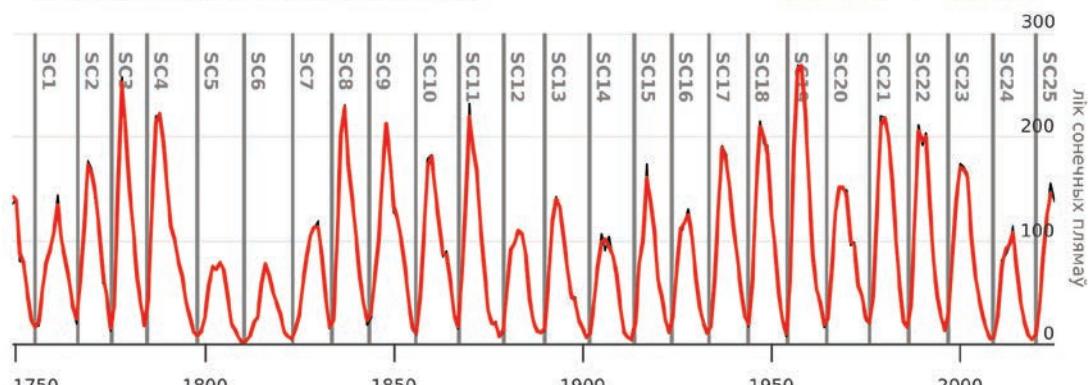
Паколькі Сонца складаецца з распаленых газаў, яно ня ёсьць цвёрдым целам, і розныя яго часткі круцяцца з рознаю хуткасцю: экватар робіць поўны абарот за 25 дзён, а полюсы – за 35. Такое няроўнае кручэнне літаральна закручвае магнітныя палі, як расцягнутую гумку на дзіцячай забаўцы.

У пэўны момант гумка перакручваецца настолькі моцна, што магнітныя палі ўсплываюць на паверхню, утвараючы сонечныя плямы – цёмныя вобласці, дзе тэмпература на прыблізна 1500 К ніжэйшая, чымся ў навакольлі, а напружанасць магнітнага поля ў тысячы разоў вышэйшая, як на Зямлі.



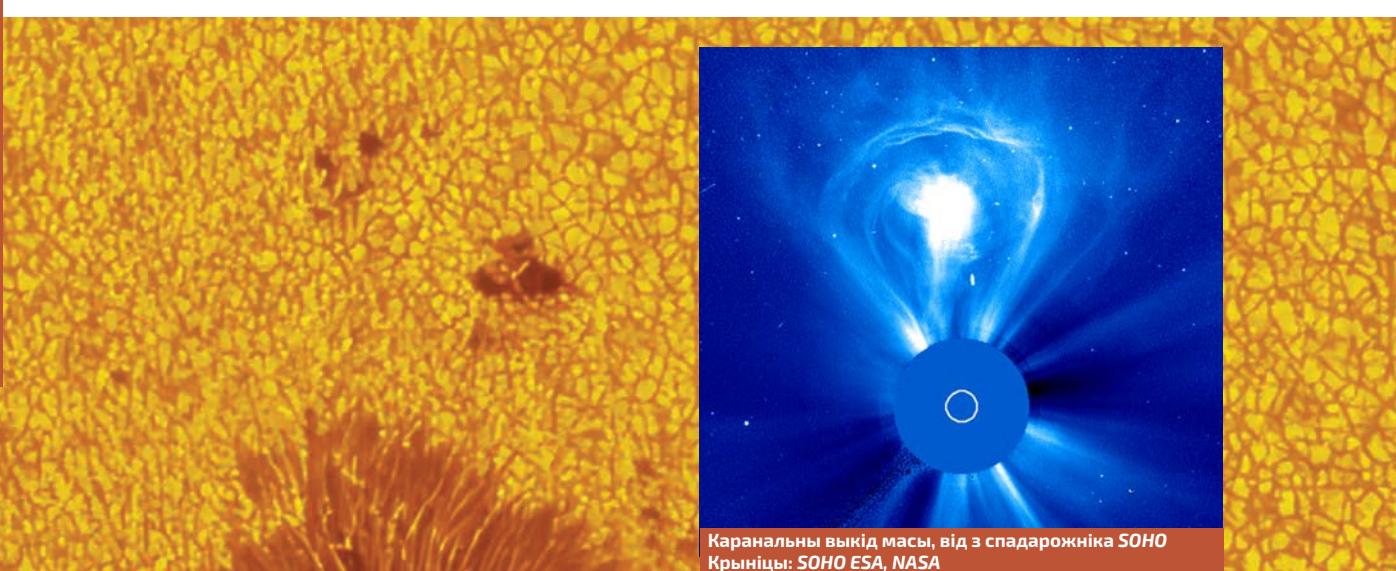
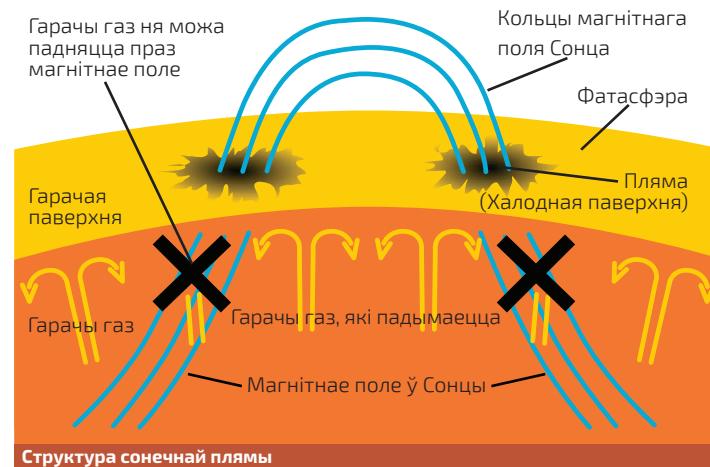
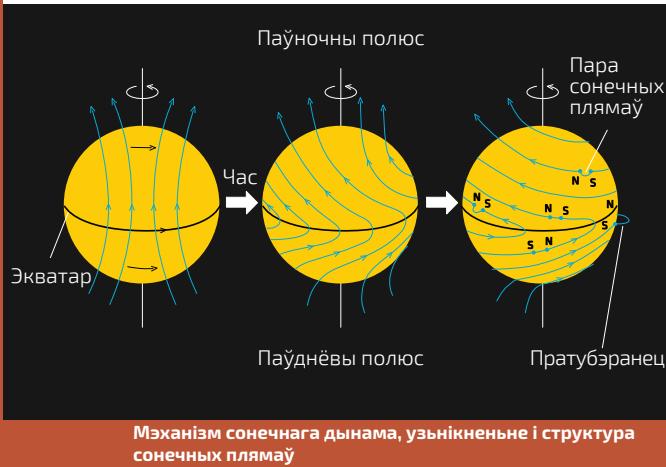
Сонца падчас мінімуму (злева) і максімуму актыўнасці (справа). Крыніца: SOHO / ESA / NASA

Міжнародны лік сонечных плямай



Падлік колькасці плямай выкарыстоўваецца навукоўцамі, каб сачыць за сонечнай актыўнасцю. Максымум наступае прыблізна раз на 11 гадоў. Сёлета будзе дасягнуты максімум 25-га сонечнага цыклу (SC25). Крыніца: WDC-SILSO, Royal Observatory of Belgium, spaceweatherlive.com

АСТРАННОМІЯ



Здымак сонечнае плямы праз тэлескоп. Сонечная пляма – вобласць на паверхні Сонца (фатасфэры), дзе тэмпература ніжэйшая за навакольнае асяродзьдзе праз моцнае магнітнае поле, што перашкаджае пераносу цяпла. Цёмын цэнтар – цень, а больш сьветлая вонкавая частка – паўцень. Вакол плямы відаець сонечную грануляцыю – ячыкавую структуру, што ствараеца гарачымі канвекцыйнымі плынямі плязмы. Кожная гранула мае памер каля 1000 км і існуе 5–10 хв., стала абнаўляючыся. Фота аўтара, 8 верасня 2014 г.

Але магнітныя лініі ня толькі заблытваюцца, яны могуць і рвацца. Калі гэта адбываецца, у космас выкідваецца вельмі вялікая колькасць энэргіі, гэта і ёсьць **сонечныя пошугі**. Разам з энэргіяй у космас выкідваецца і воблака заладаваных часьцінак – **каранальны выкід масы** (*coronal mass ejection, CME*). Калі ён скіраваны ў бок Зямлі, то пачынаеца **геамагнітная бура**, здольная выклікаць перабоі ў сувязі, вымыкальныя электраэнэргіі, а таксама прыгожыя палярныя зъязніні.

БУДУЧЫНЯ: ШТО НАС ЧАКАЕ Ў 2025 ГОДЗЕ?

Цяпер мы на амаль піку 25-га сонечнага цыклю, і актыўнасць Сонца расьце. Мадэлі навукоўцаў прадказваюць, што максымум будзе дасягнуты ў ліпені 2025-га. А гэта значыць, што сёлета магчымыя новыя сонечныя буры і палярныя зъязніні.

Сучасныя абсэрваторыі, як касьмічныя апараты Эўрапейскага касьмічнага агенцтва (*ESA*) і Нацыянальнай адміністрацыі аэранаўтыкі і космасу ЗША (*NASA*) пільна сочаць за паводзінамі Сонца і дапамагаюць прагназаваць небясъпечныя пошугі. Сачыць за працу можна ў інтэрнэце, дзе штодня выкладваюцца новыя здымкі. Гэта, напрыклад, Сонечная і геліасферная абсэрваторыя (*Solar and Heliospheric Observatory, SOHO*, <https://soho.nascom.nasa.gov/>), Абсэрваторыя сонечнае дынамікі (*Solar Dynamics Observatory, SDO*, <https://sdo.gsfc.nasa.gov/>), а таксама місія *NASA* для вывучэнья сонечнай актыўнасці *STEREO* (*Solar TErrestrial RElations Observatory*, <https://stereo-ssc.nascom.nasa.gov/>).

Таму наступным разам, калі вам пашанцуе ўбачыць паўночнае зъязніні, памятайце: гэта ня праста прыгоже съявіло на небе. Гэта дыханьне нашае зоркі.

ЯК ЗЛАВІЦЬ МАГІЮ ПАЎНОЧНАГА ЗЪЯНЬНЯ?

Уявіце: ясная ноч, над галавою раскінулася зорнае неба, і раптам... яно ажывае! На цёмным небасхіле спачатку зъяўляеца ледзь бачная дуга съявіла, яркасць якога паступова ўзмацняеца, дуга пашыраеца і пачынае зіхацець пульсацыйнымі хвалімі. Высока ў небе, быццам з аднаго пункту на небасхіле, разыходзяцца яркія съветлавыя слупы зялёнаага або фіялетавага колеру,

якія раптоўна ўзьнікаюць, зіхацяць і хутка зьнікаюць. **Палярнае зъязніні** – адна з самых фантастычных зъявай прыроды, і, калі ведаць некалькі сакрэтай, яго можна ня толькі ўбачыць, але і зафіксаваць на фота.

ДЗЕ І КАЛІ ШУКАЦЬ ПАЎНОЧНАЕ ЗЪЯНЬНІ?

Зъязніні найчасцей можна назіраць у высокіх шыротах – раёнах, блізкіх да палярных колаў, бо недалёка месцыяца магнітныя полюсы плянеты, што скіроўваюць заладаваныя часьцінкі з Сонца наўпрост у атмасферу Зямлі. Таму найлепшыя месцы – Паўночная Эўропа (Ісьляндия, Нарвегія, Швэцыя, Фінляндыя, Эстонія), Канада, Аляска і паўночныя рэгіёны Рәсей. Але часам прырода робіць неспадзянкі! Падчас магутных магнітных бураў, падобных да той, што адбылася ў траўні 2024 году, зъязніні прарываюцца далёка на поўдзень – іх можна ўбачыць у Гішпаніі, Італіі і нават на поўначы Афрыкі. Таму шанец ёсьць у кожнага, асабліва падчас максімуму сонечнай актыўнасці!

Найлепшы час для назіраньня – зь вεрасня да сакавіка, калі ночы доўгія і цёмныя. А вось улетку назіраць у высокіх шыротах цяжкі: белая ночы перашкаджаюць ўбачыць нябеснае шоў. Неба мае быць яснае і без аблокаў, яшчэ лепш – бязь Месяца. Назіраць лепш за горадам, далей ад вулічнага съявіла. Але вельмі яркія зъязніні відаць нават пад гарадzkімі ліхтарамі!

ШТО РАБІЦЬ, КАБ НЕ ПРАПУСЬЦІТЬ?

У паўночнага зъязніні німа раскладу, але назіраньні касьмічных абсэрваторый дазваляюць рабіць даволі дакладныя прагнозы касьмічнага надвор'я. Калі хочаце злавіць зъязніні, сачыце за наступнымі старонкамі.

SpaceWeatherLive (<https://www.spaceweatherlive.com/>) – паказвае ровень сонечнай актыўнасці ды імавернасць зъязніні ў вашым рэгіёне.

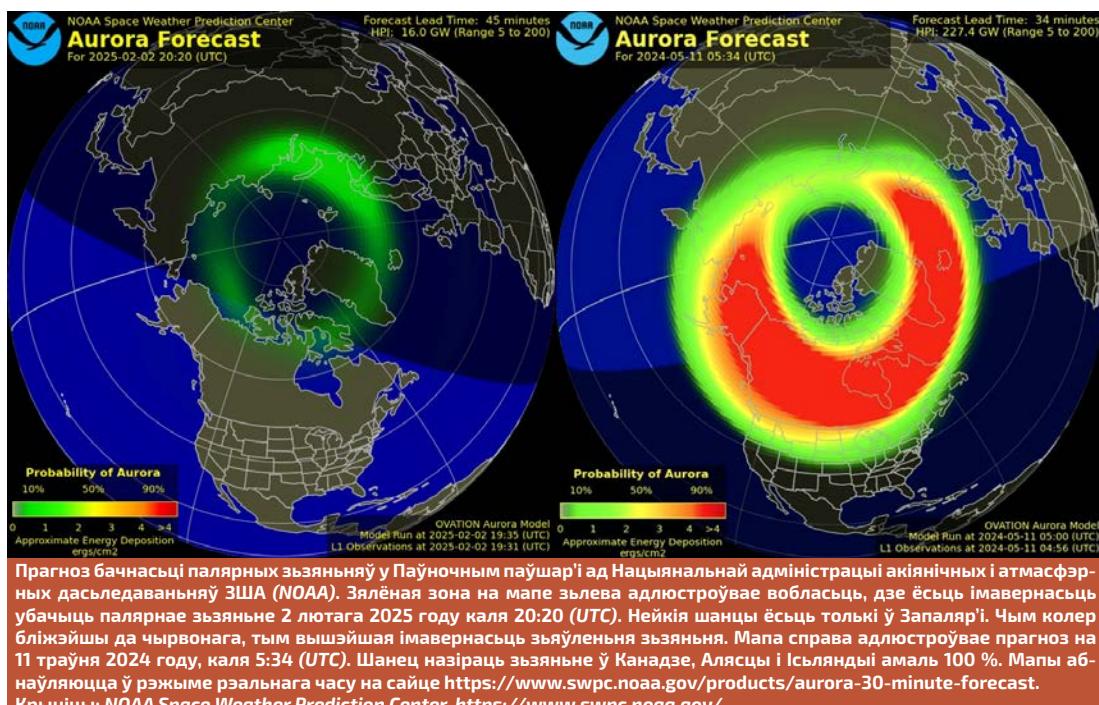
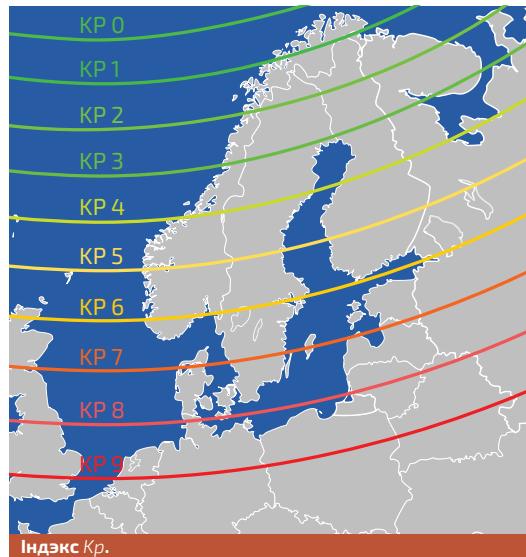
Aurora Forecast (<https://www.swpc.noaa.gov/products/aurora-30-minute-forecast>) – прагноз зъязніні ў ад Нацыянальнай адміністрацыі акіянічных і атмасферных дасьледаваньняў ЗША (*National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA*), абнаўляеца кожныя 30 хвілінай.

SpaceWeather (<https://spaceweather.com/>) – цікавы партал пра касьмічнае надвор'е і астрономію.

Мабільныя дадаткі (*Aurora Alerts*, *My Aurora Forecast*) апавяшчаюць, калі звязаны зъяўляюцца ў вашым раёне.

У інтэрнэце няцяжка знайсьці і іншыя ресурсы.

Галоўнае правіла – чым вышэйшы індэкс Кр, тым далей на поўдзень можна ўбачыць звязаныне. Напрыклад, пры $Kp = 3$ яго відаць толькі ў Запалалярі, а пры $Kp = 7 - 8$ можа даходзіць да сярэдніх шыротаў! Падчас магнітнае буры 10 - 11 траўня 2024 году індэкс Kp дасягнуў 9, што дазволіла назіраць звязаныне далёка на поўдні.



ЧАМУ ПАЛЯРНАЕ ЗВЯЗАНЫНЕ – ЗЯЛЁНАГА, ФІЯЛЕТАВАГА І ЧЫРВОНАГА КОЛЕРАЎ?

Колеры палярнага звязаныня – ня проста фарбы прыроды, а вынік узаемадзеяння атмасфэры Зямлі з космасам! Калі заладаваныя часцінкі сонечнага ветру сутыкаюцца з атмасфераі, яны ўзбуджаюць атамы і малекулы газаў, прымушаючы іх сувязіцца.

Зялёны — самы распаўсюджаны, зъяўляецца на вышыні каля 100 км. Гэта сувязаныне атамаў кіслароду.

Фіялетавы ўзынікае пры ўзаемадзеянні з малекуламі азоту. Найчасцей відаць на краях звязаныня.

Чырвоны — таксама кісларод, але на вышыні больш за 200 км. Зъяўляецца пры ма-гутных усплесках сонечнай актыўнасці.

Варта ведаць: калі звязаныне не вельмі яркае, колераў амаль не відаць, і яно выглядае шэрым. Нашыя очы дрэнна ўспрымаюць колеры пры слабым сьвятле: як вядома, у цемры ўсе каты шэрыя. Але камэра смартфона ўжо здольная паказаць сапраўдныя колеры звязаныня. Таму пярайдзем да наступнага пытаньня...

Як сфатаграфаваць палярнае звязынне?

Камэра: найлепш падыдзе люстроная або камэра безь люстэрка з ручнымі наладамі. Але можна сфатаграфаваць і на смартфон у начным рэжыме. Галоўнае – выкарыстоўваць штатыў: безь яго қадры выйдуць размытыя.

Аб'ектыў: съветласіла – f/2.8 і шырэй, каб злавіць як мага больш съятла.

Налады камэры:

- ISO: 1600–3200;
- вытрымка: 1–5 сэкундаў, пры яркіх звязыннях – нават менш за сэкунду. Па-мятайма, што звяза вельмі дынамічная, таму вытрымку лепш не завышаць;
- фокус: на бясконцасць.

І самае галоўнае – цярплівасць! Палярнае звязынне не зьяўляецца на загад. Нават пры досыць надзейным прагно-зе звяза звычайна прыходзіць хвалімі. Таму ѡпера апраніцца, вазьміце з сабою тэрмас з каваю ці гарбатай і пільнуйце. Калі дачакацца правільнага моманту, можна ўбачыць адно з самых незабытых відовішчаў у жыцці!

Паводле матэрыялаў з адкрытых
крыніцаў, NASA і Wikipedia

Моцнае палярнае звязынне (індэкс Kr = 7) назіралася ў ноц на 13 жніўня ў Эстоніі. Звязынне супала зь пікам актыўнасці мэтэорнае плыні Пэрсідаў, таму на фота выпадкова трапіў і яркі мэтэор. Фота аўтара. Тэкстычныя даныя: аб'ектыў – Sigma Art 28 mm (f/2), люстэрковая камэра Canon 6D, ISO – 3200, вытрымка – 2 с.





АПОШНЯЯ ФАНТАЗІЯ: ЖЫЦЦЁ ПА-ЗА ЗЯМЛЁЮ

SN



Ідэя і аўтарства ілюстрацыі
NASTASSIA PAZNIAK

Звычайна, калі пачынаем казаць пра пазамнное жыццё, так ці інакші шмат якія разважанні скочваюца ў канспіралагічныя тэорыі. Масавая культура прапанавала дакладкова ежы для разваг пра зялёных чалавечкаў, шматрукіх гуманоідаў і сутнасці, якія складаюца толькі з энергіі. Але што пра гэта думае наука? Няма дакладных падставаў меркаваць, што жыццё ёсьць на Марсе, Юпітэры або любым іншым нябесным целе, апроч Зямлі. Як і няма падставаў сцвярджаць адваротнае. А каб пачаць разбірацца ў гэтых пытанні, звернемся да астрабіялогіі.

АСТРАБІЯЛОГІЯ IS WHO?

Калі тэатр пачынаецца з вешалкі, то астрабіялогія пачынаецца з пытання „што наагул такое жыццё?”. У 2003 годзе ў Модэне (*Modena*) адбыўся ўоркшоп, удзельнікі якога далі 78 паняткаў тэрміну „жыццё” з апісаннем фізічных, хімічных і біялагічных характеристык. Яны апісалі тое, што можа залучаць у сябе жыццё, але не тое, чым яно ёсьць.

Аднак гісторыя астрабіялогіі зарадзілася не ў пачатку ХХІ стагоддзя. Як асобная дысцыпліна яна аформілася ў сярэдзіне ХХ стагоддзя, у перыяд касмічнай гонкі ды развіцця інжынернай авіяцыі і касмічнай тэхнікі. Глабальна астрабіялогія – на стыку астраноміі і біялогіі: выкарыстоўвае тэарэтычныя напрацоўкі ў галіне планеталогіі і астрафізікі разам з практычнымі падыходамі мікробіялогіі, біахіміі і экалогіі. Калі біялогія даследуе жыццё само па сабе, то астрабіялогія спрабуе зразумець, як узімка жыццё і наколькі гэта ўнікальная для Сусвету з'ява.

„LIFE IS...”

Добра, дык што там з вызначэннямі? У гэтым выпадку ўсё пачынаецца з апісання ўнікальных асаблівасцяў жыцця. Але якія яны могуць быць? Можа, харктэрная асаблівасць жыцця – вызываюць энергию? Агонь як тэрмакімічная рэакцыя таксама выпрацоўвае энергию, але не ёсьць жыццём. Ці жыццё валодае дакладна малекулярнаю структураю? Аднак крышталі неарганічнай солі – напрыклад, спажыўной – таксама маюць дакладную структуру. Жыццё здольнае да росту, развіцця і ўмірання? Гэта так, але такія характеристыкі ўласцівыя любой тэрмадынамічнай сістэме. А можа, унікальная рыса жыцця – узнаўляць сабе падобных? Далёка не

кожны жывы арганізм пакідае пасля сябе патомства, гэта частка натуральнага адбору. Акрамя гэтага, існуюць бясплодныя гібрыды – мулы і лашакі. Ці перастаюць яны быць жывымі, калі не здольныя перадаць гены і ўзнаўляць патомства?

Зыходзячы з цэлага шэрагу такіх разважанняў, навукоўцы прыйшлі да высновы: пакуль варта пакінуць адкрытым гэтае пытанне. Паколькі дакладнага вызначэння няма, ад розных спецыялістаў можна пачуць розныя фармулёўкі. Аднак мы можам узяць за арыенцір ту ю, што прапанавала ў каstryчніку 1992 году Экзабіялаўская праграма *NASA*:

„Жыццё – гэта самападтрымная хімічна сістэма, здольная зазнаваць дарвінаўскую эвалюцыю”¹.

Гэтае вызначэнне бярэ за аснову дзве цэнтральныя характеристыкі зямнога жыцця: гамеастаз і эвалюцыю. Гамеастаз характеристызуе здольнасць арганізму падтрымваць стан нутраных сістэмай для аптымальнага існавання. У той жа час эвалюцыя характеристызуе генетычную зменлівасць, дзе выпадковыя змены ў ДНК прыводзяць да мутацый, што адсяваюць непажаданыя прыкметы і выховаюць карысныя адаптыўныя ўласцівасці віду. Так ці інакш, абедзвюма гэтымі характеристыкамі валодаюць усе жывыя арганізмы на планете.

ПЫТАННЕ ТЭРМДЫНАМІКІ

Частка даследнікаў спадзяеца ў пытаннях вызначэння жыцця на тэрмадынаміку. У кнізе „Што такое жыццё?” Эрвін Шрэдывінгер (*Erwin Schrödinger*) пісаў: „...[арганізм] імкнецца наблізіцца да небяспечнага стану максімальнай энтропіі, які ўяўляе сабою смерць. Ён можа пазбегчы гэтага стану, гэта значыць, заставацца жывым, толькі ўвесе час здабываючы з наваколля яго адмоўную энтропію...” У гэтым выпадку пад адмоўнай энтропій маецца на ўвазе ежа – спарадкаваная стабільная форма энергіі, якую арганізм засвойвае з дапамogaю стрававання. Такі працэс харчавання харктэрны эвалюцыіна прасунутым жывёлінам – гетэратрофам. У той жа час існуюць аўтатрофныя і аўтагетэратрофныя формы жыцця, здольныя вырабляць ежу самастойна, спажываючы з наваколля толькі неарганічныя кампаненты. Тыповыя прадстаўнікі аўтатрофаў – расліны, да аўтагет-

¹„Life is a self-sustained chemical system capable of undergoing Darwinian evolution”.

тэратрофай адносяць найпрасцейшыя і прымітыўныя формы жывёлы, гэта пратысты, лішайнікі, бруханогія малюскі *Elysia chlorotica* і г. д.

Пры такім падыходзе ідэал спарадкаванае структуры з ніzkай энтропіяй – канвектыўнае вочка, дысіпатыўная структура, якая не ёсьць жывым арганізмам. Акрамя таго, вызначэнне „адмоўнай энтропіі” навукова не абургунтаванае, таму гэты падыход у астрабіялогіі не сустракае шырокага падтрымання.

СТАТЫСТЫКА ЖЫЦЦЯ

У 1960-х гадах у Грын-Бэнку ў ЗША адбылася канферэнцыя, на якой прэзентавалі формулу. Яна пазней зробіцца вядомая як формула Сэйгана (*Carl Sagan*), Грын-Бэнка або Дрэйка (*Frank Donald Drake*) і выглядае наступным чынам:

$$N = N^* \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_i \cdot f_l \cdot f_c \cdot L \div T_g$$

дзе

N – лік разумных цывілізацыяў,

N^* – лік зорак у нашай галактыцы,

f_p – доля сонцападобных зорак, якія валодаюць планетамі,

n_e – сярэдні лік нябесных целаў з прыдатнымі ўмовамі для зароджэння жыцця,

f_i – імавернасць узнікнення разумных формаў жыцця на планете, на якой ёсьць жыццё,

f_l – імавернасць зароджэння жыцця на планете з прыдатнымі ўмовамі,

f_c – суадносіны планетаў з разумным развітym жыццём да ліку планетаў, на якіх ёсьць разумнае жыццё,

L – час, на працягу якога разумнае жыццё існуе, можа ўступіць у контакт і жадае гэтага,

T_g – час жыцця нашае галактыкі.

Гэту формулу стварыў Фрэнк Дрэйк, але папулярызаваў яе Карл Сэйган. Яна вызначае колькасць магчымых развітых пазазямных цывілізацыяў, з якімі чалавечства здольнае ўступіць у контакт. У свой час тэорыю ўспрыніялі занадта аптымістична, што дапамагло стварыць праграму *SETI* – спецыяльны праект пошуку пазазямнога разуму. Формула больш сімвалічнага характару, чымся

практычнага. Зыходзячы з розных разлікаў, яна як пацвярджае ўнікальнасць зямнога жыцця, гэтак і адмаўляе яго.

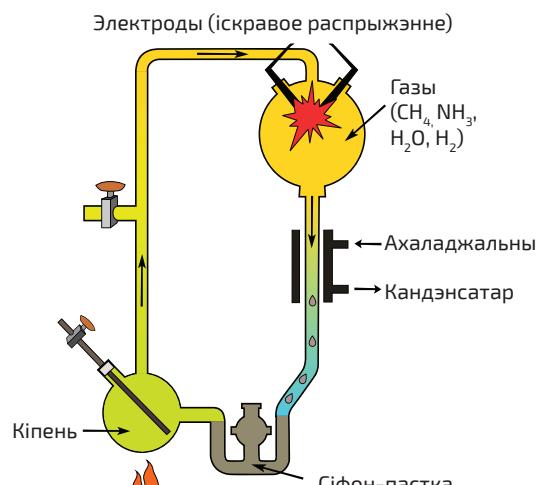
ПЫТАННЕ КРЫТЫКІ

Формула Дрэйка, як і канцэптуальны апарат жыцця, будуецца вакол антрапацэнтрычнага погляду на ўесь прадмет астробіялогіі. Магчыма, за настачаю патрэбнай колькасці навуковых звестак мы недастаткова разумеем складана ўладкаванае жыццё. Гэтак, напрыклад, не ведаючы пра планетарную мадэль атама, людзі практычна не мелі ўяўлення аб працы шмат якіх хімічных і фізічных працэсаў.

Што цікава і лагічна, супрацьстаянне поглядаў прысутнічае і ў коле астробіёлагаў. Гэтак, адна частка з іх найперш імкнецца знайсці жыццё па-за Зямллёй, другая імкнецца зразумець, як менавіта з'явілася жыццё на Зямлі. І яны маюць адказ. У нейкім родзе.

ПРЕБІЯТЫЧНАЯ ХІМІЯ

У 1953 годзе Стэнлі Мілер (*Stanley Miller*) і Гаральд Юры (*Harold Urey*) на аснове здагадкі Аляксандра Апарына і Джона Голдэйна (*John Haldane*) правялі эксперымент, у якім мадэляваліся ўмовы ранняе Зямлі з узделам неарганікі і электрычнасці. Рэакцыя была здагадкай аб прэбіётыцы, гіпатэтычным этапе развіцця жыцця, калі яно магло з'явіцца з найпрасцейшай арганікі на ўжо сформаванай планете.



Рэакцыя Мілера – Юры

Рэакцыя Мілера – Юры будуецца на выкарыстанні метану і вуглякілага газу, якія пад уздзеяннем іянізавальнага выпраменьвання і распрыжэнняў (або раз-

радаў) маланкі маглі ствараць сінільную кіслю (або кісліну, кіслату), фармальдэгід і аміяк. Гэтыя кампаненты ў далейшым маглі па працэсе Штрэкера (*Strecker*) ўтвараць амінакіслі і розныя біярганічныя малекулы тыпу цукроў і рыбозы.

Раней гэты эксперымент крытыкавалі праз ужыванне арганічных кампанентаў. Аднак пазней у адкрытым космасе былі знайдзеныя арганічныя малекулы. Пасля сфармавалася тэорыя, паводле якой найпрасцейшая арганічныя малекулы і, магчыма, нават кампаненты амінакіслёй маглі фармавацца ў планетэзімалым (*planetesimal*) дыску, прабацьку планеты. У гэтай рэакцыі дасюль застаюцца пытанні. Аднак сама па сабе яна сведчыць пра тое, што мы мала ведаем пра зараджэнне жыцця, і адкрывае перад намі даследчыя перспектывы.

ЗРАБІ МНЁ СІГНУ!

У астрабіялогіі ёсьць эксперыментальная і тэарэтычная спадчына, але разам з тым – практычная сучаснасць. Цяпер астрабіёлагі разлічваюць на маркеры жыцця і экстэрэмальную мікрабіялогію. Першыя

можна ўжыць як мернік для пошукаў развітога жыцця, а другую – для вывучэння адаптыўных магчымасцяў жыцця да розных умоваў. Атрымліваючы спадарожнікавыя здымкі Зямлі, даследнікі ствараюць адмысловыя біямаркеры – пазнакі, паводле якіх можна вызначыць выпраменьванне ў розных дыяпазонах. Ужыўшы гэтыя біямаркеры на розных экзапланетах, навукоўцы могуць адшукаць падобныя сігналы і выказаць здагадку, што на гэтых нябесных аб'ектах таксама ёсьць развітое жыццё. У далейшым гэта дазволіць сканцэнтраваць увагу на гэтых планетах і, магчыма, адшукаць жыццё.

Цяжка сказаць, што чакае навуку. Ці сустрэнем мы найбліжэйшым часам прадстаўнікі пазазямных цывілізацыяў і ці сустрэнем жыццё па-за Зямлёю наагул. Але адно можна сказаць пэўна: у космасе чалавецтва чакае шмат адкрыццяў, і астрабіялогія будзе адною з навук, што дапаможа разгадаць таямніцы Сусвету. А калі вам захацелася лепей азнаёміцца з гэтаю навукаю, я рэкамендую вывучыць книгу „*Handbook of Astrobiology*“ *Vera M. Kolb*, у ёй сканцэнтраваныя найбольш поўныя веды пра астрабіялогію за апошніяе дзесяцігоддзе.

КРЫІНІЦЫ:

1. G. Horneck, P. Rettberg. Complete Course in Astrobiology, 2007. ISBN: 978-3-527-40660-9
2. J. Seckbach, H. Stan-Lotter. Extremophiles as Astrobiological Models, 2021. ISBN: 978-1-119-59168-9
3. V. M. Kolb. Handbook of Astrobiology, 2017. ISBN: 9781138065123
4. Д. Кетлинг. Астробиология: очень краткое введение, 2013. ISBN: 978-0-19-958645-5



Z-a+bi

КАМПЛЕКСНЫЯ ЛІКІ І ГЕАМЭТРЫЯ

яўген пятліцкі



Ідэя і аўтарства ілюстрацыяў
LETUCIENIE

Першая частка папулярнага матэматычнага тэксту пра трывакавыя систэмы ды іх сувязь з геамэтрыяй разылічаная на школьнікаў старэйшых клясах альбо дарослых, якія не забыліся, што ім рассказвалі ў школе. Паколькі чытатч можа быць не прызычайены да матэматычных тэкстаў, адразу заўважу: каб дасягнуць прасвятылення, чытатч трэба з паперай і асадкаю пад рукою ды правяраць тое, пра што піша аўтар. Месцы ж, дзе аўтар сцьвярджае, што нешта „лёгка паказаць”, належыць трактаваць як практиканыні.

Тут, магчыма, будзе да месца барадатая показка пра Ліфшыца і Ландау. Злыя языкі расказваюць, што аднойчы Ліфшыц па дарозе на працу забыўся ў трамваі стос – аркушаў на дваццаць – з выдавдам для чарговага тому курсу тэарэтычнае фізікі. Прышлоўши да Ландау, ён пачаў скардзіцца, што давядзенцыца доўга аднаўляць матэрыял – з тыдзень-два на тое пойдзе. А тэрміны падціскаюць. На што Ландаў сказаў: „Не пераймайся, у гэтым месцы напішам «як лёгка заўважыць»”.

Што да асобных гісторычных рэмарак аўтара, іх успрымайце як показку вышэй, то бок як показку.

СТАРАЖЫТНАСЦЬ

Адна з задачаў школьнай альгебры – развязаць квадратнае раўнанье $ax^2 + bx + c = 0$. Зы ім – нават бяз нашай абстрактнай систэмы запісу – справіліся яшчэ старажытныя бабілёнцы. Яны ж умелі развязаць прынамсі некаторыя раўнаніні трэцяе ступені. Дакладны роўнень іхнае матэматычнае навукі застаецца для нас таямніцю зь дзвююх прычынаў: частковасць звестак, што дайшлі да нас, і той факт, што людзі, якія разумеюць матэматыку, зь людзьмі, якія разумеюць акадзкую мову, амаль не перасякаюцца. Як пісаў Весялоўскі ў прадмове да кнігі Бартэла ван дэр Вардэна (*Bartel Leendert van der Waerden*) пра гісторыю матэматыкі (пераклад з баўгарскага выдання мой): „Аўтараў, якія пішуць пра гісторыю навукі, можна падзяліць на чатыры групы. Да першай належаць тыя, хто добра ведае сваю навуку, але ня мае дастатковых ведаў з гісторыі, да другой, – наадварот, тыя, хто добра ведае гісторыю, але ня ёсьць спэцыялістам у навуцы (да гэтае групы належаць амаль усе гісторыкі...). На жаль, асабліва вялікая група – гэта аўтары, якія ня ведаюць належным чынам ані гісторыі, ані навукі, а тых, хто

добра ведае сваю навуку і цалкам разумее значэнне гісторычных умоваў, у якіх яна разъвівалася, – надта мала”.

Што да частковасці наяўных звестак, трэба памятаць: гісторыя наагул і гісторыя навукі ў прыватнасці выглядае як шэраг сьветлых плямаў у акіяне цемры. У прыватнасці, мы маем значна больш арыгінальных пісьмовых крыніцаў, што апісваюць сівую даўніну шумэрскіх і акадзкіх часоў, чымся крыніцаў, якія расказвалі б нам пра ранняе Сярэднявечча ў Эўропе.

Звязана гэта з матэрыялам, які ўжывалі для пісьма: нічога больш надзейнага для архіваў за керамічныя таблічкі чалавецтва пакуль што не прыдумала. Дзякуючы тым крыніцам мы маем пэўнае ўяўленыне пра пачаткі матэматыкі.



Гліняная таблічка | Аўтар – Osama Shukir Muhammed Amin FRCR (Glasg) | Крыніца: www.wikipedia.org

Насуперак распаўсюджанаму меркаванью пра тое, што эгіпцяне мелі надта разывітую матэматыку, якую ў іх запазычылі грэкі, зь вядомых нам крыніцаў вынікае: у Бабілёне роўнень быў значна вышэйшы (хаця, магчыма, у нас проста замала эгіпецкіх крыніцаў), і менавіта адтуль грэкі зачэрпнулі тое, што потым вырасла ў сучасную матэматыку. Пад словам „бабілёнцы“ я маю на ўвазе (магчыма, не да канца карэктна) шумэрскую і акадскую. Шумеры першыя прыдумалі пісьмо і стварылі шмат рэчаў, якія пазней леглі ў аснову нашае цывілізацыі (хаця акурат пісьмом

мы карыстаемся ня іхным, а эгіпэцкім, у тым сэнсе, што нашыя літары – і кірыліца, і лацінка – узыходзяць да эгіпэцкіх герогліфаў). Шумэрскую культуру зъмяніла акадзкая. Прычым у выпадку акадзкае мовы мы ня толькі ў стане расшыфраваць сэнс напісанага, але нават прыкладна ведаем яе гучаньне. Шумэрская і акадзкая мовы вымерлі, не пакінушы моваў-нашчадкаў (у адрозненьне ад эгіпэцкай, якая ўсё яшчэ жыве, пад імем копцкай). Практичнымі вымірэннямі і разлікамі шумеры пачалі займацца прыкладна за 4 тысячы гадоў да нашай эры. Для практичных патрэбаў яны распрацавалі шасцідзесятковую систэму зылічэння і табліцы, якія дазвалялі выконваць арытметычныя аперацыі над лікамі.

З практикі вырасла ў тым ліку і патрэба развязваць раўнаньні. У прыватнасці, для кубічных раўнаньняў бабілёнцы складлі табліцы, якія для лікаў выгледу $n^2(n + 1)$ дазвалялі знайсьці n . Гэтага дастаткова, каб знаходзіць набліжанае значэнне кораня раўнаньня $ax^3 + bx^2 = c$ (чытач можа самастойна зрабіць патрэбныя пераўтварэнні альбо нават паспрабаваць скласці адпаведныя табліцы).

Грэкі, якія перанялі матэматыку ад бабілёнцаў і, як здаецца, упершыню ў гісторыі пачалі даказваць матэматычныя съцверджаньні, на чым палягае сутнасць гэтае науки, цікавіліся найперш геамэтрыяй, разумеючы лікі таксама з геамэтрычнага пункту гледжаньня. Не ў апошнюю чаргу дзякуючы геамэтрычнаму разуменію грэкі адкрылі ірацыянальныя лікі (дыяганаль квадрата не выражаецца рацыянальна празь яго бок).

Калі гаворка пра доказы, то грэкі першыя зразумелі неабходнасць даводзіць „відавочнае“. Хаця яны так і ня здолелі цалкам запоўніць прагалы ў аксіяматыцы геамэтрыі (гэта толькі ў XIX стагодзьдзі зрабіў нямецкі матэматык Морыц Паш – *Moritz Pasch*) і распрацаваць систэму лёгікі (што таксама ў XIX стагодзьдзі зрабіў нямецкі матэматык Готлёб Фрэгэ (*Gottlob Frege*), аднак лёгіка, якая беспасярэдне фармалізавала спосаб разважаньня матэматыка, – нааугл прадукт 1930-х, яе стварыў Гергард Гэнцен (*Gerhard Gentzen*) – нямецкі матэматык, які загінуў у чэхаславацкім канцлягеры).

Як і бабілёнцы, грэкі ўмелі развязваць раўнаньні. Прычым, напрыклад, Дыяфант (*Діофантоў*) займаўся праблемамі, развязаньня якіх ня ведае ня толькі сярэднестатыстычны школьнік, але і тыповы студэнт фізыка-матэматычнага кірунку.





Аднак Дыяфантавы раўнаныні – частка тэорыі лікаў, пра якую гэтым разам гаворкі ня будзе. Што цікава, ужо ў наш час выявілі вельмі глыбокую сувязь Дыяфантавых раўнаньняў з геамэтрыяй.

РАЎНАНЬІ ТРЭЦЯЕ СТУПЕНІ

У агульным выглядзе, наколькі можна меркаваць, раўнаныні трэцяй і чацвертай ступеняў упершыню развязалі італьянцаў у XVI стагодзьдзі: Шыпёнэ дэль Фэра, Нікалё Тартальлія, Джэроляма Кардана і Лёдавіка Фэрары (*Scipione del Ferro, Niccolò Tartaglia, Gerolamo Cardano, Lodovico Ferrari*). Гісторыя адкрыцця цікавая і поўная драматызму, скандалаў ды канфліктаў вакол прыярытэту.

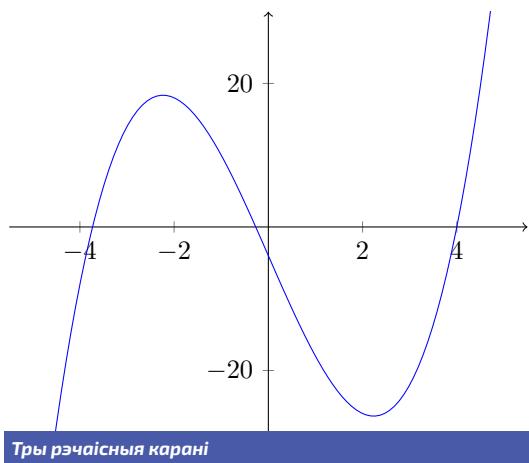
HIERONYMI CAR
DANI, PRÆSTANTISSIMI MATHE
MATICIS, PHILOSOPHI, AC MEDICI,
ARTIS MAGNAE,
SIVE DE REGVLIS ALGEBRAICIS,
Lib.unus. Qui & totius operis de Arithmetica, quod
OPVS PERFECTVM
inscripsit, est in ordine Decimus.



HAbes in hoc libro, studiose Lector, Regulas Algebraicas (Itali, de la Cof fa vocant) nouis adiunctionibus, ac demonstrationibus ab Authore ita locupletatas, ut pro pauculis antea vulgo tritis, iam septuaginta euaserint. Neque solum, ubi unus numerus alteri, aut duo unu, utrum etiam, ubi duo duobus, aut tres unu, equalis fuerint, nodum explicant. Hunc autem librum ideo scorsim edere placuit, ut hoc abstrusissimo, & planè inexhausto totius Arithmetice theatro in lucem eruto, & quasi in theatro quadam omnibus ad spectandum expoito. Lectores incitatetur, ut reliquos Operis Perfecti libros, qui per Tomos edentur, tanto audiūs amplectantur, ac minore fastidio perdiscant.

Вялікае мастацтва | Аўтар – JC Santos
Крыніца: www.wikipedia.org

І тут іх чакаў сюрприз, нават шок. Разгледзім, напрыклад, раўнаныне $x^3 = 15x + 4$. Будуючы графік функцыі $y = x^3 - 15x - 4$, можна лёгка пераканацца, што гэтае раўнаныне мае трэх рэчаісныя карані (пытаныні чытачу: чаму раўнаныне трэцяе ступені з рэчаіснымі каэфіцыентамі заўжды мае хаця б адзін рэчаісны корань? Ці можа яно мець два рэчаісныя карані? Калі так, то ў якім сэнсе іх два? Як наагул належыць лічыць карані?). Аднак пры спробе выкарыстаць агульную формулу (знаную згаданым італійцам) мы сутыкаемся з пэўнымі цяжкасцямі.



Для раўнаньня $x^3 = px + q$ адно з развязаньняў дае простая для запамінаньня формула

$$x = \left(\frac{q}{2} - \sqrt{-\frac{p^3}{27} + \frac{q^2}{4}} \right)^{\frac{1}{3}} + \left(\frac{q}{2} + \sqrt{-\frac{p^3}{27} + \frac{q^2}{4}} \right)^{\frac{1}{3}}.$$

У якасьці практыканьня чытач паспрабуе вывесыці яе і ацаніць веліч італьянскае матэматыкі XVI стагодзьдзя.

Калі мы скарыстаємся з прыведзенай формулы для раўнаньня $x^3 - 15x - 4 = 0$, то знойдзем адказ:

$$x = (2 + 11\sqrt{-1})^{\frac{1}{3}} + (2 - 11\sqrt{-1})^{\frac{1}{3}}.$$

Перакладаць з італьянскае на беларускую сказанае Кардана, калі той убачыў падобнае, я, бадай што, ня стану (рэдакцыя не прапусціць). Кожны, хто бачыў графік парабалы, разумее, што $\sqrt{-1}$ сярод рэчаісных лікаў знайсці немагчыма. Аднак на хвіліну забудземся пра той графік і будзем апэраваць з $\sqrt{-1}$ фармальна. Пры такім падыходзе можна лёгка пераканацца, што маюць месца наступныя роўнасці:

$$(2 + \sqrt{-1})^3 = 2 + 11\sqrt{-1}$$

i

$$(2 - \sqrt{-1})^3 = 2 - 11\sqrt{-1}$$

(чытач палічыць гэта карыстаючыся з школьнай альгебры ды памятаючы, што $(\sqrt{-1})^2 = -1$).

Маючы гэтыя роўнасці, можам лёгка знайсці

$$\begin{aligned} x &= (2 + 11\sqrt{-1})^{\frac{1}{3}} + \\ &\quad (2 - 11\sqrt{-1})^{\frac{1}{3}} = \\ &\quad 2 + \sqrt{-1} + 2 - \sqrt{-1} = 4. \end{aligned}$$

Рэчаісны корань, як мы і чакалі, гледзячы на графік функцыі! Гэтак, апэраванье зь няісным лікам $\sqrt{-1}$ дае сэнсоўныя вынікі.

КАМПЛЕКСНЫЯ ЛІКІ

Прымірыцца з існаваньнем $\sqrt{-1}$ чалавецтву было нялёгка, але прасьцей як з адмоўнымі ці ірацыянальнымі лікамі. Досьць скора матэматыкі ўсьвядомілі карыснасць такіх лікаў для народнае гаспадаркі, а Жан-Рабэр Арган, Каспар Вэсэль і Карл Фрыдрых Гаўс (*Jean-Robert Argand, Caspar Wessel, Carl Friedrich Gauß*) неўзабаве – на мяжы XVIII і XIX стагодзьдзяў – знайшлі для камплексных лікаў (так назвалі лікі формы $a + bi$, дзе a і b – рэчаісныя, а $i = \sqrt{-1}$) **геаметрычную інтэрпрэтацыю**.

Як жа выглядае гэтая інтэрпрэтацыя? Як знаўцы графіку парабалы, мы ведаем, што на рэчаіснай восі месца для $\sqrt{-1}$ няма. Але што, калі выкарыстаць плоскасць? Невыпадкова камплексная лікі маюць форму $a + bi$ з рэчаіснымі a і b , кожнаму такому ліку мы можам паставіць у адпаведнасць пункт з каардынатамі (a, b) , скарыстаўшыся вынаходніцтвам вялікіх французаў – Рэнэ Дэкарта і П'ера дэ Фэрмі (*René Descartes, Pierre de Fermat*).

Далей я буду запісваць радыюс-вектары ў выглядзе параў каардынат (a, b) і атаясамляць радыюс-вектар з адпаведным пунктам.

Пару слоў пра тэрміналёгію. Лікі на гарызантальнай восі – восі абцыс – мы называем **рэчаіснымі**, гэта лікі формы a , нашыя старыя знаёмцы з школы. Лікі на вэртыкальнай восі – восі ардынат – мы называем **чыста ўяўнымі**, яны маюць постаць bi альбо ib (усё адно, зь якога боку пісаць i , нашае множаньне камутатыўнае). Нарэшце, лікі агульной формы $a + bi$, як было сказана вышэй, называюць **камплекснымі** (менавіта з такім націскам, комплексны, як вядома, – абед усталоўцы, а лік – камплексны).

Пры такой інтэрпрэтацыі дадаваньне лікаў зводзіцца да звычайнага дадаваньня адпаведных радыюс-вектараў:

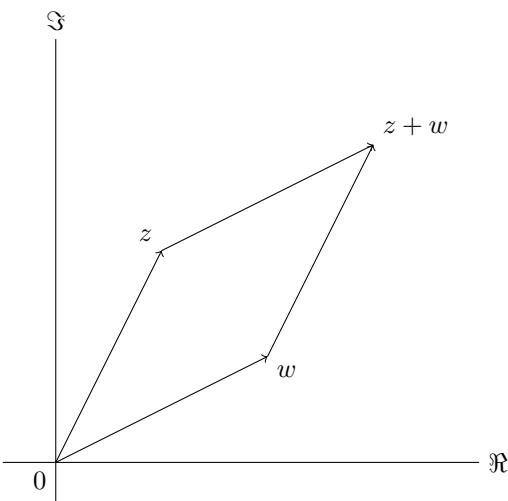
$$\begin{aligned} (a, b) + (c, d) &= \\ a + bi + c + di &= \\ a + c + (b + d)i &= \\ (a + c, b + d), \end{aligned}$$

а вось множаньне выглядае значна хітрея:

$$\begin{aligned}(a, b) \cdot (c, d) &= \\(a + bi)(c + di) &= \\ac + adi + bci + bdi^2 &= \\(ac - bd) + (ad + bc)i &= \\(ac - bd, ad + bc).\end{aligned}$$

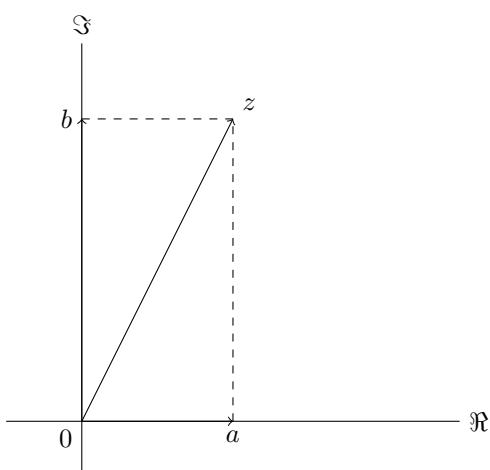
У разыліках вышэй мы памятаем, што

$$i^2 = -1.$$



Дадаванье камплексных лікаў

Ці можна знайсці геамэтрычны сэнс апэрацыі множаньня камплексных лікаў? Выглядае яна, скажам шчыра, ня тое каб натхняльна. Для пошуку глыбіннага сэнсу мы можам скрыстацца старым добрым прыёмам: разгледзім частковыя выпадкі.

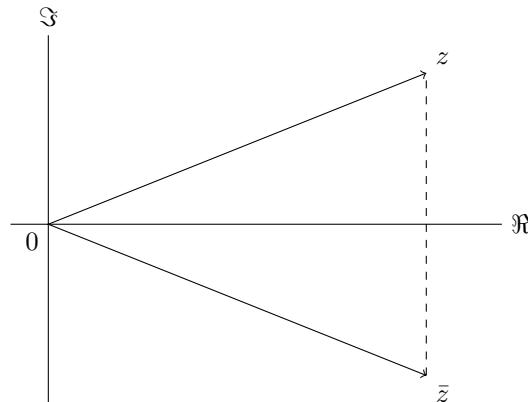


Модуль камплекснага ліку і тэарэма Пітагора

Але спачатку нам спатрэбяцца некалькі геамэтрычных характеристыстyk радыюс-вектараў. Як мы ведаем з школы, даў-

жыня вектара (a, b) роўная $\sqrt{a^2 + b^2}$ (тэарэма Пітагора, якая была вядомая задоўга да Пітагора (*Пітагорас*): згодна з прынцыпам Арнольда матэматычны аб'ект заўжды называюць на імем таго, хто яго адкрыў, прычым прынцып Арнольда самапрыманыяльны). Даўжыня вектара, які адпавядае ліку $z = a + bi$, называецца **модулем** гэтага ліку і пазначаецца $|z|$. Калі z – рэчаісны лік (то бок $b = 0$) мы атрымліваем звычайны модуль рэчаіснага ліку.

Уважліва паглядзеўшы на формулу множаньня камплексных лікаў, убачым, што $(a + bi)(a - bi) = a^2 + b^2$. Лік $a - bi$ называецца **спалучаным** да ліку $a + bi$. Геамэтрычны сэнс спалучэння – адбіцьце адносна восі абцыс (восі OX). Спалучэнне ліку пазначаецца рыскай над ім, напрыклад, калі $z = a + bi$, то $\bar{z} = a - bi$.



Спалучэнне камплекснага ліку

Цяпер, ведаючы, як выражаецца даўжыня вектара, можам высьветліць геамэтрычны сэнс множаньня камплексных лікаў. Пачнем з простага выпадку: множаньня на рэчаісны лік. А менавіта, мы маем камплексны лік $a + bi$ і множым яго на рэчаісны лік r . Што адбудзеца з адпаведным вектарам? Адказ можна адгадаць: даўжыня вектара павялічыцца ў r разоў. Простыя разылікі пацьвярджаюць здагадку:

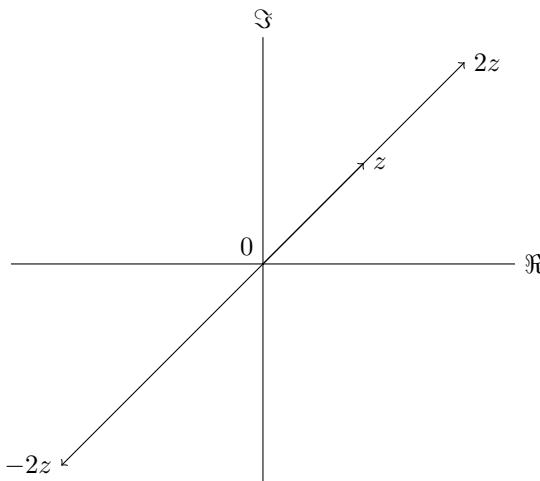
$$r \cdot (a + bi) = ra + rbi,$$

даўжыню знайдзем з дапамогай тэарэмы Пітагора:

$$\begin{aligned}|ra + rbi| &= \sqrt{r^2 a^2 + r^2 b^2} = \\r\sqrt{a^2 + b^2} &= |r| \cdot |a + bi|.\end{aligned}$$

Пры гэтым, калі $r < 0$, то вынік множаньня будзе скіраваны ў бок, процілеглы кірунку арыгінальнага вектара. Такім чынам, множаньне на дадатны рэчаісны лік расъязгвае вектар, які адпавядае камплекснаму

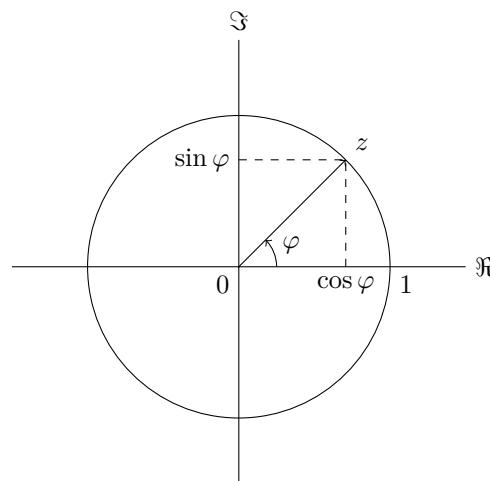
ліку, а множаньне на адмоўны лік зводзіцца да адбіцца адносна пачатку каардынат і расыцяжэння.



Множанье комплекснага ліку на рэчайсны

Прыгледзімся да наступнага частковага выпадку: множаньне на комплексны лік z такі, што $|z| = 1$. Для пачатку падумаем, што гэта за лікі? Чатыры мы можам называць адразу: $1, -1, i$ і $-i$. Ці ёсьць яшчэ? Выпішам адпаведную ўмову ў выглядзе раўнаньня

$$|a + bi| = \sqrt{a^2 + b^2} = 1 \implies a^2 + b^2 = 1.$$



Комплексныя лікі модуля адзін

Як выглядае мноства пунктаў на плоскасці, для якіх сума квадратаў каардынат роўная адзінцы? Адказ мы ведаем з школы: гэта акружына радыуса адзін з цэнтрам у пачатку каардынат. Хто памятае трыганамэтрыю, згадае, што каардынаты пунктаў на адзінкавай акружыне выражаютца з дапамогай сінуса і косінуса (прыйсьці да такой высновы мы маглі б, пароўнаўшы

раўнаньні $a^2 + b^2 = 1$ і $\cos^2 x + \sin^2 x = 1$, запомнім гэты ход на будучыню, ён нам спатрэбіцца). Гэтак, комплексныя лікі, модуль якіх роўны адзінцы, маюць выгляд

$$\cos \varphi + i \sin \varphi,$$

дзе φ – кут паміж восьсю абцыс і адпаведным вэктарам.

Лёгка можна ўбачыць, што для любога ненулявога комплекснага ліку z ягоны модуль $|z|$ таксама ненулявы. Такім чынам, маем права падзяліць любы ненулявы комплексны лік $z = a + bi$ на яго модуль. У выніку атрымаем новы комплексны лік. Паглядзім, які будзе яго модуль (мы лічым квадрат модуля, бо так прасьцей, палічыць корань мы заўжды зможам пазней, больш за тое, у некаторых разъдзелях матэматыкі ў якасці падставовае велічыні разглядаюць менавіта квадрат нашага модуля і менавіта яго называюць модулем):

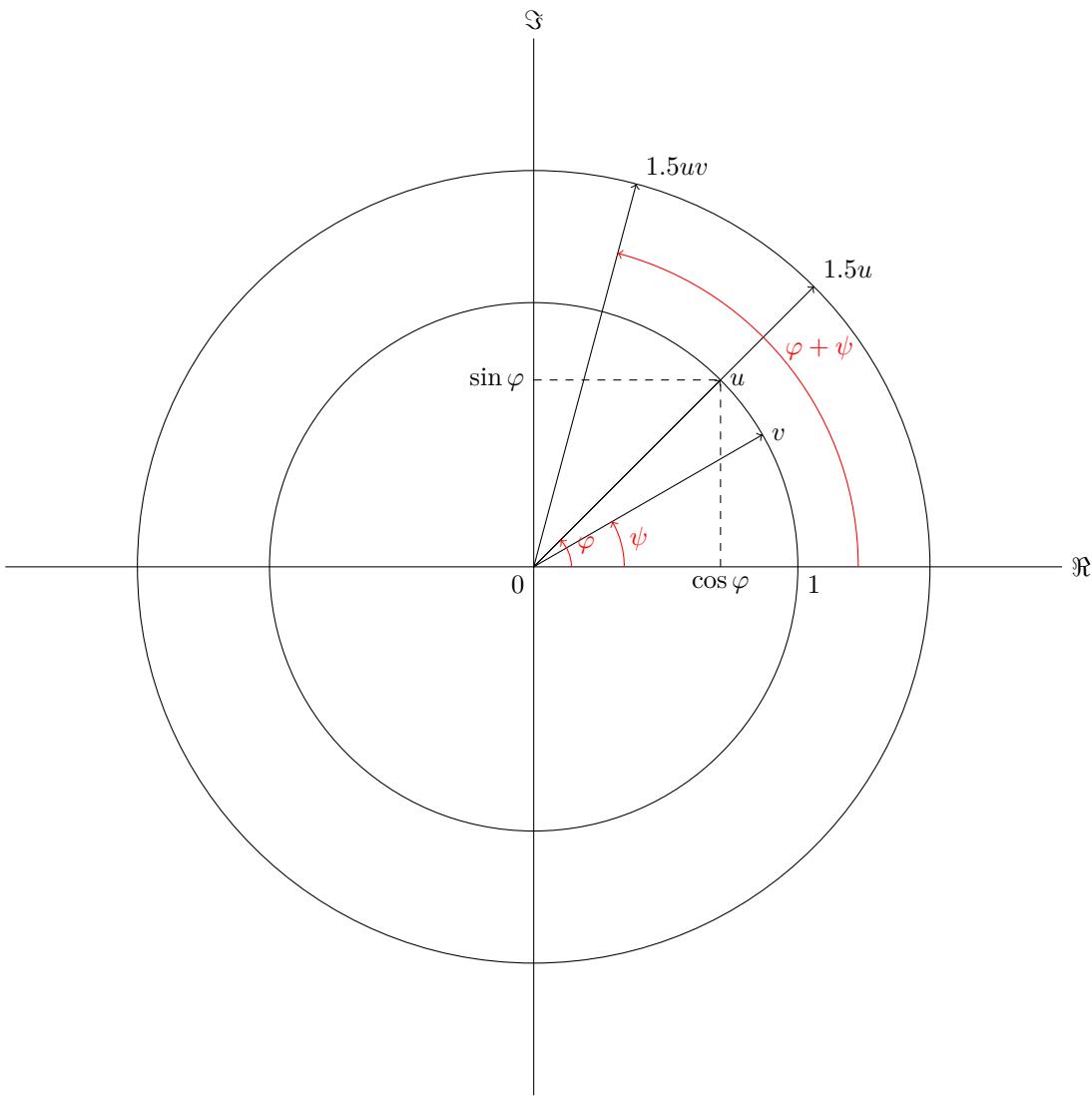
$$\begin{aligned} \left| \frac{z}{|z|} \right|^2 &= \left| \frac{a+bi}{\sqrt{a^2+b^2}} \right|^2 = \left| \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} + i \cdot \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} \right|^2 = \\ &= \frac{a^2}{a^2+b^2} + \frac{b^2}{a^2+b^2} = \frac{a^2+b^2}{a^2+b^2} = \frac{|z|^2}{|z|^2} = 1. \end{aligned}$$

Таму можам запісаць кожны ненулявы комплексны лік у выглядзе ru , дзе r – яго модуль, а u – комплексны лік з модулем роўным адзінцы. Гэта так званая **палярная форма комплекснага ліку**: r задае даўжыню адпаведнага вектара, а u – яго кут адносна восьсю абцыс.

Цяпер мы гатовыя знайсьці геамэтрычны сэнс множаньня на лік модуля адзін. Няхай нам дадзены комплексны лік у палярнай форме $z = ru$ і комплексны лік модуля адзін v . З разважаньняў вышэй вынікае, што $u = \cos \varphi + i \sin \varphi$, а $v = \cos \psi + i \sin \psi$, дзе φ і ψ – куты паміж адпаведнымі вектарамі і восьсю абцыс. Памятаючы элемэнтарныя трыганамэтрычныя формулы, лічым

$$\begin{aligned} ruv &= r(\cos \varphi + i \sin \varphi)(\cos \psi + i \sin \psi) = \\ &= r(\cos \varphi \cos \psi - \sin \varphi \sin \psi + \\ &\quad i(\cos \varphi \sin \psi + \sin \varphi \cos \psi)) = \\ &= r(\cos(\varphi + \psi) + i \sin(\varphi + \psi)). \end{aligned}$$

Гэтак, множаньне на лік модуля адзін паварочвае вектар на адпаведны кут. Сумяшчаючы два разгледжаныя выпадкі, ведзем, што робіць множаньне на любы комплексны лік – паварочвае на адпаведны кут і расыцягвае адпаведна модулю.



Пры нагодзе не магу праісьці міма сувязі трыганаамэтрычных функцыяў і экспанэнты. Чытач, знаёмы з дыфэрэнцыйным зьлічэннем (а знаёмства зь ім уваходзіць у школьную праграму), памятае, што

$$\begin{aligned}\sin' x &= \cos x, \\ \cos' x &= -\sin x, \\ (e^{ax})' &= ae^{ax}.\end{aligned}$$

Дапусьцім, нейкім спосабам мы вызначылі функцыю e^{ix} для рэчаісных x , тады

$$(e^{-ix})' = -ie^{-ix},$$

што разам з прыведзенымі роўнасцямі дае нам $(e^{-ix}(\cos x + i \sin x))' = 0$, то бок функцыя ў дужках – канстанта. Яе значынне ў нулі нам вядомае – гэта адзін. У выніку мы атрымліваем знакамітую формулу Ойлера (Leonhard Euler)

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x,$$

што ня толькі дае нам кароткі спосаб запісу камлексных лікаў модуля адзін, але

і даваляе выводзіць трыганаамэтрычныя формулы з формул для экспанэнты.

Падсумуем: мы знайшлі лікавую систэму, у якой кожны пункт плоскасці адпавядае дакладна аднаму ліку, і знайшлі геамэтрычную інтэрпрэтацыю альгебраічных дзеянняў у гэтай лікавай систэме.

КРЫХУ ГЕАМЭТРЫИ

Аказваецца, любое геамэтрычнае пытаньне, датычнае плоскасці, можна сформуляваць на мове камлексных лікаў. Але што значыць „геамэтрычнае пытаньне“? Над гэтым шмат думаў Фэлікс Кляйн (Felix Klein). Заўважце, што гэта пытаньне другога парадку: матэматыкі вельмі любяць пераходзіць ад канкрэтных пытаньняў да пытаньняў пра пытаньні. І матэматык прыйшоў да высновы, што сутнасць геамэтрыі – у тым, якія пераўтварэнні мы лічым

сымэтрыямі. То бок якія пераўтварэнныі пераводзяць разгляданыя намі аб'екты ў роўныя ім.

Для Эўклідавай (*Ευκλείδης*) геамэтрыі на пласкасці сымэтрыі – гэта пераўтварэнныі, якія захоўваюць адлегласці паміж пунктамі. Як у нашым апісаныні вызначыць тыя адлегласці? Вельмі проста: узяць модуль рознасці адпаведных радыюс-вэктараў. Такім чынам, няхай мы маем два пункты $z = a + bi$ і $w = c + di$, адлегласць паміж імі выглядае гэтак (абазначым яе $d(z, w)$):

$$\begin{aligned} d(z, w) &= |z - w| = \\ &= |a + bi - c - di| = \\ &= \sqrt{(a - c)^2 + (b - d)^2}, \end{aligned}$$

ізноў знаёмая нам тэарэма Пітагора.

Мы навучыліся выражаць з дапамогай аперацыяў над камплекснымі лікамі трывалы пераўтварэння, што захоўваюць адлегласць: **зрух** (дадаванье камплекснага ліку), **аварот** (множанье на лік модуля адзін) і **адбіцыцё адносна восі $O\bar{X}$** (камплекснае спалучэнне). Аказваецца, іншых пераўтварэнняў, якія захоўваюць адлегласці (то бок модулі рознасцяў лікаў), няма. Гэта нескладана давесці, але мы ня будзем. Няма ў тым сэнсе, што любое пераўтварэнне атрымліваецца як камбінацыя пералічаных.

Як напісана вышэй, уласцівасці, што маюць геамэтрычны сэнс, захоўваюцца та-кімі пераўтварэннямі. На іх можна глядзець як на змену систэмы адліку, якую мы выкарыстоўваем. Гэтак, дадаючы да радыюс-вектара кожнага пункту той самы вектар, мы праста пераносім пачатак адліку ў іншы пункт. Паварочваючы кожны радыюс-вектар на пэўны кут, мы на-самрэч паварочваем систэму адліку ў спрацьлеглы бок. І гэтак далей. Геамэтрычнасць уласцівасці азначае, што яна захоўваецца адносна гэтай змены систэмы каардынат. Запомнім тое слова – „адносна“. Яно нам яшчэ спатрэбіцца.

Прыведу прыклад: трыкутнік застаецца трыкутнікам пры нашых пераўтварэннях. Значыць „быць трыкутнікам“ – геамэтрычнае ўласцівасць, якую мы ў нашай геамэтрыі даследуем. Даўжыні бакоў захоўваюцца. Куты паміж бакамі трыкутніка таксама захоўваюцца, то бок і яны маюць геамэтрычны сэнс. А вось кут паміж зададзеным бокам трыкутніка і восьцю абцыс пры павароце систэмы каардынат зменіцца. Значыць, ён не належыць да тых велічыняў, якімі мы цікавімся і лічым геамэт-

рычнымі. Геамэтрычныя таксама: напрыклад, площа і пэрыметар фігуры. Можна сказаць прасьцей: уласцівасці трыкутніка не залежаць ад таго, у якім месцы на дошцы мы яго нарысуем і як павернем.

Натуральна, тое, што нас цікавіць у той ці іншай сітуацыі, залежыць ад сітуацыі. Напрыклад, мы маглі б дадаць да нашых пераўтварэнняў гаматэтыю, тады падобныя трыкутнікі сталіся б для нас аднолькавымі.

У нашым апісаныні геамэтрыі прысутнічае вызначаны пункт – пачатак каардынат, і вызначаныя кірункі – восі. Мы можам перайсьці да іншага – эквівалентнага – апісаныня, выкарыстаўшы пераўтварэнныі, што захоўваюць адлегласць (гэта звяздзецца да пераносу пачатку адліку і павароту восей, магчыма, з адбіццём). Нашая геамэтрыя не залежыць ад выбару сістэмы каардынат. Гэтак, маем пэўныя прынцып адноснасці, які больш удала быў лоб назваць **прынцыпам інварыянтасці**: геамэтрычныя ўласцівасці не залежаць ад таго, адносна якой сістэмы каардынат мы іх разглядаем (то бок яны інварыянтныя).

Узброеная новым інструментам, пасправляем апісаць прастую геамэтрычную аб'екты і нават даказаць якую-небудзь тэарэму. Першае лягічнае пытанье: як апісаць прастую? Простую мы можам задаць досыць лёгка: узяць любы пункт на ёй, назавем яго z_0 (нагадаю: для нас пункты пласкасці і камплексныя лікі – гэта ўсё адліку), і паралельны ёй вектар, назавем яго u (нагадаю, вектары для нас – гэта таксама камплексныя лікі). Тады любы пункт на прастай будзе мець выгляд $z_0 + ru$, дзе r – рэчаісны лік. Ці можам мы запісаць гэта ў выглядзе раўнання? Давайце пасправляем. Няхай будзе $z = z_0 + ru$, гэта азначае, што $ru = z - z_0$, то бок $r = \frac{z - z_0}{u}$. Усё амаль добра, але ж мы пакуль ня ўмеем дзяліць на камплексны лік! Давайце навучымся. Што азначае падзяліць на лік z ? Гэта значыць памножыць на лік z^{-1} такі, што $zz^{-1} = 1$. Ці можам мы знайсці такі лік? Лёгка:

$$z \cdot \frac{\bar{z}}{z\bar{z}} = 1,$$

то бок $z^{-1} = \frac{\bar{z}}{z\bar{z}}$. Уся магія ў тым, што $z\bar{z}$ – рэчаісны лік, а на рэчаісныя лікі дзяліць мы ўмеем (натуральна, мы разглядаем выпадак $z \neq 0$).

Вяртаемся да нашых пошукаў раўнання прастай. Пункт z ляжыць на нашай прастай, калі $\frac{z - z_0}{u}$ – рэчаісны лік. Кожны пункт прастай знаходзіцца такім чынам. Але што

значыць, што нейкі камплексны лік насамрэч рэчаісны? Возьмем лік $a + ib$, ён рэчаісны, калі $b = 0$, а гэта тое самае, што скказаць, што лік роўны свайму спалучанаму ліку. Лёгка паказаць, што спалучэнне сумы, рознасьці, дзелі і здабытку – сума, рознасьць, дзель і здабытак спалучэння (чытатак дакажа гэта сам, правёўшы адпаведныя простыя вылічэнні). Гэтак, маем умову

$$\frac{z - z_0}{u} = \frac{\bar{z} - \bar{z}_0}{\bar{u}}.$$

Памножыўшы і перанёсшы ўсё на адзін бок, атрымліваем

$$\bar{u}z - u\bar{z} + u\bar{z}_0 - \bar{u}z_0 = 0,$$

пазначыўшы $B = \bar{u}$, $C = u\bar{z}_0 - \bar{u}z_0$, атрымліваем раўнаньне простай у выглядзе

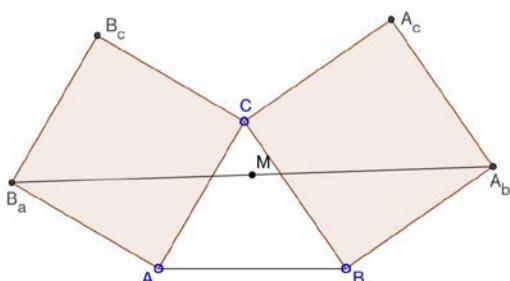
$$Bz - \bar{B}\bar{z} + C = 0,$$

дзе B – любы ненулявы камплексны лік, а C – чиста ўяўны лік (чаму так, чытатак праверыць).

Аналягічным чынам можна вывесці раўнаньне акружыны (чытатак пасправе зрабіць гэта самастойна), якое мае выгляд

$$Az\bar{z} + Bz - \bar{B}\bar{z} + C = 0,$$

дзе B – любы камплексны лік, а A і C – чиста ўяўныя. Нарэшце, раю чытачу нарысуваць нашыя разважаньні пра простую і свае разважаньні пра акружыну. Важны складнік матэматыкі – бачыць геамэтрыю за формуламі. На заканчэнні гэтай часткі дакажам тэарэму Ботэмі (*Oene Bottema*).



Тэарэма Ботэмі

Тэарэма съцвярджае наступнае: нхай нам дадзеныя два пункты A і B , калі мы выберам любы пункт C з аднаго з бакоў ад простай AB і пабудуем зонку ад трывутніка ABC квадраты на баках AC і BC , то сярэдзіна адцінку, які злучае вяршыні квадратаў, супрацьлеглыя пункту C , не залежыць ад таго, дзе пункт C выбраны (гэтую тэарэму можна сформуляваць больш

агульна, у кожным разе малюнак паказвае, што мы хочам давесці лепей за слоўнае апісаньне). Дзеля доказу тэарэмы заўважым, што аварот на 90° супраць гадзіннікавай стрэлкі – гэта множаньне на i , а супрацьлеглы аварот – множаньне на $-i$. Тады ў абазначэннях з рыsunку маем:

$$B_a = A + (C - A)i,$$

$$B_c = B + (C - B)(-i).$$

Пункт M энаходзім зусім проста:

$$M = \frac{B_a + A_b}{2} = \frac{B + A}{2} + i\frac{B - A}{2}.$$

Як і съцвярджае тэарэма, пункт M не залежыць ад пункту C (ципер чытат можа пасправацаць сформуляваць тэарэму ў зылёгку агульнейшым выглядзе, пазбавіўшыся патрабавання да пункту C і адпаведна вызначыўшы спосаб пабудовы квадратаў).

ЛІТАРАТУРА І ШТО ДАЛЕЙ

Мы кранулася тэмы камплексных лікаў і ихнага выкарыстаньня ў геамэтрыі. Пра яе існуе шмат кніг.

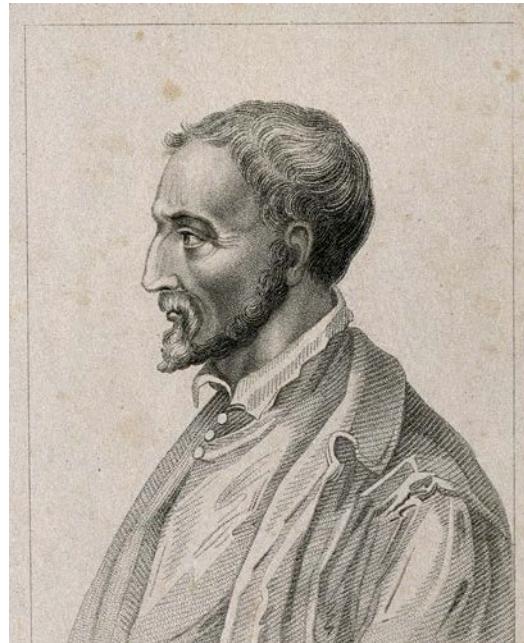
З самімі камплекснымі лікамі можна пазнаёміцца ў любых уводзінах у камплексны аналіз (добры выбор – кніга **Б. Шабата „Введение в комплексный анализ“**, калі чытач зробіць практиваныні да першага разъездзу, то даведаецца пра адну з наступных лікавых систэм, зь якімі мы будзем знаёміцца). Пытаныні геамэтрыі асьветленыя, напрыклад, у кнізе **I. Яглома „Комплексные числа и их применение в геометрии“**. Наагул, магу з чистым сумленнем рэкамэндаваць любую кнігу Яглома – усе яны напісаныя зь любою і майстэрствам.

Клясычная кніга пра старажытную матэматыку, што захоўвае сваю актуальнасьць, – **B.L. van der Waerden „Ontwakende wetenschap“**, перакладзеная на розныя мовы (я карыстаўся байгарскім тэкстам **Ван дер Варден „Пробуждаща се наука“**, які ў сваю чаргу перакладзены з расейскай, расейскі ж пераклад бярэ пад увагу тое, што было ў перакладах ангельскім і нямецкім, гісторыя выданьня ў і перакладаў гэтай кнігі пра гісторыю са- ма вартая асобнага вывучэння). Вартыя ўвагі і працы Ота Нойгебаўера (*Otto Eduard Neugebauer*). З таго часу зьявілася нямала новай гістарычнай літаратуры, аднак, на жаль, я належу да той групы аўтараў, якія гісторыі ня ведаюць, таму ўстрymаюся ад далейшых парадаў.

Прыведзены мной прыклад раўнаньня трэцяй ступені – адзін з стандартных і сустракаецца шмат дзе.

Доказ тэарэмы Бонэты я запазычый з старонкі <https://www.cut-the-knot.org/Curriculum /Geometry /Bottema.shtml> (тамсама ёсьць рысунак, на якім пункт C можна рухаць і назіраць у дынаміцы, як працуе тэарэма). Доказ жа стандартны.

У наступных частках, калі яны зьявяцца, мы прыгледзімся да іншых лікаўых систэм, падобных да камплексных лікаў. Нечакана акажацца, што апісваюць яны ня звыклую нам геамэтрыю, а геамэтрыю часапрасторы і маюць беспасярэднє дачыненне да кінэматыкі (ужо цяпер чытач можа падумаш, колькі розных лікаўых систэм можна атрымаць, выбіраючы розныя значэнні i^2 і якія ўласцівасці гэтых систэм будуть мець). І апошнє: хто на фота ніжэй? Адказ – у наступным артыкуле аўтара.



РЭЦЭПТ НА СЪНЯДАНАК

ЯСЬ БАРАДЗЕНЬ



Ідэя і аўтарства ілюстрацыі
Каця Першына

Адводзім вочы ад прыставак, кансоляў, кампутара – і раптам нам ужо падабра-лі рэкламу й мы апынуліся ў сьвеце кан-тэнту бязь межаў. Заслугоўвае ён на-шай увагі ці паўтараеца з дня ў дзень?

Восеньскі дзень ці вечар, глядзім фільм. А на наступны дзень атрымваем падбор з падобных стужак у сэрвісах Google, Netflix ці [устаўце-свой-назоў], можа, нават водгукі ў тым сама стылі. Абмяркуваем зь сябрам ці сваяком новую пакупку ці проблему? Рэкамэндацыя ўжо неўзабаве. Мае яна сэнс ці нам паказваюць холадню іншае фірмы, хаця нам толькі што прывезлы замоўленую? Падбор актуалізаваўся ці шторазу аднолькавы? Нам прапануюць той сама сок ці газаваны напой? Але ж рэклама мае палепшаць, яна мусіла б паказаць нам тое, што мы хацелі б зьесьці, а ня тое, што мы зъелі ці не, і яе заданьне – зафіксаваць зроблены выбар, каб умацаваць сувязь у далейшым?

Смартфон, кампутар, сучасныя альгарытмы... Учора мы намагаліся нешта знайсьці, а сёньня нам ужо кажуць, што нам трэба (на іхны погляд). Ня важна, спадабаеца ці не: зайдзітра прапануюць тое, што спадабалася, а пасъля зайдзітра – нешта, у чым мы напраўду зацікаўленыя.

Ёсьць цёмны й съветлы бакі: некалі гэтак пазбавіліся мануфактуры – можа, час пазбавіцца руціны. Можа, будзем прыматы ўсё, што нам даюць. А можа, гэта крок на патэнцыйна новы ровень: будзем сядзець удома, генэраваць ідэі, а працэс тварэння застанецца на баку машыны. Чаму б і не? Давайце разъбірацца, сябар ці вораг, памочнік ці небясьпечная існасьць гэты штучны інтэлект (ШІ).

ЯК МЫ ТУТ АПЫНУЛІСЯ?

- Што там было ў пачатку?
- У самым?
- Не-не, мы пра ШІ тут гаворым.
- Ах так...

Кампутар на стале, даступны для агульнага карыстаньня, інтэрнэт прыходзіць як другая ступень камунікацыяў, а ўва ўніверсытэцкіх лябараторыях паралельна дасьледуюцца й ствараюцца інтэлектуальныя працэсы. Пачыналася з наступных заданьняў: што і як зрабіць, як пэўныя працэсы аптымізаваць, пераўтварыць, пабудаваць штучны розум. Ідэя існавала даўно, стагодзьдзямі, яшчэ альхімікі спрабавалі ўзнавіць чалавекападобную істоту. Магчыма, з часу, як зъявілася рэлігія, чалавек

час ад часу кідаў ёй выклікі (тэма для асобнага дасьледаваньня). Нават цяпер фокус зрушваецца ў кірунку біялёгіі ды ўзнáуленьня / паляпшэнья чалавека з дапамogaю біяінжынэрый. А мы вернемся да кампутараў. Калі ён зъявіўся, паралельна пачалі вывучацца мазгі, нэуронныя працэсы, як усё звязанае і працякаюць працэсы. Зарадзілася надзея. Гэтак і запачатковаліся альгарытмы, што далей сформавалі кірунок „нэуронныя сеткі“.

Далей дасьледавалі ды адладжвалі. Міне колькі дзесяцігодзідзяў, спады й рост папулярнасці кірунку. У выніку колькі разнастайных тыпau мадэляў скіраваныя на наступныя заданьні: клясыфікацыя, аналіз, прагноз, клястэрзызацыя звестак. Збоку працэс можа выглядаць даволі гладкім, аднак, як часта бывае ў дасьледаваньнях, гэта толькі адчуваючы: калі заглыбіцца ў кожны кампанэнт паасобку, мы ня зъмесцімся ў межы артыкулу, каб асьвятліць усе падрабязнасці, таму пакіну спасылку на матэрыял для самастойнага вывучэнья.

Вось мы й наблізіліся да спаборніцтваў ШІ у шахматах і Со, перакладу тэкстаў, аналізу паказынікай кампаніяў, прагнозаў выдаткаў і прыбыткаў, пошуку заканамернасцяў, навучанья чалавека – жывёлападобным паводзінам робатаў (хадзіць, бегаць, скакаць), стварэння тэкстаў – як пісменнік, выяваў – як мастак, відэа – як рэжысэр. (Нешта ўдалося, нешта – не.) А калі ў лябараторыі час выдаткованы і патэнцыял адчуваўны, то наступным крокам мае быць манетызацыя. Укараненыне й рэклама тэхналёгіі, асьвятленыне, дасьледаваныні, наданыне сэрвэраў і платформаў для дасьледаваньняў, наладаў і кампанэнтаў для правяраныня дасьледчых тэорыяў і эксперыменту, продаж згенэраваных выяваў і тэкстаў, інструменту, платформаў і праграмаў з убудаванымі магчымасцямі ШІ. Калі задумашца пра абсталіваныне, з гэтым усё складана ў хатніх умовах: патрабныя воблачныя ховішчы, а з сэрвісамі генэрациі тэкстаў і выяваў дасьледнік-пачатковец можа паслаборнічаць, ужываючы адкрытыя выходны код. Дасьледнікі і буйныя кампаніі дзеляцца часткаю напрацаванага – магчымі, з мэтаю рэкламы, але прэтэнзіяй на распаўсюджвалыні кантэнт не выстаўляюць, накладваюць абмежаваныні адно на ліцэнзійныя пагадненіні, што распаўсюджваюцца з гэтым кодам. Бяры, разъбрайся, рабі, але нават гэтак бывае складана ўдома дайсьці да роўню гігантаў, што беспасярэдне ўкладваюцца ў дасьледаваньне, каб атрымаць прыбытак дзень пры дні. Варта адзначыць, што дасьледніцкія працы, звязаныя з распрацаванынімі ці новымі ідэямі ў будаваныні мадэлі зайдзеныя на archive.org, дзе пры наядыні ведаў у галіне можна азнаёміцца і ўзнавіць развязаныне самастойна.

Пачаўшы дасьледаваньне, тэхнічныя кампаніі, зацікаўленыя ў гэтай тэхналёгіі, стварылі новыя прадукты, тыя набралі абароты – і зъян-

віліся лідэры, кірунак зафіксаваўся, зрабіўся папулярны ды аказаўся ў трэндзе. Натуральна зьяўляюцца размовы, абмеркаваньні, якое мае быць *зайтра*, а з увагі на тое, што патэнцыял тэхналёгіі вялікі, ульнікае пытаньне патэнцыйнае небяспекі: можна падняць тэму рэгуляваньня галіны, але не адразу. Спачатку – шум вакол вялікае пагрозы, а далей ужо трэба задумацца пра будучыню, абмеркаваць ці падумаць, як атрымаць болей кантроль ў галіне. Чаму не існуе этыкі фізыкі ці этыкі хіміі зь яе наступствамі? Этыка ШІ – пра што мы наагул? Вызначэнне й разъмежаваньне тэхналёгіі, якія можна ўжываць, а якія не, дзеля звужэння кола выкарыстаньня ў абмеркаваньня дасьледаваньня ў цэлых тэхналягічных кірунках. Ці каб новыя напрацоўваньні або дасьледаваньні абавязкова праходзілі праз этычны кантроль. На гэты момант няясна, як гэта абароніць ад злога генія, але калі для выпуску прадукцыі, выкарыстаньня сэрвісаў у воблаку або калі пры ўваходзе на рынак, дзе працуе камісія этыкету, трэба будзе атрымаць сэрыфікацыю, то гэтае пытаньне цікавае. Для атрыманьня сэрыфікату могуць спытаць дасьледніцкі артыкул, на якім палягае прадукт, ці апісаныне працэсу. Напрыклад, нешта такое цяпер ёсьць у *Apple Store*: адпраўляючы праграму ў адпаведную краму, распрацоўнік ці кампанія мае ўказаць інфармацыю пра выкарыстаныя альгарытмы шыфраваньня або, калі альгарытмы новыя, патрэбная дакументацыя, як ён працуе...

Калі рэгуляваньне ідзе ў гэтым кірунку, ідэалісты, вядома, могуць спаць спакойна й працягваць быць рэкламаю чарговага кантрольнага органу. Мы ня будзем заглыбляцца ў гэтую тэму. Гэта адно момант, які хацелася б адзначыць, бо тэма актуальная кожнаму.

КУДЫ ІДЁМ?

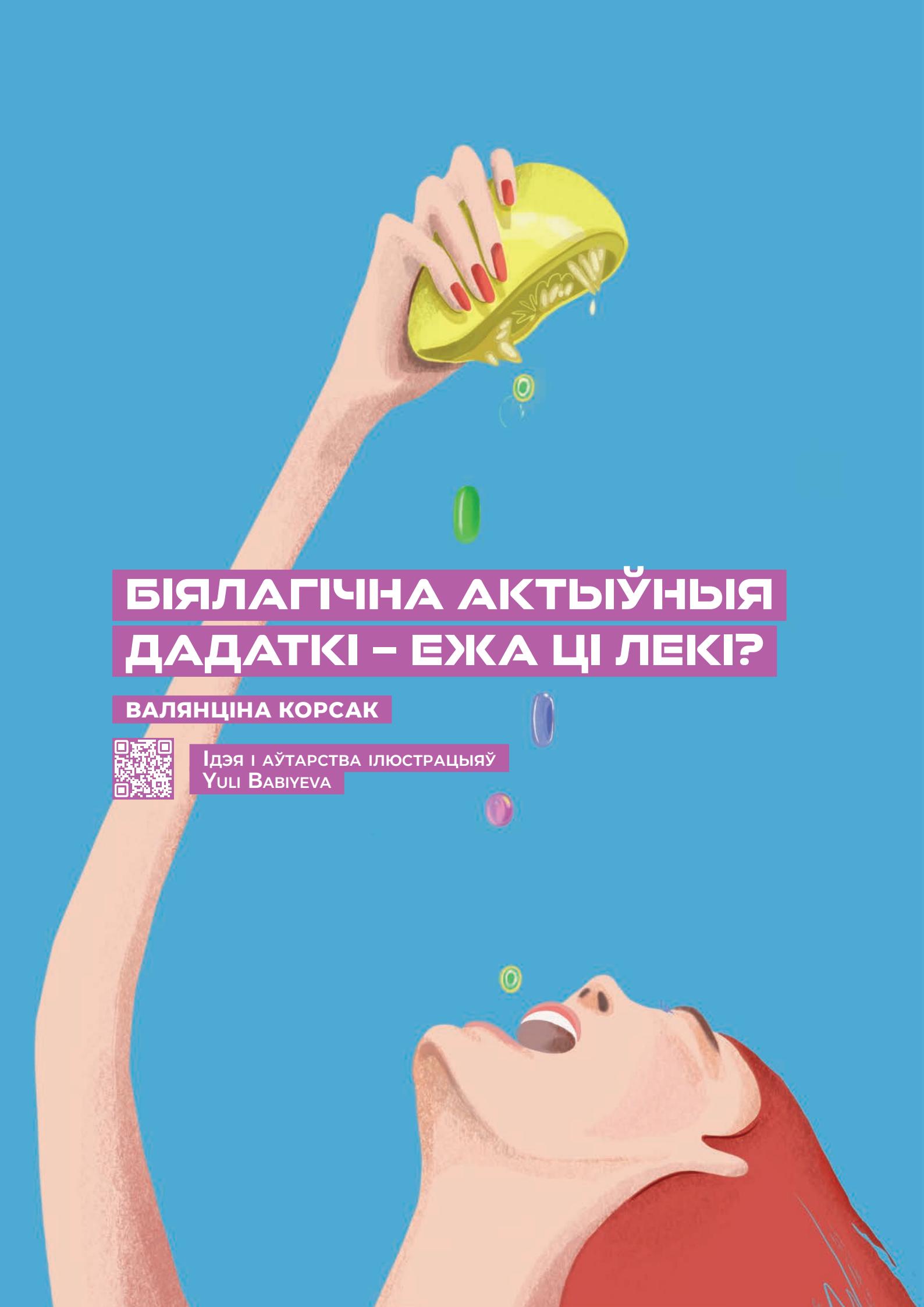
Вось мы на моманце *што далей*. Хто адкажа? Лепей спытаць фантаста ці дзіця: трэба незатуманені творчы разум. *Зайтра* ж не канкрэтнае – можа, мэтэарыт, новая эпідэмія ці трэцяя пра-мысловая, але давайце застанемся ў межах ШІ і паразважаем. Чалавек ня хоча губляць уплыву. Я б зыходзіў з таго, што моцны ШІ, як у „Аўтаспынам па Галяктыцы”, ня будзе збудаваны *зайтра*. Каму наагул гэта трэба? Мы за 2–3 тысячы гадоў нямоцна зъмніліся, акром паліпшэння інструменту і ўмоваў працы, зрушэння мэтаў ці яркіх карцінак. Яўна гэта ня момант зруху, можа, ён яшчэ наперадзе. У першую чаргу гэта датычыць гігантаў і тых, хто падымае галіну, зарабляючы і ўдасканальваючы тэхналягічны патэнцыял. У той жа момант, калі знайсці асобнага чалавека, зацікаўленага ў гэтай тэмэ, будзе сярод іх і той, хто на 100 % зацікаўлены ў ідэі будаваць адзіны цэнтар прыняцця пастановаў. А вось гіганты больш зацікаўленыя ў аптымізацыі працэсу,

расшираныя зоны ўплыву з дапамогаю апошніх тэхналёгіяў і дасканаленіне працэсу. Як? Укараненыне ў вытворчасць, аўтаматызацыя з інтэлектам, скарачэнне выдаткаў працы, магчымасць павялічыць прыбытак. Думаю, гэты кірунак будзе прыярытэтны. А што застаецца на энтузіясце й дасьледніку, які задумаў стварыць інтэлект? Тут можна чакаць усяго. Як падобны зь біткойнам выпадак, калі мы ўбачылі нечаканае выкарыстаньне тэхналёгіі ШІ як сябра-дарадцы, здольнага падказаць выйсьце зь цяжкае ситуацыі. Можа нават, гэтamu энтузіясту ўдасца пераканаць колькі асобаў аддаць горад пад кіраваньне ШІ дзеля эксперыменту, а можа, эксперымент пройдзе – і гэтак дзяржава спрацуе, праўда, з кнопкай увамкнүць / вымкнүць, ясна, і пачверджаныні ўсіх пастановаў кампэктэнтаю камісіяй. Калі ўлічыць тэхналёгіі і разьвіцьцё інжынэрнае вытворчасці, то ўспlyваюць і інтэграцыі з нанатэхналёгіямі, а далей можна рухацца куды вецер падзыме. Што наконт адзеньня? Неадымная частка чалавечага жыцця, як без яе, там ужо ў інтэграцыі і дапасаваньні памеру, зьмене колеру пад настрой, абнаўленыне прынта й фактуры, трансфармацыя дызайну ці магчымасць дапасавацца да вонкавых умоваў. Як скафандр для касманаўта, гэтак і зьменлівае пад чалавека адзеньне, з разнастайным дыяпазонам наладаў. А можа, ужо на гарызонце будзе іншага роду трансфармацыя, іншыя выклікі й частка з вышэй пералічнага перастане быць актуальнаю, а галоўны фокус адыдзе ў функцыйную робускафандар.

Вядома, космас, акіян і цяпер галіны дасьледаваньня цалкам адкрытыя для такіх інтэлектуальных памочнікаў з магчымасцю самастойна прымаць пастановы і адкрыць новае ў не даступных чалавеку ўмовах.

ШТО Ў ВЫНІКУ?

Маём трэнд на тэхнакратыю. Ці здолее яна зрабіцца новым вітком у грамадзкім аб'яднаныні / разъяднаныні, пабачым: разам з тэхнакратамі ШІ ідзе па пятах. Куды прывядзе нас гэтая дарога? Кірункі без адзінага фокусу, пакуль нямала чаго ідзе хвалямі гайпу: што застанецца ад іх? Цяпер зьмена не назіраецца, толькі маркетынгавыя хітрыкі для стварэння відочнасці, але карэнным чынам усё гэтак сама, толькі зауважаеш больш тонкія падборы кантэнту. Што рабіць? Ісьці туды, куды, як падаецца, варта ісьці, а час пакажа.



БІЯЛАГІЧНА АКТЫЎНЬЯ ДАДАТКІ – ЕЖА ЦІ ЛЕКІ?

ВАЛЯНЦІНА КОРСАК



Ідэя і аўтарства ілюстрацыяў
Yuli Babiyeva

Біялагічна актыўная дадаткі (БАДы) – прыродныя, ідэнтычныя прыродным харчовыя і (ці) біялагічна актыўная рэчывы, таксама прабіятычныя мік-раарганізмы, прызначаныя для беспасярэдняга ўжывання чалавекам альбо ў складзе харчоў для абагачэння харчавання, але не ёсць адзінаю кропніцаю харчавання.

Чаму ёсць патрэба напісаць пра БАДы?

Для мяне гэта досыць балючая ці, можна сказаць, заезджаная тэма. Яшчэ падчас працы ў аптэчнай гандлёвой сетцы шмат пытанняў пра БАДы задавалі, вядома, наведнікі. Цяпер тыя ж пытанні задаюць родныя, сябры, знаёмыя, знаёмыя знаёмых.

Які калаген самы калагеністы (читай: найлепшы)?

Хларэла ці спіруліна?

Суперновы сродак псліум рэальна дапамагае?

Які комплекс вітамінаў/мінералаў/амега найцудоўнейшы і ад усяго?

І гэтак далей, а яшчэ пра фірмы і цэны. Шмат што можна тлумачыць і пра што спрачацца, дыскутуваць на тэму БАДаў. Давайце пакрысе разбірацца.

ПАЧАТАК БАДаў

Лічыцца, што больш-менш сучасны праобраз БАДаў з'явіўся 100 гадоў таму. Стварыў гэты прадукт амерыканскі хімік Карл Рэнборг (Carl Rehnborg), які даўно цікавіўся праблемамі здаровага харчавання, часам вельмі экспэнтрычна. Складаўся прадукт з раслінных кампанентаў – вадзянога перца, люцэрны і пятрашкі. Праз некалькі гадоў працы продаж прэпарату ўжо прыносіў стваральніку даволі значны даход.

Папулярнасць БАДаў у свеце пачала ўзрастаць у 1970-х. З'явілася больш вытворцаў, найменняў, гэтая галіна рабілася прыбытковаю.

Трэба адзначыць фігуру Лайнуса Полінга (Linus Pauling), двухразовага нобэлеўскага лаўрэата. Ён не проста даследаваў карысныя ўласцівасці аскарбінавае кіслі¹ (вітаміну C), але шырока прапагандаваў і папулярызаваў у сродках інфармацыі яе штодзённае ўжыванне ў вялікіх дозах. Цяпер гэтыя сенсацыйныя выступы і заявы Полінга аспрэчваюцца.

¹Кісля, кісліна = кіслата, квас.

Хутчэй за ўсё, вы памятаеце славуты Herbalife. Па-першае, як прыклад сетка-вага маркетынгу. Па-другое, як харчовую праграму для карэкцыі вагі. Комплекс БАДаў ад гэтай карпарацыі складаўся з некалькіх рэчываў, рэкамендаваўся нават не як харчовы дадатак, а як асноўнае харчаванне. Але ж ужо ў 2000-я, пасля смерці заснавальніка Марка Г'юза (Mark Hughes) шмат якія краіны забаранілі прэпарат. Пры даследаванні складу некаторых прадуктаў Herbalife'у знайшлі эфедру ды іншыя актыўныя раслінныя кампаненты, якія пры неасцярожным ужыванні выклікаюць непажаданыя рэакцыі ў арганізме.

У гэтым і ёсць асноўнае адрозненне БАДаў ад уласна лекаў: адсутнасць падбязной інфармацыі пра склад прадукту. І адсюль жа – адсутнасць контролю эфектуўнасці і бяспекі.

БАДы СЁННЯ: КЛАСІФІКАЦЫЯ

Паводле складу БАДы можна падзяліць на наступныя вялікія групы: нутрыцэўтыкі, парафармацэўтыкі, эубіётыкі.

Але больш зразумела і падбязна БАД можна падзяліць наступным чынам.

1. Вітамінна-мінеральныя комплексы, вітамінападобныя рэчывы, каферменты. Вялікая колькасць варыянтаў з рознымі складамі і тлумачэннямі эфектуўнасці менавіта гэтага комплексу. Трэба адзначыць, што некаторыя вытворцы наўмысна рэгіструюць свой прадукт як БАД, бо рэгістрацыя, сертыфікацыя і магчымасць продажу значна прасцейшая. Склад комплексаў разнастайны, і дазванне (калі верыць напісанаму на пакунку) часам такое ж, як у падобных, зарэгістраваных у якасці лекаў.

2. Амега ненасычаныя тлустыя кіслі, фосфаліпіды. Тлустыя кіслі рознай ступені ненасычанасці, у тым ліку і проста рыбін тлушч, але ў капсулах і ў бутэлечках. Мяне здзвіла інфармацыя ад нашага клінічнага фармаколага пра эсэнцыйныя фосфаліпіды, якія ў некаторых краінах зарэгістраваныя як БАДы. Логіка тут зразумелая з прынцыпаў доказнай медыцыны.

3. Раслінныя БАДы і прадукты пчалярства. Вялікая разнастайная група: змяшчае раслінныя зборы ў фільтр-пакетах для прыгатавання напою і формы ў выглядзе таблетак, капсулаў, парашкоў, экстрактаў, настоек з расліннай сырэвіны. Некаторыя зборы і таблеткі, вадкія фор-

мы з падобным складам у іншых вытворцаў зарэгістраваныя як лекі. З прадуктаў пчалаводства найчасцей можна сустрэць у якасці актыўных кампанентаў пчаліны яд, пчалінае малачко, праполіс, кветкавы пылок. Прадаюцца яны і ў выглядзе таблетак, нават ледзянцоў. Але ёсьць формы і для вонкавага выкарыстання – мазі, пра гэта будзе далей.

4. Спартовае харчаванне. Разнастайныя прадукты, прызначаныя для аднаўлення арганізму, стымулявання правільнага набору вагі (мускульной масы) падчас трэнаванняў. Найчасцей гэта высокабялковыя прадукты (больш вядомыя як пратэіны), спецыяльныя комплексы вітамінаў і тлустых кісялю, тэрмагенікі (прадукты для спальвання тлушчу), калагенавыя прадукты. Выглядаюць прывабна: парашкі для прыгатавання кактэйляў, батончики на хуткі перакус, капсулы і таблеткі.

5. Амінакіслі. Звычайна ў выглядзе таблетак і капсулаў з адною ці некалькімі амінакісямі. Таксама ёсьць розныя прадукты, зарэгістраваныя як лекавыя сродкі.

6. Пра- і прэбіётыкі. Утрымліваюць карысныя мікраарганізмы ў сухім ці вадкім выглядзе. Таксама рэчывы, неабходныя для росту мікрафлоры. Найчасцей у выглядзе парашку для прыгатавання напою альбо заквасак для хатняга ёгурту. Ёсьць і капсулы, у тым ліку лекавыя сродкі.

7. Іншыя БАДы. У гэтую группу найчасцей залучаюць прадукты БАДаў, якія ўтрымліваюць ферменты, харчовыя валокны. Таксама вонкавыя формы (мазі, кремы, націркі ды іншыя), зарэгістраваныя ў якасці касметыкі з актыўнымі кампанентамі (раслінныя экстракти, пчаліны яд, камфара, ментол і падобныя).



Прапанаваная класіфікацыя таксама недасканалая, бо рынак БАДаў відавочна расце, з'яўляюцца новыя формы і прадукты. Таксама трэба адзначыць, што стаадсоткава аднесці нейкі БАД да той ці іншай групы цяжка. Вітамінныя комплексы могуць утрымліваць амінакіслі, раслінныя кампаненты. Змешаны склад і ў спартовага харчавання. Так што такі падзел умоўны, прызначаны найперш для спажыўца, а не навукоўца.

ЧЫМ БАДЫ АДРозніваюцца ад лекавых прэпаратаў?

Не патрабуюць поўнага хімічнага (якаснага і колькаснага контролю). Найчасцей гэта субстанцыі натуральнага паходжання, а не вынік хімічнага сінтэзу. Іх нельга пералічыць у якасці хімічных формулаў. Напрыклад: калаген з матэрыялу морскіх арганізмаў альбо прадукт экстракцыі морскіх водарасцяў і гэтак далей.

Не патрабуюць клінічных даследаванняў эфектыўнасці. Вядома, вытворца можа сам зарганізаваць нейкія даследаванні, але цяжка будзе назваць іх незалежнымі. Тады мае сэнс перавесці прадукт у ранг лекаў, а гэта часта фінансава цяжка. Дый любая даследаванні – зусім не танная працэдура, што значна павысіць цану прадукту.

Не прызначаныя лекаваць ад хваробаў. Юрдычна БАДы – усё ж больш харчаванне, з кампанентамі, якія мы здольныя ўжываць з ежаю.

Прасцейшая рэгістрацыя. Патрабаванні да БАДаў – як да харчоў. Гэта радыяцыйная і мікрабіялагічна чысціня, а таксама розныя гандлёвыя (мытныя) дамовы паміж краінамі. Ніякіх правяранняў на фармакалагічную эфектыўнасць і бяспеку не праводзіцца. Што выгадна адлюстроўваецца на выдатках вытворцы.

Могуць рэалізоўвацца не толькі ў аптэках. Рынак БАДаў у свеце няўхільна расце, гэта сучасная рэалія. На першых этапах развіцця гэта былі беспасярэднія продажы (так званы сеткавыя маркетынг), пасля – аптэкі. Для мяне відавочны плюс продажу ў аптэках – магчымасць атрымаць кваліфікованую кансультацию ў спецыяліста з належнай адкукацыяй. Цяпер мы бачым БАД на асобных спецыялізаваных паліцах у крамах, інтэрнэт-прасторы, што пашырае продажы, але не дae дастатковай надзейнай інфармацыі наkonту прадукту.

ШТО НАСЦЯРОЖВАЕ Ў БАДах?

Гэта будзе вельмі асабістасе бачанне, але з гледзішча ўласнага прафесійнага досведу.

Па-першае, **цана**. Дзякуючы працы ў аптэчнай вытворчасці, як кажуць, з нуля, я маю ўяўленне пра цэны на субстанцыі, з якіх складаюцца БАДы. І я не разумею, адкуль бяруцца завоблачныя цэны на некаторыя з такіх прадуктаў. Вядома, асноўныя выдаткі ідуць на пакаванне, афармленне, рэкламу, але пытанні застаюцца.

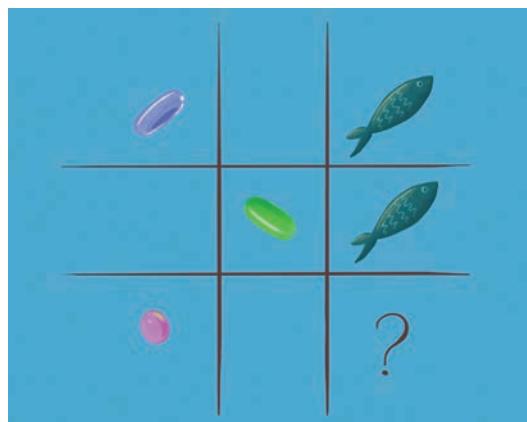
Па-другое, часта напружвае **агрэсіўная недакладная рэклама**, асабліва ў сеціве. Яна чапляе спажыкуца, але ўводзіць уzman. Найчасцей, інфармацыя пра БАД падаецца як сродак лячэння, эффекты якога значна перабольшаныя.

Па-трэцяе, **маніпуляцыя з навуковаю тэрміналогіяй**. Выглядае, як напусканне туману складанымі разумнымі словамі. Калі ж спакойна разабрацца і патлумачыць спажыкуцу, успомніць лекцыі біялогіі і хіміі сярэдняй школы, туман рассейваецца не на карысць БАДам.

ДЫК УЖЫВАЦЬ БАДЫ ЦІ НЕ?

Нядайна мы з аднакурсніцай згадвалі аднаго з выкладнікаў, прафесара медычнага ўніверсітэту, і ягоныя выразы падчас амаль кожнай лекцыі:
 „У вашай аптэцы будзе палічка, і на ёй будзе напісаны...” (тут канцоўка змянялася ў залежнасці ад тэмы лекцыі: праўда, пра тое, што БАДы будуць прадавацца ў аптэцы, тады было ўявіць цяжкавата).
 „Ежа можа быць лекамі, але лекі не павінны быць ежаю!” – мая ўлюбёная.

Ужываць ці не – кожны пастанаўляе сам. Для мяне адказ відавочны, бо палягае ў межах адказнага самалячэння.



Адказнае самалячэнне (паводле Сусветнай арганізацыі здароўя) – гэта разумнае ўжыванне пацьентамі лекавых сродкаў з высокім профілем бяспекі ў вольным продажы з мэтаю прафілактыкі ці лячэння лёгкіх нядужасцяў да прафесійнай дапамогі доктара.

Як бачым, адказнае самалячэнне ў гэтым выпадку не месціць біялагічна актыўных дадаткаў, але спажывец не заўжды разумее розніцу паміж гэтымі рэчывамі і лекамі. Аднак, каб сапраўды адказна падысці да выбару БАДаў, трэба ўяўляць і разумець нюансы іх складу, рэгістрацыі, продажу, утварэння цаны. І зрабіць уласны выбор.

КРЫНІЦЫ:

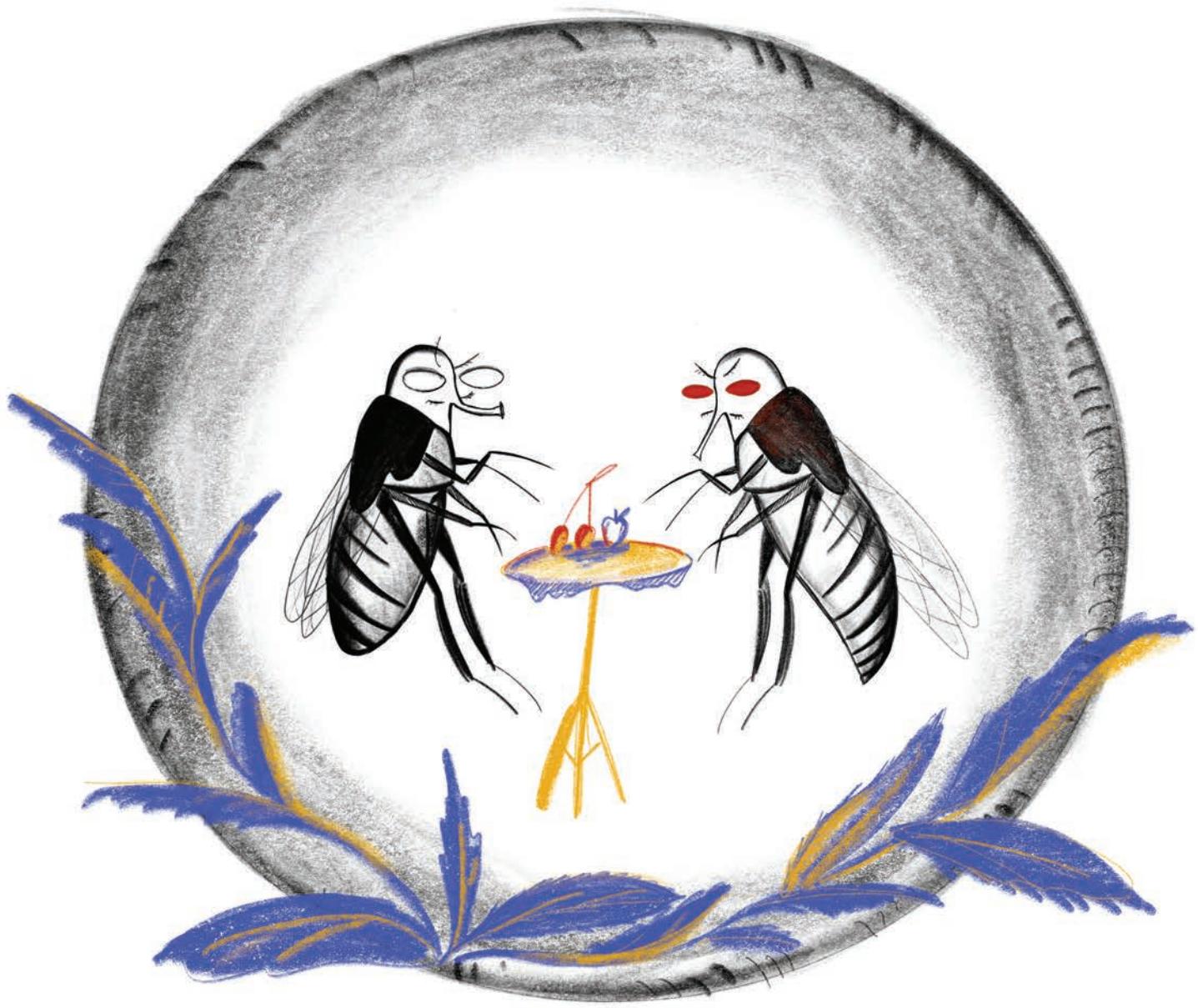
- Привет из прошлого: как появились БАДы? <https://thepharma.media/publications/articles/21464-privet-iz-proshlogo-kak-pojavilis-bady>
- Полинг Л. Витамин С и здоровье, Москва, 1974
- Создатель «гербалайфа» чрезмерно успокоился и умер <https://www.kommersant.ru/doc/150922>
- Классификация лекарственных средств и БАД https://www.mic.by/spravochnaya-informatsiyap/klassifikatsiya-lekarstvennykh-sredstv/index.php?sphrase_id=28018
- Пастанова Савету Міністраў Рэспублікі Беларусь № 24 за 15.01.2019 Аб парадку і ўмовах правядзення контролю якасці і бяспекі біялагічна актыўных дадаткаў да харчавання і спецыяльных харчовых прадуктаў для спартоўцаў
- Пастанова Савету Міністраў Рэспублікі Беларусь № 1537 за 2.12.2004 Аб зацвярджэнні Палажэння аб парадку вытворчасці і звароту біялагічна актыўных дадаткаў да ежы
- Пастанова Міністэрства аховы здароўя Рэспублікі Беларусь № 52 за 21.06.2013 Санітарныя нормы і правілы „Патрабаванні да харчовай сыравіны і харчоў”, гігіенічны нарматыў „Паказнікі бяспекі і бяшкоднасці харчовай сыравіны і харчоў”

АД МУХ ДА ХРАМАСОМАЎ

Д-Р СЪВЯТЛНА КАБАНАВА



Ідэя і аўтарства ілюстрацыяў
Liza Dubinchina



Мы расссталіся з вамі, шаноўныя чытачы, у момант, калі абат генэтыкі Грэ́гар Мэндэль скончыў эксперыменты над гарохам на манастырскім падворку (Раму́лка № 4). Наш новы герой да пачатку XX стагодзьдзя займаўся заалёгіяй і доктарскую працу прысьвяціў эмбрыйалёгіі морскіх павукоў. Ён нарадзіўся ў арыстакратычнай амэрыканскай сям'і, быў кампээтэнты, таленавіты й шчыльна падышоў да развязкі глябальных біялягічных проблемаў. Гэта, напэўна, паўплывала на выбар яго як мішэні невукам Трафімам Лысенкам. Памятаеце цэтлікі „вайсманісты – марганісты”? Сустракайце – выдатны навуковец, аўтар храмасомнае тэорыі спадчыннасці Томас Моргана (Thomas Morgan).

Хто і калі пазнаёміў Томаса Моргана зь неявліком і непапулярным тады артыкулам „Досьледы над расыліннымі гібрыдамі” [1], гісторыя замоўчавае. Магчыма, навуковец адшукаў яго на пыльнай паліцы бібліятэкі Калюмбійскага ўніверсytetu, дзе працаўаў. У артыкуле не навуковы працаўнік, а шараговы манах пераказаў вынікі эксперыменту над гарохам у гародзе. Гэтак, праніклівы Грэ́гар Мэндэль упэўніўся: не зважаючи на неразуменне сучаснікаў, ягоныя дасьледаваньні маюць навуковую каштоўнасць, таму апублікаваў вынікі ў мясцовым часопісе, заказаў некалькі дзясяткаў адбіткаў і разаслаў іх упльковым батанікам таго часу, а таксама некалькім бібліятэкам. У адказ – цішыня ці рэдкія або нясъмелыя рады працягнуць эксперыменты. Рашучы адказ можна было пра-

чытаць толькі ў вачох Томаса Моргана. Ён пастанавіў аспрэчыць ідэю Мэндэля што б там ні было!

Спытаемся ў біёлягай: як лепш пражываць эмоцыі, абыходзячы ненарматыўную лексыку? Вядома ж, ужываючы лацінскія назовы! *Drosophila melanogaster* – эфектна гучыць, праўда? Можа, гэта новы гатунак гароху? Ці навуковы назоў трусоў, зь якімі Моргана першапачаткова плянаваў працеваць? Дарэчы, фінансаваныя на эксперыменты з трусамі з прычыны даражынія вылучыў групе Моргана адпаведны аддзел універсytetu. Давайце падзякуем клеркам за сквапнасць!

Томасу Морганау нічога не заставалася, як шукаць аб'ект дасьледаваньня вакол сябе. І знайшоў. *Drosophila melanogaster* – невялікія пладовыя мушкі, якія рапацца над гароднінай і садавіною ды назаляюць уласнікам прадуктовых крамаў. Уявіце: прыстойна апрануты спадар забягае ў краму з бутэлькаю ад малака, пачынае мітусіцца, дзіўна нагінацца, рабіць рэвэрсансы, пыхкаць, падскокваць, зьбіраць дробных мушак, а потым асьцярожна зъмяшчаць іх у бутэльку. На вачох зьдзіўленая публікі. Пасля карціну дапойнілі некалькі калегаў Моргана, якія паводзіліся аналагічна. Уласнікі крамаў ахвотна надавалі дзівакаватым навукоўцам магчымасці для адлову. І мух меней, і пакупнікам забаўка.

Набраўшы патрэбную колькасць асобнікаў, Моргана стаў разводзіць дразафілаў у сваёй лябараторыі, у вялікім мушыным пакоі (*fly room*). У ёй была „кухня”, дзе



варылі корм, поруч зь якою стаялі горы бутэлек – з сотнямі, тысячамі, мільёнамі мітусыслівых мух.

Легендарны мушкины пакой зрабіўся Мэ-каю ня толькі для навукоўцаў-наватараў, але й для тых, хто трывальні працай у групе, дзе пануе дэмакратыя, вольны абмен думкамі, поўная празрыстасць пры пля-наваныні эксперыменту і абмеркаваныні вынікаў.

Дразафілы аказаліся фантастычна ўдалым аб'ектам для эксперыменту. Лепшым за гарох! Пладовая мушка не-пераборлівая ў сілкаваньні, у адной бутэлцы могуць існаваць да тысячи асобінаў, размнажаеца ўжо на другім тыдні жыцьця, што дае магчымасць за даволі кароткі тэрмін назіраць змену шматлікіх пакаленінняў і ўспадкоўваньне ў іх розных прыкметаў. У дразафілаў выразна выяўлены плоцевы дымарфізм (вонкавыя адрозненіні мужчынскіх і жаночых асобінаў), што аблігчае падбор параў для скрыжаваньня. Але самае галоўнае – гэтая мухі (і, напэўна, усе жывыя арганізмы) маюць нейкія структуры, што вызначаюць спадчыннасць. Іх Грэ́гар Мэндэль называў фактарамі.

Да пачатку эксперыменту з дразафілаў Томас Моргана быў зачттым анты-мэндэлістам і меркаваў, што галоўную ролю ў спадчыннасці адиграваюць насталыя фактары, а прадукты ранніх стадыяў разъвіцца, якія, выканануши сваю ролю, зынкаюць. Навуко-вец паставіў мэту вывучыць вонкавую праяву гэтых часовых прадуктаў і, як толькі зьявіцца важкая доказная база, паспрабаваць іх лякалізаваць.

Праца закіпела. Мушки ахвотна размнажаліся, ладзілі забегі ўсярэдзіне бутэлек, куляліся, грымаснічалі. За год эксперыментатары атрымвалі больш за 25 пакаленінняў дразафілаў. Бутэлкавыя статкі мух перапаўнялі мушкины пакой. Аднак, не зважаючы на некалькі гадоў нястомннае працы, цікавых заканамернасцяў дасьледнікі ня выявілі. Мухі быццам съмяяліся зь іх! Нехта апусьціў бы рукі, пераарыентаваўся б на іншае заданыне. Але ня Томас Моргтан.

І раптам зьявіўся альбінос! Але не ўсяго цела, а толькі ў колеры вока. Аднойчы Томас з калегамі сядроў чырванавокіх асобінай выявіў аднаго самца дразафілы... зь белымі вачыма! Белавокага самца ста-



ранна бераглі, каб потым скрыжаваць з нормальныі чырванавокімі самкамі. Зрабілі.

Што там было ў артыкуле ў манаха з Брна? У першым пакаленіні гібрыдаў гароху выяўлялася толькі адна з бацькоўскіх прыкметаў? Напрыклад, пры скрыжаванні расчлінаў зъ зялёнымі жоўтымі гарошынамі ўсе іх дзеци (гібрыды першага пакаленія) былі з жоўтымі гарошынамі [1].

Дзіёна, бо ў Морганана атрымалася інакш: ужо ў першым пакаленіні дразафілаў разам з чырванавокаў бальшынёю навуковец выявіў трохі белавокіх самцоў. У наступных пакаленінях супадносіны чырванавокіх самак і самцоў зъмяняліся, але белавокімі нараджаліся толькі самцы. Як гэта можна вытлумачыць?

Томас быў зъбянтэжаны. Правёушы дадатковыя скрыжаванні, вярнуўся да папярэдніх эксперыменттаў. Ах, аказваецца, для шэррагу прыкметаў статыстычныя законы Мэндэля спрацоўваюць! Прыйкладам, пры скрыжаванні бацькоў з шэрым і цёмным целам усе нашчадкі першага пакаленія атрымваліся з шэрымі целамі.

Дык, можа, усё-такі разьлікі Мэндэля дакладныя, і прадукты ранніх стадыяў разьвіцьця не часовыя, а сталыя фактары? Так, найхутчэй, упарты манах меў рабцыю. Але чаму тады статыстыка Мэндэля не спрацоўвае ў выпадку ўспадкоўвання ў мух колеру вачэй? Чаму белавокімі нараджаліся толькі прадстаўнікі мужчынскага полу?

Томас Морган выказаў неймаверную здагадку. Некаторыя фактары могуць успадкоўвацца не паводле правілаў Мэндэля, а гендэрна: толькі паводле мужчынскай ці жаночай лініі. Тады лёгка можна вытлумачыць, чаму чырванавокімі нараджаліся як самкі, гэтак і самцы, а белавокімі – толькі самцы. Фактар белых вачэй наўпраст звязаны з мужчынскім полам, у самак ён не выяўляецца. Ніколі.



Гэтая зьява – **сащчэпленая з плоцьцю спадчыннасць**. У 1910 годзе Томас Морган з калегамі ўпершыню ў сьвеце загаварыў пра гэта ў аднайменным артыкуле [2].

Вытлумачыць зьяву можна наступным чынам. Фактары, што адказваюць за разьвіцьцё белых вачэй у дразафілаў, месьцяцца ў адменным мужчынскім аддзеле, якога няма ў жаночых асобінаў. Як вы здагадаліся, фактары сёньня мы называем генамі, а аддзел – мужчынскім плоцевым храмасомам.

Вось мы і дайшлі да апісаньня храмасомай, як раней гэта зрабіў Томас Морган. Уявіце цэляфанавы пакет з вадой, усярэдзіне якога – яшчэ адзін пакуначак, нашпігаваны мініятурнымі літарамі Х. Літары Х – гэта храмасомы, пакуначак – ядро вузы, а вялікі пакет – уласна вуз. Храмасомы складаюцца з цаглінак – генаў. Морган аформіў гэту інфармацыю ў выглядзе **храмасомнае тэорыі спадчыннасці**, першыя тры паставятыя якой абвяшчаюць:

- гены (цаглінкі) – складнікі храмасомай (літараў Х) у ядры вузы (пакуначка),
- гены месьцяцца ў храмасоме ў лінейнай пасълядоўнасці,
- розныя храмасомы ўтрымваюць неадолькавы лік генаў.

Фармульянне храмасомнае тэорыі склацанула навуковы съвет. Гэтак звычайна бывае, калі разрозненая звесткі й тэорыі вокамгненнем набываюць асэнсаванае і стройнае гучаньне.

Храмасомную тэорыю спадчыннасці аформілі ў выглядзе кнігі і выдалі ў 1915 годзе [3]. Моцна дапамаглі ў напісаньні калегі Томаса Моргана: Гэрман Мюлер, Элфрэд Стэртэвант і Кэлвін Брыджэс (Hermann Muller, Alfred Sturtevant, Calvin Bridges). Назоў „Механізм мэндэлеўскае спадчыннасці” съведчыць пра тое, што выдатны навуковец Томас Морган, не зважаючы на выточныя¹ сумнёвы, прызнаў значнасць дасягненняў Грэгара Мэндэля і, кіруючыся эксперыментальнімі звесткамі й цывярозым разумам, вы-

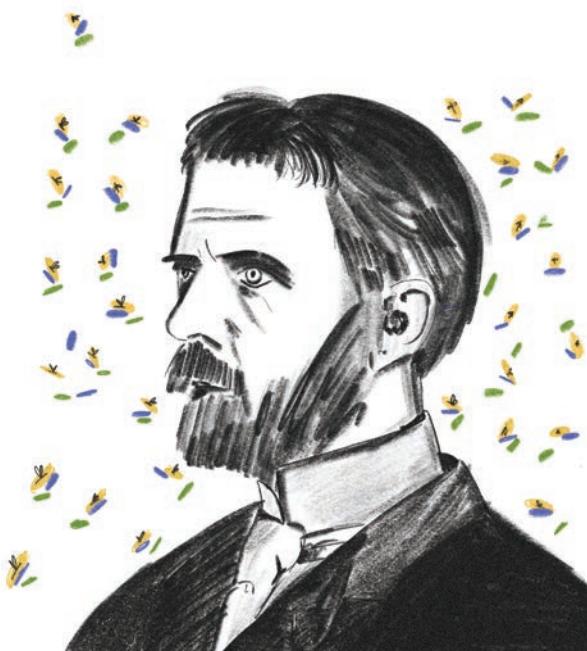
¹Выточны – выходны, першапачатковы.

тлумачыў і дапоўніў іх. Законы Мэндэля зрабіліся асобным выпадкам адкрытых Морганам заканамернасцяў.

Што было далей?

Адзін дзёрзкі белавокі самец дразафілы здолеў вылецець з мушынага пакою. Ён аблюбаваў яблыню недалёка ад університетскіх корпусаў і выбраў самы сакавіты яблык. Перабываючы ў нірване ў часе трапэзы, уцякач не заўважыў, што яблык акуратна зьнялі, заладавалі ў кардонную скрыню й выправілі ў далёкае падарожжа ў Стакгольм. Горад спадабаўся вандроўніку. Падужэлы белавокі самец аказаўся даволі плладавітым. Ягоныя абрањніцы нарадзілі безыліч чырванавокіх разнапольных дзяцей і некалькі белавокіх сыноў. Адбывалася гэта на падносе з садавіной у канфэрэнц-зале, дзе праходзяць паседжаньні адмысловай камісіі Швэдзкай каралеўскай акадэміі навук.

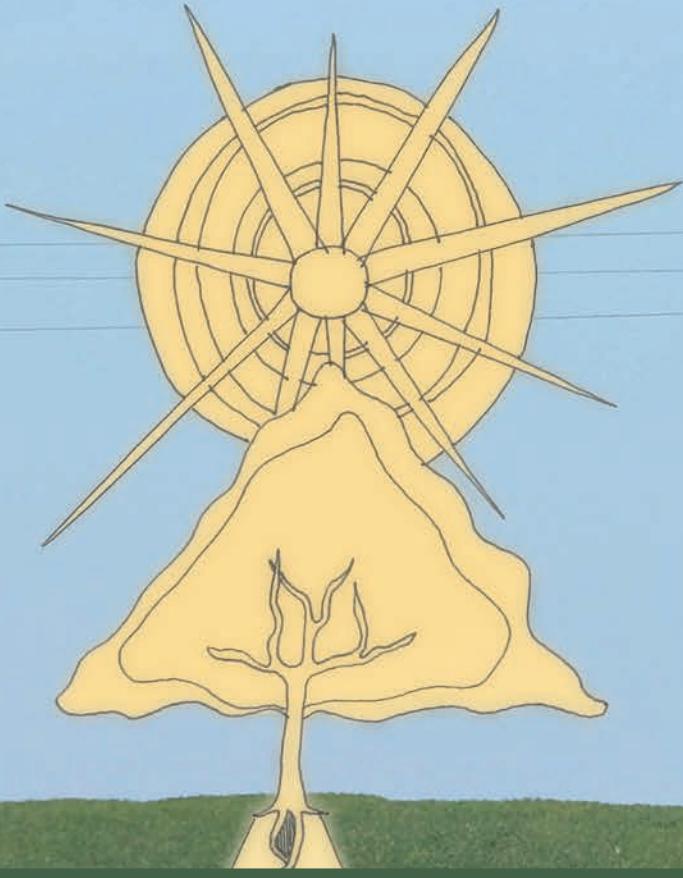
Экспэрты ацанілі ягоныя выслікі. Не ўцекача, а найвялікшага навукоўца, Томаса Моргана. У 1933 годзе яго ўганаравалі Нобэлеўскаю прэміяй у галіне фізіялогіі і мэдыцыны за адкрыцці, звязаныя з роллю храмасомаў у спадчыннасці [4].



На ўрачыстасці ўручэнні навуковец не зьявіўся, але даслаў прамову. Томас Морган аддаў перавагу новым гарызонам дасьследаваньняў генэтыкі: менавіта ў той час упершыню былі ідэнтыфікаваныя храмасомы ў сълінных залозах лічынак дразафілаў. Матэрыяльныя фактары спадчыннасці візуалізаваліся.

КРЫНІЦЫ:

1. Mendel, Gregor: Versuche über Pflanzen-Hybriden. In: Verhandlungen des Naturforschenden Vereines in Brünn 4 (1866), S. 3-47.
2. T. H. Morgan. Sex Limited Inheritance in Drosophila. Science. 22 Jul 1910. Vol. 32, Issue 812, pp. 120-122.
3. Morgan, Thomas Hunt. The mechanism of Mendelian heredity. New York: Henry Holt and Company, 1915. 262 p.
4. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1933/morgan/facts>



ЭКАСІСТЭМНЫЯ ПАСЛУГІ: ЯК ПРЫРОДА ВЫКОНВАЕ ВАЖНЫЯ ДЛЯ НАС ФУНКЦЫІ И НІЧОГА НЕ ПРОСІЦЬ НАЎЗАМЕН

АЎТАРКА ТЭКСТУ І ЗДЫМКАЎ: ФУЛІГО СЭПЦІКА



**МАСТАЧКА:
ГАННА СІМОНІК**

Тэкст рэдагавала вучаніца Рэдактарскае
школы зіну Аліна Салавейка



Жыццё на нашай планеце працякае дзякуючы складаным структурным працэсам. Яны маюць розны маштаб і не заусёды відаць чалавечаму воку з прычыны глабальнасці і часовае працяглascці. Напрыклад, кругазвароты рэчыва і энергіі, якія існавалі яшчэ да з'яўлення жывых істотаў. А ёсць і больш блізкія ды зразумелыя звычайнаму чалавеку: магчымасць дыхаць свежым паветрам, піць чистую воду, спажываць ежу. І для ўсіх гэтых рэчаў ёсць свая назва – экасістэмныя паслугі.

КЛАСІФІКАЦЫЯ ПАСЛУГ ЭКАСІСТЭМАЎ

Экасістэмныя паслугі – бясплатныя выгоды ад навакольнага асяроддзя і правільнага функцыянавання **экасістэмаў**¹. Гэта ўсё, што мы атрымліваем ад прыроды. Каб лепш разобрацца ў разнастайнасці карысных дабротаў, звернемся да класіфікацыі, у якой паслугі ад прыроднага асяроддзя падзеленыя на пэўныя катэгорыі.

Паслугі забяспечвання – гэта эквівалент матэрыяльных тавараў, якія людзі атрымліваюць з экасістэмаў: ежа, паліўныя і лекавыя рэсурсы, вада.

Паслугі рэгулявання – гэта экасістэмныя працэсы, якія змянчаюць натуральныя прыродныя з'явы: расліны паглынаюць вуглякіслы газ з атмасферы, лясныя тэрыторыі засцерагаюць ад паводак, мангравыя ласы абараняюць прыбярэжныя прасторы ад моцных цыклонаў ды іншых экстремальных з'яваў надвор'я.

Культурныя паслугі – гэта нематэрыяльныя даброты, якія людзі атрымліваюць ад экасістэмаў праз навучанне, адпачынак, духоўнае ўзбагачэнне і прыгажосць прыроды.

Паслугі падтрымання – асобная катэгорыя, неабходная для вытворчасці ўсіх іншых экасістэмных паслуг: фармаванне глебавага покрыва, падтрыманне балансу газавага складу атмасферы, раскладанне адкідаў мікраарганізмамі, кругазварот рэчыва і вады, апыленне.

Разбяром некалькі прыкладаў экасістэмных паслуг у розных галінах.

Паслугі забяспечвання.

Ежа

Экасістэмы забяспечваюць умовы для гадавання харчоў. Мы атрымліваем ежу пераважна з кіраваных аграрных экасістэм (палёў, плантацыяў, агародаў), а таксама морскіх, салодкаводных (або прэснаводных), лясных ды іншых.

Паслугі рэгулявання.

Паглынанне і захоўванне вугляроду Экасістэмы рэгулююць глабальны клімат, назапашваючы ў сабе парніковыя газы (асабліва вуглякіслы). Пакуль дрэвы ды іншыя расліны растуць, яны выдаляюць вуглякіслы газ з атмасфери і эфектыўна ўтрымліваюць яго ў сваіх тканках, гэтак выконваючы функцыю сховішча вугляроду.

Культурныя паслугі.

Духоўны аспект

У многіх частках свету прыродныя аб'екты, напрыклад, асаблівія ласы, пячоры або горы, уважаюцца за святыя або маюць рэлігійнае значэнне. Прыйода – агульны элемент усіх асноўных рэлігій і традыцыйных ведаў, а звязаныя з ёю звычаі важныя, каб ствараць пачуццё датычнасці.

Паслугі падтрымання.

Месцы жыцця відаў

Кожная экасістэма дае розныя месцы жыцця, каб забяспечыць усё патрэбнае для выжывання асобных раслінай або жывёлінаў: ежу, воду і прытулак. Віды, што мігруюць, улучаючы птушак, рыбу, сысуну і кузурак, залежаць ад розных экасістэм у часе перамяшчэння. Без месцаў пражывання папуляцыі выміраюць, і гэта незваротна змянене ланцуగі харчавання і экасістэмы наагул.

РОЛЯ ЭКАСІСТЭМАЎ У ГАРАДАХ

Дэталёва можна разгледзець ролю экасістэмных паслуг у гарадах, бо менавіта ўрбанізаваныя прасторы ёсць домам для паловы насыльніцтва планеты (а ў Беларусі доля гарадскіх жыхароў і зусім дасягае 78 %). Спрыяльны стан гарадоў проста залежыць ад стану прыроднага асяроддзя. Бо натуральныя, мала трансфармаваныя і здаровыя экасістэмы – гэта аснова ўстойлівага развіцця паселішчаў. Дзякуючы ўлучэнню экасістэмных паслуг у планы ўрбаністычнага развіцця тэрыторыі і муніцыпальнага кіравання, гарады атрымліваюць багата карысці: эканомію грашовых сродкаў, стымуляванне мясцовай эканомікі, павышэнне якасці жыцця і паляпшэнне экалагічнага стану.

Цяпер давайце разбяром прыклады для ўрбанізаваных прастораў.

Паслугі рэгулявання.

Рэгуляванне мікраклімату

Дрэвы і зялёныя расліны зніжаюць тэмпературу паветра ў гарадах, дзякуючы чаму можна змагацца з гарадскім **востравам цяпла** – яваю, калі гарадскія прасторы награваюцца мацней за суседнія сельскія вобласці праз мноства штучных паверхняў (асфальту, бетону).

Паслугі рэгулявання.

Засцеражэнне ад эрозіі

Адбываецца дзякуючы каранёвым сістэмам раслінаў, якія ўтрымліваюць глебу і ствараюць больш шчыльную структуру. Водныя струмені сцякаюць па схіле і расцейваюцца, натыкаючыся на расліннае покрыва, і нясуць менш разбуральную сілу.

Культурныя паслугі.

Адпачынак і здароўе

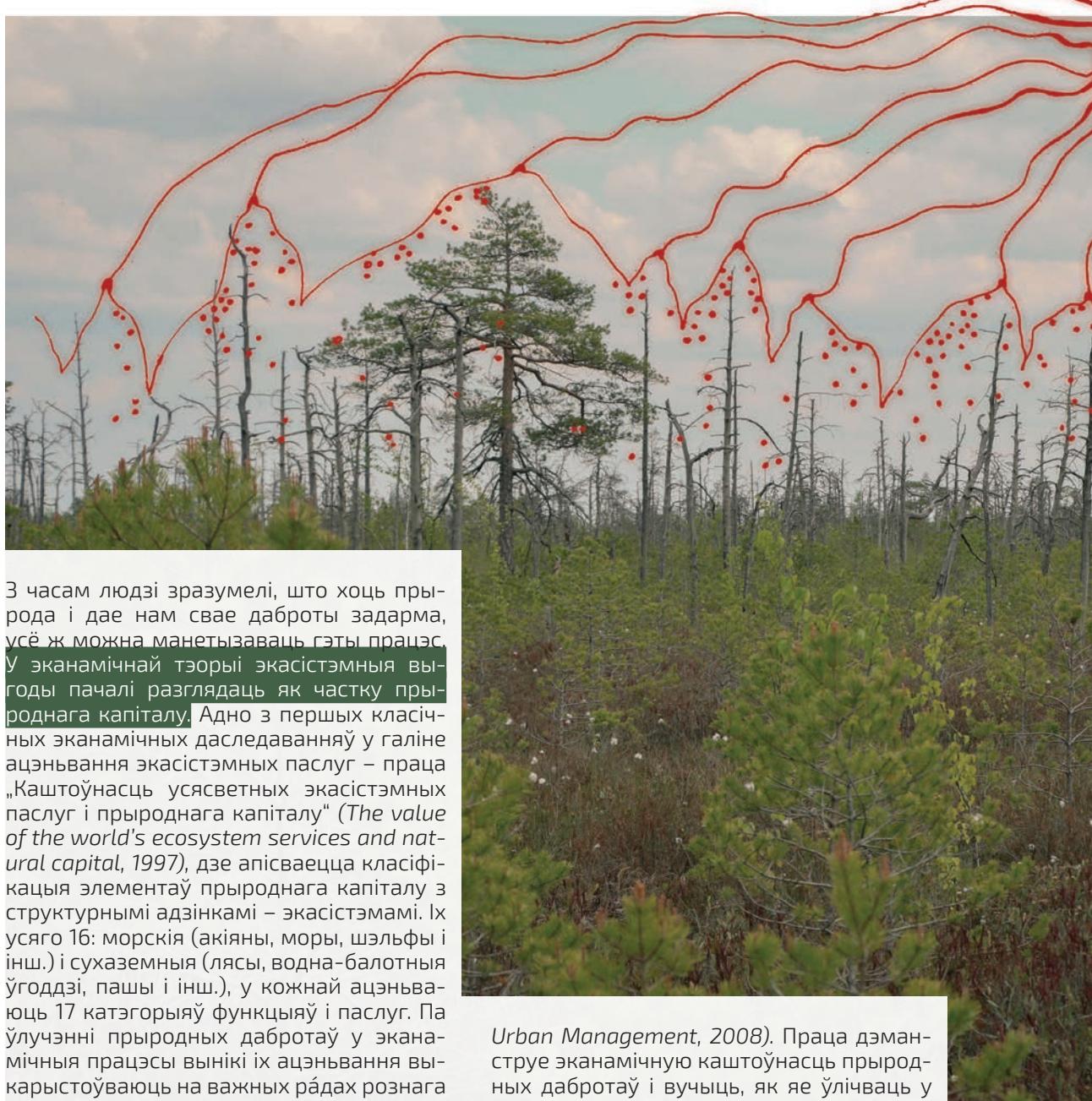
Шпацыры і зйманне спартам у зялёных парках і гарадскіх лясах – добрая форма бавіць вольны час і расслабляюцца. Пры гэтым таксама важна памятаць пра ролю зяленіва ў падтрыманні псіхалагічнага здароўя.

Калі ў горадзе цалком скасаваць або кардынальна змяніць прыроду, даваныя ёю даброты бяспадна знікнуць, што каласальна нашкодзіць гарадскому бюджету, магчымасцям для бізнесу і дабрабыту тэрыторыі. У тэорыі рацыянальнага карыстання прыродаю нават існуе панятак пераломнага моманту, што пазначае ровень дэградаванасці (парушанасці) экасістэмаў, пасля якога прырода больш не дae важных экасістэмных паслуг, а яе аднаўленне зойме багата часу і грошай. У дойгатэрміновай перспектыве падтрыманне дзейных экасістэмаў – найбольш эканамічна ўскладнені развязак, каб стварыць спрыяльнае асяроддзе для жыццяздзейнасці насыльніцтва, а ў некаторых выпадках гэта і зусім адзіны спосаб задаволіць патрэбы чалавека.

НАВУКОВАЕ ВЫВУЧЭННЕ ЭКАСІСТЭМНЫХ ПАСЛУГ

Як бачым, усё вакол адбываецца дзякуючы экасістэмным паслугам, і гэта не магло не засікавіць навуковае супольнасці, якая яшчэ ў 1960–1970 гадах зразумела, што прыродныя працэсы дапамагаюць грамадству развівацца і функцыянаваць. Панятак „экасістэмныя паслугі“ ўпершыню ўжылі амерыканскія біёлагі Пол Ралф Эрлік (Paul Ralph Ehrlich) і Эн Гаўлэнд Эрлік (Anne Howland Ehrlich) у працы „Выміранне: прычыны і наступствы знікнення відаў“ (*Extinction: the Causes and Consequences of the Disappearance of Species*, 1981). З часам гэтая тэма пачала развівацца і стала папулярнаю сярод даследнікаў, якія займаліся пытаннямі на скрыжаванні экалогіі, фізічнай і сацыяльной геаграфіі. У 1997 годзе выйшла праца Грэтчэн Дэйлі (Gretchen Daily) „Паслугі прыроды: грамадская залежнасць ад прыродных экасістэмаў“ (*Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems*, 1997), у якой прыводзіцца мноства прыкладаў экасістэмных паслуг: ачышчэнне вады і атмасфернага паветра, рэгуляванне ападкаў, фармаванне глебы, змаганне з шкоднікамі і хваробамі, абарона ад ультрафіялетавага выпраменявання і многае іншае.





З часам людзі зразумелі, што хоць прырода і дае нам свае даброты задарма, усё ж можна манетызваваць гэтыя працэс. У эканамічнай тэорыі экасістэмныя выгоды пачалі разглядаць як частку прыроднага капіталу. Адно з першых класічных эканамічных даследаванняў у галіне ацэньвання экасістэмных паслуг – праца „Каштоўнасць усясветных экасістэмных паслуг і прыроднага капіталу“ (*The value of the world's ecosystem services and natural capital*, 1997), дзе апісваецца класіфікацыя элементаў прыроднага капіталу з структурнымі адзінкамі – экасістэмамі. Іх усяго 16: морскія (акіяны, моры, шэльфы і інш.) і сухаземныя (лясы, водна-балотныя ўгоддзі, паши і інш.), у кожной ацэньваюць 17 катэгорыяў функцыяў і паслуг. Па ўлучэнні прыродных дабротаў у эканамічныя працэсы вынікі іх ацэньвання выкарыстоўваюць на важных рáдах рознага рóйню, напрыклад: пры ўрбаністычным планаванні тэрыторый, рыхтаванні стратэгіяў адаптациі да змены клімату і г. д. У гэтым выпадку выгоды або каштоўнасці экасістэмных паслуг улічваюць з дапамогаю **манетарнага ацэньвання** – падліку грашовага эквіваленту даваных выгодаў.

Такое становішча прывяло да новага этапу развіцця тэмы прыродных дабротаў. Неўзабаве экасістэмныя паслугі заўважылі на міжнароднай прававой арэне ў галіне аховы прыроды. У 2008 годзе на 9-й Канферэнцыі бакоў Канвенцыі аб біялагічнай разнастайнасці міжнародная ініцыятыва еўрапейскага супольнасці „Эканоміка экасістэмаў і біяразнастайнасці“ (*the Economics of Ecosystems and Biodiversity*) падрыхтавала даклад з практичнымі крокамі і парадамі, што дапамогуць кіраунікам бачыць шырокі спектр карысці ад экасістэмаў і біяразнастайнасці (*The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Manual for Cities: Ecosystem Services in*

Urban Management, 2008). Праца дэманструе эканамічную каштоўнасць прыродных дабротаў і вучыць, як яе ўлічваць у часе важных пастанаўленняў.

Усталяванне такое трывалае пазіцыі на міжнароднай арэне прывяло да таго, што на экасістэмныя паслугі пачалі зважаць буйныя міжнародныя кампаніі і арганізацыі. Напрыклад, разгляд экасістэмаў як капіталу займеў сваю практычную інтэрпрэтацыю ў працы экалагічнага дэпартаменту Усясветнага банку (*Assessing the Economic Value of Ecosystem Conservation*, 2004), дзе паказваецца маштабны прыклад эканамічнага ацэньвання экасістэмных паслуг пры даследаванні каштоўнасці лясоў у розных краінах рэгіёну Міжземнага мора. На аснове разліку асобных кампанентаў агульнае эканамічнае каштоўнасці быў атрыманы штогадовы паток карысці ад розных паслуг і функцыяў лесу (драўніны і дрэўнага паліва, выгодаў ад рэкреацыі і палявання, абаронныя раёну вадазбору, каштоўнасці паслуги выкарыстання – эстэтычнае асалоды ад прыроды і інш.).



ЯК У БЕЛАРУСІ РАЗЛІЧВАЮЦЬ ВАРТАСЦЬ ЭКАСІСТЭМНЫХ ПАСЛУГ

А вось у Беларусі ў 2013 годзе нават падрыхтавалі спецыяльны дакумент – тэхнічны кодэкс усталяванае практикі (ТКП) 17.02-10-2013 (02120) „Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Парадак вызначэння вартаснае ацэнкі экасістэмных паслуг і біялагічнае разнастайнасці”. У распрацаваным ТКП прыводзяцца методыкі разліку эканамічнага кошту экасістэмных паслуг для лясных, лугавых, балотных і водных экасістэмай. Для лясных і балотных экасістэмай дадаткова разлічваюць паэлементавы кошт экасістэмных паслуг дэпанавальнае здольнасці, асобна для балотных – сарбонага (водаачышчальнага) і асобна для лясных – асіміляцыйнага (назапашваль-

нага) патэнцыялу для злучэння фтору, сярністага ангідрыду, вокіслаў азоту, вуглевадароду.

Паводле створанае методыкі вартасць экасістэмных паслуг разлічваюць за тры этапы.

Папярэдні этап: першаснае выяву- чэнне вызначанае тэрыторыі.

Палявое абследаванне: праводзіцца ў выпадку нястачы часткі або ўсёяе патрэбнае інфармацыі.

Беспасярэдніе разлічванне вартасці экасістэмных паслуг.

Разлікі паводле прапанаванае ў ТКП методыкі знайшлі месца ў мностве даследаванняў гэтае тэмы ў Беларусі. Напрыклад, для ацэньвання азелянёных тэрыторыяў урбанізаваных прастораў Магілёва („Зялёныя насаджэнні урбаландшафтаў Магілёва і ацэньванне іх экасістэмных паслуг”, 2023), Воршы і Пінску („Фармаванне і ацэньванне экалагічных рызык урбаландшафтаў у прамысловых гарадах Беларусі”, 2021), Жодзіна („Ацэньванне экалагічнага стану і экасістэмных паслуг азелянёных тэрыторыяў агульнага карыстання г. Жодзіна”, 2024).

Інстытут эксперыментальнаяе батанікі імя У. Купрэвіча НАН Беларусі глыбока даследаваў экасістэмныя паслугі для найбольшага вярховага балота Беларусі – заказніку Ельня ў Віцебскай вобласці. У працы „Экалагічна-еканамічнае ацэньванне экасістэмных паслуг пры аптымізацыі гідralагічнага рэжыму вярховага балота”, 2018, навукоўцы апісваюць неабходнасць аднавіць пашкоджаныя ў часе асушальнае меліярацыі балотныя экасістэмы Ельні, каб павялічыць выкананыя імі аб'ёмы экасістэмных паслуг. Палічана, што з адноўленымі тэрыторыямі Ельня штогод дае экасістэмныя даброты на суму каля \$ 35 млн, а кошт запасаў салодкае (або прэснае) вады тут ацэньваюць на больш як \$ 247 млн.

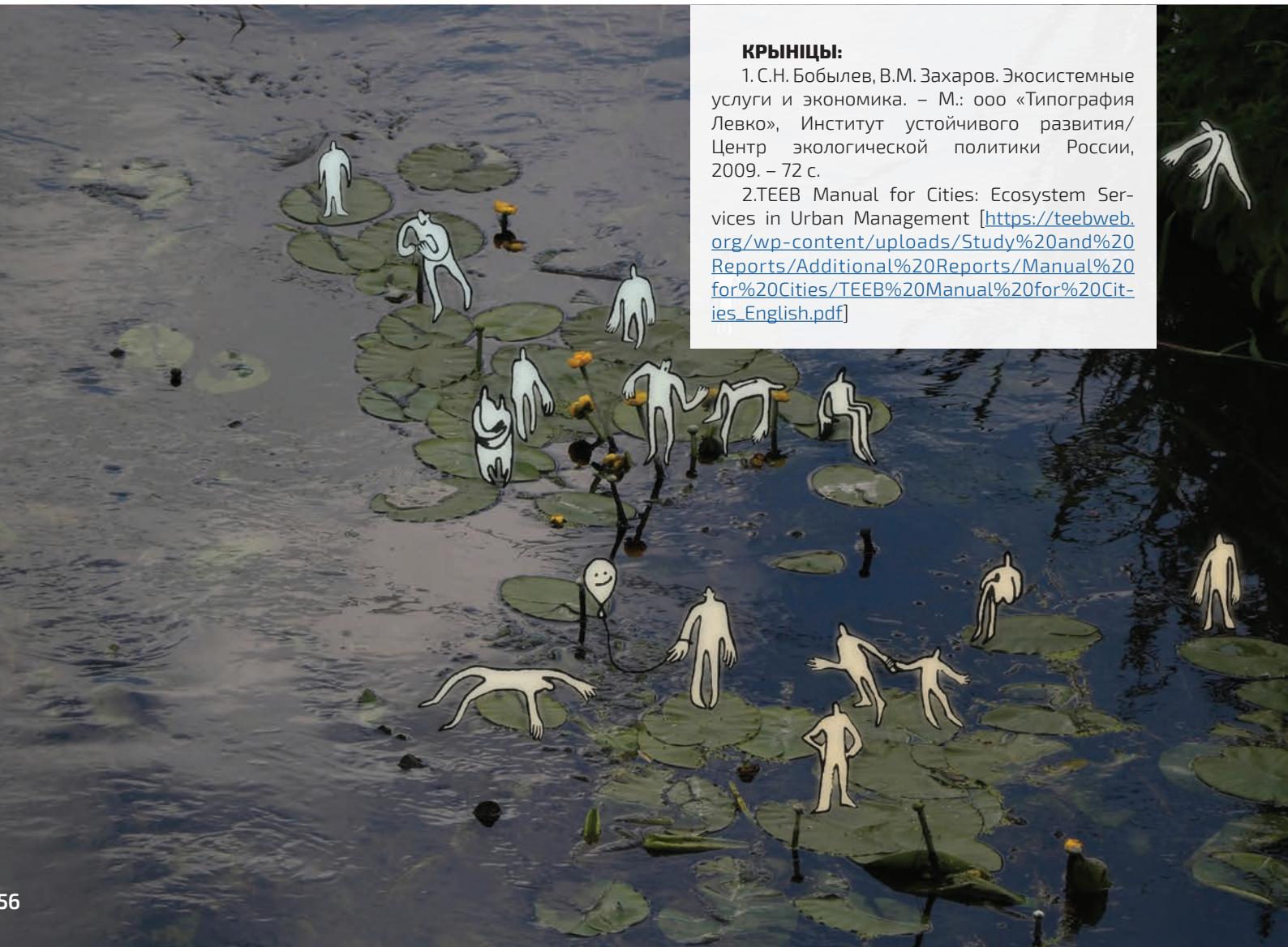
ПРАБЛЕМЫ ПРАЦЫ З ПАСЛУГАМИ ПРЫРОДЫ

Гэтак мы бачым, што сёння тэма прыродных паслуг пранікла ў многія сферы дзейнасці чалавека. Пытаннямі ацэньвання, вызначэння і ўлучэння ў важныя пастаўнёўленні экасістэмных дабротаў займаюцца як навукоўцы, так і чыноўнікі, урбаністы, прыродаахоўныя дзеячы. Хоць гэты навуковы кірунак мае амаль 70-гадовую

гісторыю, праца з прыроднымі выгода-
мі сустракае шэраг пэўных цяжкасцяў.
Па-першае, недасканаласць трады-
цыйнае рынкавае мадэлі, што ня мае
выразных механізмаў ацэньвання
ўсяе разнастайнасці экасі-
тэмных паслуг (нястача
цаны ці хаця б міні-
мальнага ацэньвання;
складанасць разумець
фармаванне рынкаў і
платнікаў). Па-другое, не-
эфектыўная праца дзяр-
жаваў, бо менавіта яны
павінныя распрацоў-
ваць тэарэтычныя
асновы і легалізоў-
ваць практычнае
ўкараненне экасі-
тэмных рэсурсаў у
функцыянаванне
гаспадаркі краіны.
Цяпер шмат якія
паслугі непрык-
метныя звычай-
наму чалавеку праз
сваю „бясплатнасць”, таму іх недаацэнь-
ваюць і нават не разумеюць важнасці



прыроды. Пры гэ-
тым экасістэмы
распаўсюдж-
ваюць выгоды
на велізарныя
тэрыторыі, на-
пластоўваючы
розныя тыпы
дабротаў адзін
на адзін, праз
што іх нельга
атрымліваць
раунамерна. Усё
ж праца з экасі-
тэмнымі паслугамі
надалей развіваецца,
трансфармуючы існую-
щую эканамічную мадэль і
вызываючы нішу для
прыродаарыентаваных
развязкаў. У будучыні пла-
та за экасістэмныя паслугі
мае стаць эфектыўным экана-
мічным механізмам, які падтрымлі-
вае захаванне і рацыянальнае выкарыс-
танне прыроды і яе функцыяў. Гэта будзе
выгадна як мясцовым супольнасцям, так
і краінам наагул.



КРЫНІЦЫ:

1. С.Н. Бобылев, В.М. Захаров. Экосистемные
услуги и экономика. – М.: ООО «Типография
Левко», Институт устойчивого развития/
Центр экологической политики России,
2009. – 72 с.

2. TEEB Manual for Cities: Ecosystem Ser-
vices in Urban Management [https://teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Additional%20Reports/Manual%20for%20Cities/TEEB%20Manual%20for%20Cities_English.pdf]



Як муку прадаўшы: чаму мы съпім траціну жыцьця



АЎТАРКА ТЭКСТУ І ВЫЯВЫ:
PAPRICA_SIDE

Сон – геніяльная прыдумка эвалюцыі, у прасторы якой наш разум аддае несьвядомасці ўсе недапрацаваныя за дзень інфармацыйныя ды эмацыйныя блёкі, а цела скідае зь сябе напругу й груз таксынаў, узнаўляе нэўронныя звязкі, выпрацоўвае патрэбныя гармоны, займаецца рэгенэрацыяй і робіць яшчэ шмат карыснага.

ТАЯМНІЦЫ СНУ: МІНУЛАЕ, СУЧАСНАСЦЬ, ДАСЪЛЕДАВАНЬНІ

Цікаўная прырода чалавека ўжо даўно назірае за тым станам і спрабуе разабрацца, што гэта такое й навошта яно нам. Напрыклад, Арыстотэль (*Аристотэль*) напісаў ажно трактат пра сон і няспанье, у якім аргументаўваў: спаць могуць толькі жывёліны й чалавек, а вось расьлінам сон не даступны, бо тыя ня маюць функцыі адчуваць. Ужо ў іншых трактатах ён дагадваўся пра сон як нейкі стан паміж жыцьцём і съмерцю. У XVII–XVIII стагодзьдзях некаторыя дасъледнікі меркавалі, што істота засынае з прычыны браку „жывёльнага духу“, які расходуецца ў часе фізычных нагрузкак, ці страты „жыцьцёвага этэру“, калі істота стамляеца. XIX стагодзьдзе прынесла свае здагадкі. Адныя звязвалі сон з **малакроўем**, другія – з прытокам крываі да галавы. Навукоўцы сучаснасці началі дасъледаваць **дэ-прыывацьню сну**, праводзячы даволі не-гуманную досыледы над жывёлаю: доўгі час не давалі ім заснуць, паслья чаго тыя, ясная рэч, загіналі. І нягледзячы на тое, што дасъледаваньні дазволілі заўважыць і апісаць макраанатамічныя адметы пашучыня мазгавога кровавароту й дэ-генэрацыі вузай (або клетак) мазгоў, тое ня робіць досыледаў меней нялюдзкімі. Шануйма братоў нашых меншых!

Самналёгія як самастойная навука існуе ўжо амаль 70 гадоў. Можна сказаць, за гэты час ад даволі выразнага роўню – расслабленага цела, заплюшчаных вачэй і глыбокага дыханья – чалавецтва дало рады занурыцца ў вывучэнне сну да роўню генаў. Акрамя таго, сёньня мы ведаем пра некалькі фазаў сну, разумеем, як паводзяцца мазгі ў кожнай зь іх, здольныя аналізаваць мэханізмы, якія забясьпечваюць гэты стан і якія парушаюць.

А як яшчэ? Кажучы наўпрост, сон – траціна чалавечага жыцьця. Калі ўзяць сярэднестатыстычнага 75-га-доловага чалавека, які сьпіць 8 гадзінай

штодня, атрымаеца, што ў сыне ён правядзе ажно 25 гадоў (мы хочам ведаць, на што траціца столькі часу!).

ХТО ЗАСНУЎ ПЕРШЫ? РАЗГАДКА ЭВАЛЮЦІИ СНУ

Вядома, цяпер ніхто нам дакладна ня скажа, які жывы арганізм заснунуў першы і што сыні. Але ж паспрабуйма скласці невялікі пазл эвалюцыі сну з ужо вядомай інфармацыі.

Пачнем з **цыянабактэрый**, адной з найбольш старажытных істотаў, якая жыла на Зямлі прыблізна 3,5 млрд гадоў таму. Сёньня вядома, што **найпразыцейшым** былі ўласцівія пэрыяды актыўнасці й спакою, якія дапамагалі адаптавацца да цыклічнага дня й ночы, а таксама наладзіць **фатасынтэз**. Гэтыя цыклічныя ваганьні інтэнсіўнасці розных біялягічных працэсаў арганізму, звязаныя зь зменаю дня й ночы, цяпер завуцца **цыркаднымі** рытмамі.

Больш складаныя формы сну з'явіліся разам з эвалюцыяй найпразыцейшага нэрвовага систэмы. У 2008 годзе амэрыканскія навукоўцы давялі, што стан спакою чарвякоў-нэматодаў, якія жылі 500–540 млн гадоў таму, падобны да сну **вусякоў і найвышэйшых хрыбетных**. Адна з прыкметаў – запаволенасць рэакцыяў на **раздражняльнікі** ў параданыні з актыўным станам. Другая – яшчэ большае аслабленыне рэакцыяў на раздражняльнікі й глыбейшы сон, калі пэўны час не даваць чарвяку „спаць“. Але „сон“ уласціві толькі маладым чарвякам, якія пачынаюць рост і лінку. То бок калі ў цыянабактэрый пэрыяды актыўнасці й спакою мелі функцыю прыстасаваньня да зменаў і дапамогу з фатасынтэзам, дык у нэматодаў у час **летаргіі** цалкам пераформоўвалася нэрвовая систэма, і яны наноў адаптаваліся да асяродзьдзя.

Іншая рэч – плодовая мушка (*Drosophila melanogaster*). Яна мае ня толькі циркадныя рытмы, але й нутраны біялягічны гадзіннік, які рэгулюеца генамі й бялкамі. І гэтая систэма падобная да систэмы рэгуляваньня сну ў сисуноў. Тут хацелася б адразу правесці рысу ў адрозненыні паміж циркаднымі рытмамі і нутраным біялягічным гадзіннікам. Спойлер: гэта ня тое сама, а „вынік“ і яго „механізм“. І ўпершыню навукоўцы заўважылі той „вынік“, а гэта ці то цыкл сну ў няспаньня, ці то зьмена тэмперату-

ры цела ў съне, ці то зьвінаньне лісьця ў расылінаў, калі сонца заходзіць, ці то замаруджаньне мэтабалізму.

АД МІМОЗЫ ДА ДРАЗАФІЛЫ: ВЫНАХОД ЦЫРКАДНЫХ РЫТМАЎ

Першы ўпамінак **цыркадных рытмаў** знайдзем у летапісца Аляксандра Македонскага, які апісваў ня толькі паходы славутага караля, але й рабіў нататкі як натураліст. Ён заўважыў, што лісьце індыскага фініка зьмяняе стан на працягу дня. Французкі астроном і фізік XVIII стагодзьдзя Жан-Жак Дарту дэ Мэрэн (*Jean-Jacques Dortous de Mairan*) любіў назіраць не толькі за плянетамі, але й лісьцікамі мімозы сарамлівай (*Mimosa pudica*), вельмі чульлівай да зъмены асьвятлення. Аднойчы дэ Мэрэн зъмясьціў мімозу ў цёмную скрыню і зъздзіўленнем зафіксаваў, што расыліна працягвае скручваць і распушчаць свае лісьцікі як ніколі нічога, нават без съветлавога арыенціру. Назіраныні зрабіліся падставаю лічыць цыркадныя рытмы зъявяю з нутраным кантролерам. У гэтых момант людзі натрапілі на мэханізм, які кантралюе вынік.

Першы троп існаваньня гэтага мэханізму адкрылі каліфарнійскія навукоўцы з помаччу легэндарнае дразафілы ў 1971 годзе. Дзякуючы генетычнай прастаце, хуткаму жыцьцёваму цыклю, а таксама выліваньням на ейныя яйкі мутагенай Роналд Канопка (*Ronald J. Konopka*) і Сімур Бэнзэр (*Seymour Benzer*) адкрылі **ген Period**, які й адказвае за рэгуляцыю нутранога біялягічнага гадзінніка. Але як гэта працуе, навука даведаеца толькі праз 10 гадоў.

PER, TIM I КАМПАНІЯ: ХТО КІРУЕ НАШЫМ ЧАСАМ?

У 1980-х у ЗША дзівье групы навукоўцаў незалежна адна ад адной пачалі плённую работу над разгадкаю генетычнага мэханізму цыркадных рытмаў. Першая група на чале з Джэфры Голам (*Jeffrey C. Hall*) і Майклам Росбашам (*Michael Rosbash*) у штаце Масачусэцтс, а другая пад кіраўніцтвам Майкла Янга (*Michael W. Young*) зь Нью-Ёрку клянавалі ген *Period* і пачалі вывучаць яго структуру, функцыі ды асаблівасці. Першае, што яны вынайшлі, – працягнута працы гена, **бялок PER**. Навукоўцы залічылі яго да мэмбранных бялкоў, якія звычайна альбо рэгулююць доступ у вузу нейкага рэчыва звонку, альбо зъмяняюць харектар узаемадзеяння вузу між са-

бою. Навукоўцы зразумелі: гэты бялок неяк апынаеца ў ядры з ужо вядомым нам генам *Period*, які спакойна займаецца яго ж стварэннем, і – увага! – колькасцю блякуе працу стваральніка. Такім падрдкам, ён кантралюе ўсю колькасць. Цікава, што пік канцэнтрацыі бялку прыходзіцца на поўнач, што супадае з цыркаднымі рытмамі пладовае мушкі. Навукоўцы парыўналі гэты мэханізм з працаю зваротнага маятніка (далей мы будзем называць яго асцылятарам) і працягнулі назіраныні. Галоўным пытаньнем цяпер было – як *PER* трапляе ў ядро зь генам, калі ён ствараеца ў **цытаплязьме**.

Адказ прыйшоў разам з адкрыццём другога гена часу – **Timless** – і прадукту яго дзейнасці, **бялка TIM**. Выявілася, што толькі пры ўзаемадзеянні з гэтым бялком *PER* здольны дабрацца да свайго генетычнага коду, каб мець на яго ўплыў. Паўстаў гэткі ўніверсальны для ўсіх складаных нэрвовых сістэмай хайрус *PER-TIM*, які рэгулюе цыркадны рытм. Потым былі вынайдзеныя яшчэ 10 генau з бялкамі, якія таксама бяруць удзел у працэсе. Прыкладам, да *PER-TIM* далучыліся бялкі **CLK (Clock)** і **CYC (Cycle)**. Акурат зь імі *PER-TIM* дамаўляюцца, каб „вымкнуць“ працу генau *Period* i *Timless*.

ЧАМУ АРГАНІЗМ – ГАДЗІНЬNIK, АЛЕ БЕЗ БАТАРЭЯУ?

Але як усё гэта кантралюе нашую аспальасць (або санлівасць) прастаю мовай? Глядзіце, пад нач бялок *PER* акумулюеца, яго высокі ровень паведамляе мазгам, што прыйшоў час замарудзіць працэсы ў арганізме й падрыхтавацца да сну. Унахы *PER* павольна менее, і да раніцы яго канцэнтрацыя робіцца мінімальная. Потым ген *Period* зноў актывуеца, што ёсьць сыгналам для арганізму прачынацца й быць актыўным. Гэтак цыкл паўтараеца кожныя 24 гадзіны.

Вось ён, наш нутраны гадзіннік, наш цыркадны рытм. Чакайце, ня наш, а мушкі дразафілы. Людзі маюць падобна, што праўда, зь некаторымі дэталямі. Пытаньне – зь якімі.

Па-першае, у сісуноў ролю партнэра *Clock* выконвае **BMAL1**, што стварае досыць складаны мэханізм рэгуляцыі. Акрамя таго, у мэханізме бяруць удзел дадатковыя зваротныя контуры, прыкладам, з удзелам генау **Ror** і **Rev-erba**,

чаго няма ў мушак. А па-другое, ува ўсіх съсunoў нутраны гадзіннік бывае цэнтральны й пэрыфэрыйны, як і цыркадны ритмы. Пэрыфэрыйныя ритмы ўласцівя скуры, печані, страуніку (і яго **мікрабіёму**). А цэнтральны рэгулятар месціца ў супрахіазматычным (надскрыжаваным) ядры **гіпаталямуса** (або **падзрочча**) галаўных мазгой. Гэтую зьяву можна назваць кабінаю капітана, зь якой паступаюць загады сынхранізацыі пэрыфэрыйныя цыркадныя ритмы з ритмам асьвятлення. **Супрахіазматычнае ядро** (СХЯ, *suprachiasmatic nucleus*) арыентуецца на съветлавы сыгнал, які звонку атрымлівае праз **сеткавіцу**. Згодна з гэтым, съветлавы сыгнал дае вонкавую сынхранізацыю, але бялковыя асцыятары працуюць аўтаномна. Яны рэгулююць мноства працэсаў, актыўізуючы гарманальнія ваганыні, **мэтабалізм**, тэмпэратуру цела й дзейнасць мазгой. Съвято можа толькі „падладзіць“ нутраны гадзіннік, але гадзіннік працягвае цікаць дзякуючы бялковым мэханізмам.

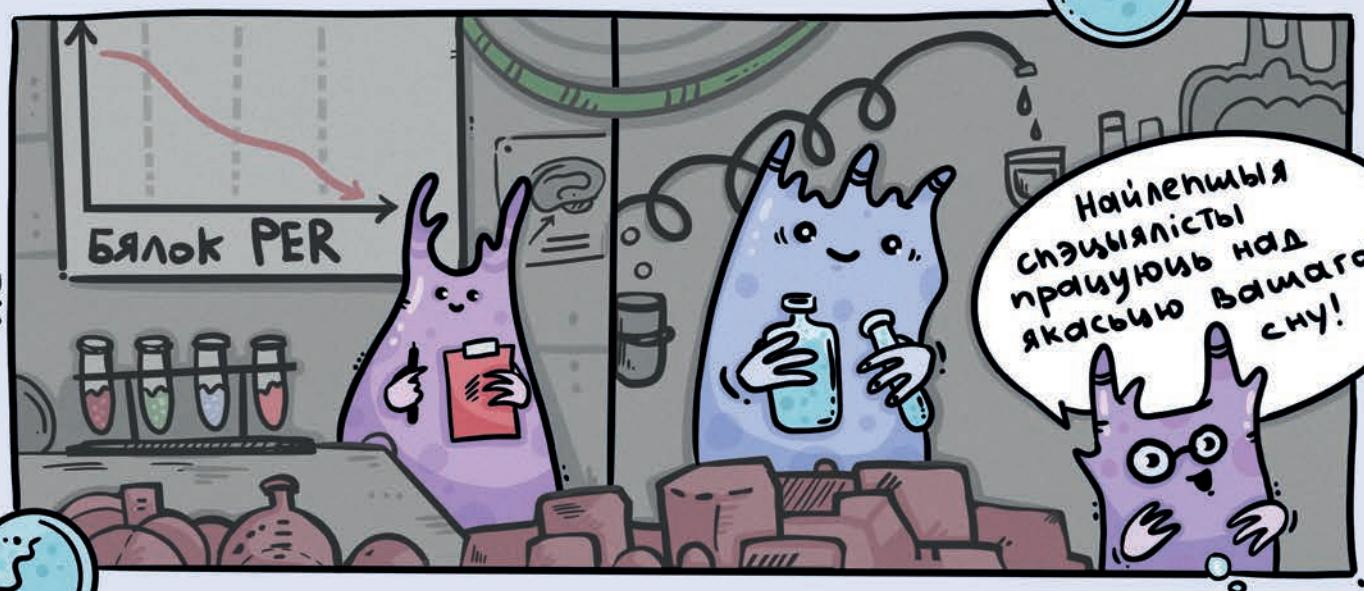
Зробім невялікую выснову? Выходзіць, сон як стан пачаў развязвацца прыблізна 3,5 млрд гадоў таму й эвалюцыянаў разам з ускладненнем нэрвовасыстэмы жывых арганізмаў. Таксама ўскладняліся й множыліся функцыі сну: ад дапамогі ў адаптациі да зъменаў у асяродзьдзі, выкліканых цыкламі асьвятлення, да апрацавання нэрвовасыстэмы.

У гісторыі чалавек па-рознаму ставіўся да сну. Успрымаў яго як містычна-памежны стан. Дарэчы, гэты аспект развязваецца і сёньня. Але паўсталі іншыя – самналёгія, **хронабіялёгія**, **нэўрабіялёгія...** Усе гэтыя дысцыпліны паказалі нам сон як вельмі складаную систэму, што працуе на генетычным, малекулярным і псыхофізіялагічным роўнях. І чым складанейшы арганізм, тым цікавей будзе дзеяць систэма.

Важны элемэнт сну – цыркадныя ритмы. Яны сталіся тою нітачкаю, таргануўшы за якую, навукоўцы выцягнулі доўгі ланцужок генетычных і малекулярных рэгулятараў нутранога біялягічнага гадзінніка.

КРЫНІЦЫ:

1. Нематоды во сне перестраивают свою нервную систему / Е. Наймарк / 2008 / elementy.ru
2. Тик-так по-шведски. Нобелевская премия за циркадные ритмы / М. Казарновский, А. Урум / 2017 / biomolecula.ru
3. Сон и старение I: «Часы в мозге» и влияние генов на ритм жизни / С. Ястребова / 2016 / biomolecula.ru
4. Супрахиазматическое ядро / ru.wikipedia.org
5. Нобелевскую премию по физиологии и медицине присудили за исследование циркадных ритмов / Д. Спасская / 2017 / nplus1.ru
6. «Проснись!» — «Усни...» — «Проснись!» — «Усни...» — «Проснись!» / В. Башмакова / 2015 / biomolecula.ru
7. Циркадные ритмы и метаболизм липидов в животных клетках / И. Соболевская, О. Мяделец, Е. Пашинская / Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі / 2017
8. Сон / Вікіпедыя
9. Циркадный ритм / Википедия
10. Сомнология / Википедия
11. Как возникла наука о сне / И. Завалко / В. Ковальzon / «Природа» № 3, 2014
12. Цыянабактэрый / Вікіпедыя



Чаму Беларусам варта карыстацца *ChatGPT?*

Згодна з прыблізнымі падлікамі, чатам GPT у Беларусі карыстаюцца 73 600–147 200 асобаў, што складае ад 0,8 % да 1,6 % ад усяго насельніцтва. На першы погляд, не надта ўражвае. Але варта адзначыць, што колькасць карыстальнікаў расце кожны дзень. Чат выкарыстоўваюць для розных заданняў: ад развязання паўсядзённых пытанняў да складання бізнес-аналітыкі, стварэння графікі і нават відэа.



Выява згенераваная ШІ <https://chat.mistral.ai/>

ЧАМУ ЧАТ РОБІЦЦА ЎСЁ БОЛЬШ ПАПУЛЯРНЫМ?

GPT здольны дапамагаць у розных сітуацыях. Ён можа адказваць на пытанні, ствараць тэксты, дапамагаць вывучаць мовы і нават быць партнёрам для брэйнштурму. (Спіс ідэяў для выкарыстання чату глядзіце ў канцы артыкулу.)

МАЁ ЗНАЁМСТВА З ЧАТАМ

Я карыстаюся GPT амаль штодня. Спачатку ўсе пытанні задавала па-расейску або па-англійску, бо лічыла, што чат не разумее беларускай. Але аднойчы надумала праверыць: ці можа GPT адказваць

па-беларуску? Я задала пытанне на роднай мове – і была прыемна здзіўленая. Чат не толькі зразумеў мяне, але і даў прыгожы, пісьменны адказ па-беларуску. З таго часу я камунікую з чатам выключна на роднай мове.

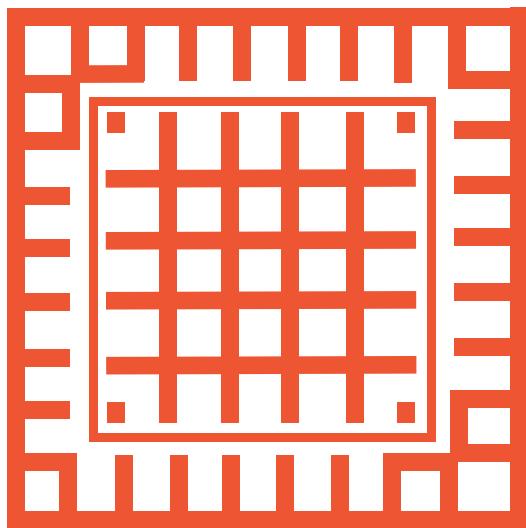
ЦІ ПАМЫЛЯЕЦЦА GPT?

Так, бывае. Напрыклад, часам няправільна фармулюе слова ці дапускае фактычныя памылкі. Таму, калі выкарыстоўваецце інфармацыю з GPT для важнай працы, абавязкова пераправярайце яе. Чат – гэта інструмент, а не аўтарытэтная крыніца, таму крытычнае мысленне застаецца галоўным.

ЯК НАРАДЗІЛАСЯ ІДЭЯ СТАРОНКІ WITAJU_CHAT?

Аднойчы пасля шматлікіх размовай з GPT я падумала: а чаму б не падзяліцца гэтымі цікавінкамі з іншымі? Гэтак нарадзілася ідэя старонкі *witaju_chat* у *Instagram*'е. Назва невыпадковая: мы, беларусы, людзі ветлівія, і нават у размове з штучным інтелектам застаёмся сабою.

Для старонкі я стварыла лагатып, які сімвалізуе сучаснасць і традыцыю. Ён нагадвае QR-код, але ў аснове дызайну – беларускі арнамент, што азначае росквіт. Гэты выбар падкрэслівае ідэю: тэхнологіі могуць стацца часткаю культурнага адраджэння.



10 ІДЭЯЎ ДЛЯ ВЫКАРЫСТАННЯ CHATGPT

- 1. НОВЫЯ ЗАНЯТКІ АБО МОВЫ**
Промпт: «Чат, я хачу навучыцца маляваць акварэллю. Дай мне план заняткаў на месяц, парады і спіс матэрыялаў».
- 2. АРГАНІЗАЦЫЯ ПАДАРОЖЖА**
Промпт: «Сплануй мне бюджетнае падарожжа ў Італію на 10 дзён: маршруты, транспарт, гатэлі і месцы, якія трэба наведаць».
- 3. РАЗВЯЗАННЕ ШТОДЗЁННЫХ ЗАДАННЯЎ**
Промпт: «Чат, складзі для мяне штотыднёвы графік хатніх справаў, каб усе былі зробленыя своечасова».
- 4. ПЛАНАВАННЕ БІЗНЕСУ АБО ПРАЕКТУ**
Промпт: «Я хачу адкрыць маленкую кавярню. Распрацуй бізнес-план, маркетынгавую стратэгію і назову для маёй кавярні».
- 5. ТРЭНІНГІ ГІФТНЕС**
Промпт: «Я хачу трэнавацца ў дома, каб схуднець на 5 кг за 2 месяцы. Складзі для мяне трэнавальны план і прыклад рацыёну».
- 6. КРЭАТЫЎНЫ МАЗГАВЫ ШТУРМ**
Промпт: «Чат, дапамажы мне прыдумаць арыгінальную ідэю для майго наступнага TikTok-відэа пра падарожжы».
- 7. ПСІХАЛАГІЧНАЯ ДАПАМОГА**
Промпт: «Чат, мне цяжка зарганізаваць свой дзень, я адчуваю стрэс. Дапамажы мне спланаваць дзень так, каб я быў/была больш сабраны/сабраная і расслаблены/расслабленая».
- 8. СКЛАДАННЕ ПРАФЕСІЙНЫХ ДАКУМЕНТАЎ**
Промпт: «Чат, дапамажы мне прыдумаць арыгінальную ідэю для майго наступнага TikTok-відэа пра падарожжы».
- 9. АРГАНІЗАЦЫЯ ІМПРЭЗЫ**
Промпт: «Чат, дапамажы мне зарганізаваць вечарыну на дзень нараджэння: тэма, меню, спіс гульняў і аздобаў».
- 10. РАСПРАЦОЎВАННЕ НАВУЧАЛЬНЫХ МАТЭРЫЯЛАЎ**
Промпт: «Ствары для мяне структураваны курс пра экалогію, каб я мог/магла вучыць дзяцей векам 10–12 гадоў».

ЗІН – ПРЫКЛАД КОПІЛЭФТ-ПРАЕКТУ. ДЗЯЛІЦЦА ЗІНАМ МОЖНА І ТРЭБА!

Усе ўласныя матэрыялы распаўсюджваюцца пад ліцэнзіяй **Creative Commons Attribution – Share Alike**. **Атрыбуцыя (Attribution)** значыць, што калі вы бераце матэрыялы зь зіну, вам трэба пазначыць аўтара матэрыялу, такім чынам аддаць яму гонар. **Дзяліцца на тых жа ўмовах (Share Alike)** значыць, што калі вы захочаце ўзяць нейкі матэрыял і перарабіць яго, то вы мусіце зрабіць ваш вытворны твор таксама вольным пад гэтай жа ліцэнзіяй. Такім чынам захоўваецца свабода і пашыраюцца веды.

**Мы ведаем, что любое навуковае
адкрыцьцё пачынаецца з памылкі ;)
І наш зін – гэта толькі пачатак разъ-
віцьця адкрытае беларускае навукі!**



**Падтрымаць зін
PAMYŁKA**

ПАДПІШЫЦЕСЯ НА ЗІН РАМУŁКА.
ДАПАМАГАЙЦЕ НАМ НА ПЛЯТФОРМЕ:
<https://buymeacoffee.com/pamyalka>

ISBN 978-83-974069-1-9

