

можа спатрэбіцца не адзін дзень, але я паспрабую справіца за некалькі хвілінаў вашага чытання.

Для пачатку варта згадаць, што для пабудовы крываі Мэн з калегамі скрыстаў камбінацыю кліматычных паказнікаў (проксі) і беспасярэдніх запісаў метэаралагічных прыладаў. Чырвоным колерам на графіку паказаныя звесткі беспасярэдніх вымярэнняў тэмпературы за 1902–1998 гады. Для рэканструкцыі ж сініе часткі Мэн скрыстаў проксі-запісы гадавых кольцаў, сластых адкладаў, ледзяных кернаў і каралаў у спалучэнні з гістарычнымі звесткамі за перыяд 1000–1980.

Нататка: Проксі ў палеакліматалогіі – гэта захаваныя фізічныя паказнікі клімату мінулага, якія замяняюць беспасярэднія метэаралагічныя вымярэнні і дазваляюць навукоўцам рэканструяваць кліматычныя ўмовы на больш працяглай частцы гісторыі Зямлі, бо верагодныя метэаралагічныя вымярэнні самі па сабе пачаліся толькі пасля 1880-х. Прыклады проксі: вымярэнні стабільных ізотопаў з ледзяных кернаў, вымярэнні гадавых кольцаў дрэваў, вызначэнне відавога складу пылку ў азёрных адкладах ці форамініфераў у акіянскіх адкладах, мінералагічны склад каралаў і г. д.

Асноўная крытыка проксі-падыходу Мэнна была ў тым, што, па-першое, спачатку яны ўжылі ўсяго 112 проксі-запісаў, а гэта відавочна мала для тэмпературнае рэканструкцыі працягласцю каля 600 гадоў. Па-другое, пераважную бальшыню проксі-запісаў уяўлялі сабою запісы гадавых кольцаў дрэваў, але аналіз запісаў вельмі складаны, бо гадавыя кольцы геаграфічна раскіданыя і маюць шмат навызначанасцяў, якія цяжка змераць. Апроч таго, шырыня гадавых кольцаў залежыць не толькі ад тэмпературы, але і ад колькасці ападкаў, асабліва ў нізкашыротных рэгіёнах. Дзякуючы гэтай крытыцы ў 2003 годзе Мэн з саўтарамі правёў аналіз яшчэ раз, прымаючы да ўвагі толькі проксі, адчувальныя да зменлівасці тэмпературы.

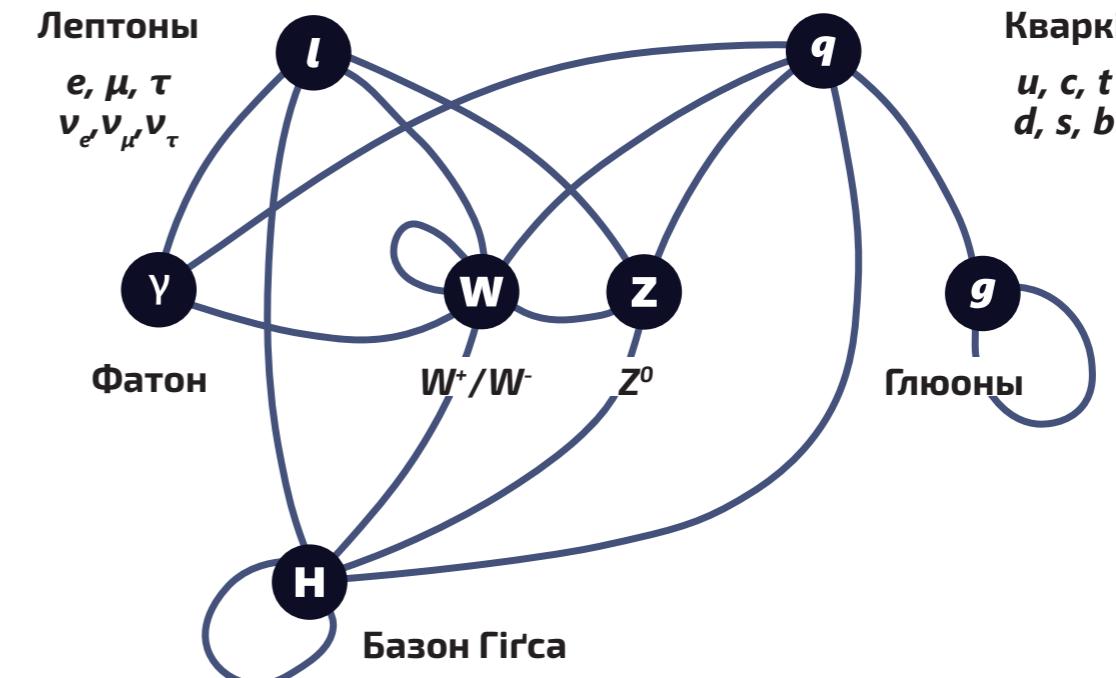
Наступная афіцыйная прэтэнзія да Мэнна заключалася ў тым, што ён перашкаджаў публікацыі поўнага набору скрыстаних ім звестак, адмаяўляючыся падаць свой вылічальны код, альбо аддаваў толькі абмежаваныя запісы. Праз гэта да сёння бальшыня навукоўцаў не здолела цалкам ацаніць метадалогіі Мэнна. Навукоўцы, якія спрабавалі ацаніць змену клімату ў міну-

лым тысячагоддзі ў ЗША, скрыстаўшы іншыя незалежныя паказнікі, гэтак і не здолелі прайграць тыповую кривую хакейнае клюшкі. Іншыя навукоўцы спрабавалі паўтарыць падобнае даследаванне для іншых рэгіёнаў планеты і выявілі, што з выкарыстаннем проксі-запісаў з іншых лакацыяў форма хакейнае клюшкі знікае, што даводзіла: графік – лакальная мадэль для Злучаных Штатаў, а не глабальная. Крытыцы таксама паддаваліся метады апрацоўвання звестак і недакладныя статыстычныя разлікі ў аналізе галоўных кампанентаў. Мэн прызнаваў, што не абаўпраўся ў сваёй працы на значэнні каэфіцыенту дэтэрмінацыі (*R*² value), да якога было найбольш пытанняў [2].

У якасці альтэрнатывынае тэорыі (супраць антрапагеннае) шмат якія апаненты Мэнна спасылаліся на 1500-гадовыя цыклы вагання клімату, вядомыя як падзеі (ци цыклы) Бонда (*Bond events*), сцвярджаючы, што сучаснае пацяplенне – частка гэтага натуральнага працэсу. У якасці прыкладу прыводзілі сярэдневяковыя кліматычны оптымум Х–XIII стагоддзяў, калі, паводле аналізу ледзяных кернаў Грэнландыі, сярэднегадовыя тэмпературы на Паўночным паўшар'і нават перавышалі цяперашнія (Малюнак 1Б). Аналагічныя перыяды пацяplення адзначаліся і раней: рымскі кліматычны оптымум (250 г. да н. э. – 400 г. н. э.) і мінойскі кліматычны оптымум (XVI–XIV стст. да н. э.).

І ўсё ж на карысць даследаванню Мэнна варта сказаць, што за 25 гадоў, мінульых з моманту публікацыі графіку, Мэн ды іншыя навукоўцы з усяго свету ладзілі новыя даследаванні, некаторыя з якіх змаглі пацвердзіць асноўныя высновы першапачатковай працы, не зважаючы на значныя змены ў метадалогіі і дакладнасці аналізу. Некалькі гадоў таму Майл Мэн апублікаваў аўноўлены графік, пашырыўшы яго на 1000 гадоў у мінулае, скрыстаўшы звесткі міжнароднага кансорцыуму *PAGES2k* (Малюнак 1В). Для гэтага графіку інформацыя ўжо збиралася па ўсім свеце, што дазволіла атрымаць больш поўную карціну змены клімату і пацвердзіць агульнную тэнденцыю, пададзеную ў выглядзе клюшкі з падоўжанаю ручкаю, гэтую працу афіцыйна прызнала Нацыянальная акадэмія навук ЗША.

Безумоўна, ні крытыка вакол графіку, працягаванага Мэнам, ні наяўнасць іншых тэорый, якія тлумачаць сучасную тэнденцыю да імклівага пацяplення клімату, не адміняе таго факту, што ўплыў антрапагеннае дзеянасці на павышэнне сярэд-



Малюнак 1. Стандартавая мадэль (standard model) – тэарэтычная канструкцыя ў фізыцы элементарных часцінак, якая апісвае электрамагнітнае, слабое і моцнае ўзаemадзеяньне ўсіх элементарных часцінак. Звычайная мадэль на ёсьць тэорыяй усяго, бо не апавядае пра ўсю матэрыю, ўсю энергию і не залучае гравітацыі. Існуюць 6 лептонаў (электрон, мюон, таў-лептон, электроннае нэўтрона, мюоннае нэўтрона і таў-нэўтрона), 6 кваркаў (*u, d, s, c, b, t*) і 12 адпаведных ім часцінак (<http://elementy.ru/LHC/HEP/SM>)

разыліках. Але адзін з магчымых адказаў быў у тым, што частка нэўтрона зъміняла свой тып. Згодна зь існаў сёнъня ў фізыцы элементарных часцінак стандартавае мадэльлю (Малюнак 1), бываючы трывалы нэўтрона: электроннае, мюоннае і таў-нэўтрона. Кожнаму тыпу можна паставіць у адпаведнасць яго зараджанаага партнера. Электрон да электроннаага нэўтрона. А двум астатнім адпавядаюць цяжкія часціцы, якія маюць меншы час жыцця – гэта мюон і таў-лептон. У выніку ядроўых рэакцыяў на Сонцы нараджаюцца толькі электронныя нэўтрона, і згубленыя нэўтрона маглі б адшукацца, калі б падчас руху да Зямлі электронныя нэўтрона маглі ператварацца ў мюонныя і таў-нэўтрона.

ПОШУКИ НЭЎТРЫНА ГЛЫБОКА ПАД ЗЯМЛЁЮ

Шукаючы нэўтрона бесъперапынна: удзень і ўначы, на систэмах калясальнага памеру, пабудаваных глыбока пад зямлёю для экранаваньня старонінх шумаў, што ствараюцца касьмічным выпраменяваньнем і спонтаннімі радыяектыўнымі рэакцыямі ў асяродзьдзі. Вельмі цяжка адрозніць сыгналы некалькіх сапраўдных сонечных нэўтрона ад мільярда ілжывых.

Нэўтронную абсерваторыю *Super-Kamiokande* пабудавалі ў 1996 годзе пад горою Каміёка (*Kamioka*) за 250 км на паўночны захад ад Токія. Другую абсерваторыю, *Sudbury Neutrino Observatory (SNO)*, – у 1999-м у нікелевым рудніку білизу Антар'ё.

Super-Kamiokande – гіганцкі дэтэктар, пабудаваны на глыбіні 1000 м. Складаецца з бака 40 на 40 м, запоўненага 50 000 т вады. Вада ў баку такое чысьціні, што съвятло можа прайсці адлегласць 70 м, перад тым як яго інтэнсіўнасць зъменшыцца ўдвая. У звычайнім басейне гэтая адлегласць складае ўсяго колькі мэтраў. На верхні і ніжні частках бака – 11 000 дэтэктараў съвятла, якія дазваляюць зарэгістраваць найменшы выбліск съвятла ў вадзе. Вялікая колькасць нэўтронаў праходзіц скроўзь бак з вадой, але толькі некаторыя зь іх узаemадзеюць з атамамі і/ці электронамі з утварэннем электричнай зараджаных часцінак. Мюон утвараецца з мюоннага нэўтрона, электроны – з электронных нэўтронаў. Вакол утвораных зараджаных часцінак утвараюцца выбліскі блакітнага съвятла – гэтак званае выпраменяванье Чаранкова – Вавілава, якое ўзынікае пры руху зараджаных часцінак з хуткасцю, што перавышае хуткасць съвятла ў даным асяродзьдзі. І гэта не супярэчыць тэо-



Малюнак 2. *Super-Kamiokande* – дэтэктар атмасферных нэўтрына. Калі нэўтрына ўзаемадзеіць з вадой, утвораюцца электрычна зараджаныя часцінкі. Гэта прыводзіць да ўзынікнення выпраменяньня Чаранкова – Вавілава, якое реєструеца дэтэктарамі сіячтла. Форма і інтенсіўнасць спектру выпраменяньня Чаранкова – Вавілава дазваляе вызначыць тып часцінкі і месца, адкуль прыляцела

рыі Айнштайні, паводле якой нічога ня можа рухацца з хуткасцю, вышэйшаю за хуткасць сіячтла ў вакууме. У вадзе хуткасць сіячтла складае толькі 70 % ад хуткасці сіячтла ў вакууме і таму можа быць перакрытая хуткасцю руху зараджанае часцінкі.

Пры праходжанні касьмічнага выпраменяньня праз пласты атмасфэры ўтвараецца вялікая колькасць мюонных нэўтрына, якім трэба прыйсці да дэтэктара шлях на некалькі дзясяткаў кіляметраў. *Super-Kamiokande* можа дэтектаваць мюонныя нэўтрына, што прылятаюць з атмасфэры, а таксама нэўтрына, што трапляюць праз тоўшчу зямлі ўсёй шару. Чакалася, што колькасць мюонных нэўтрына, дэтектаваных у двух кірунках, будзе аднолькавая, бо тоўшча зямлі ня ёсьць для нэўтрына якою-колькве перашкодаю. Аднак колькасць нэўтрына, што падаюць на *Super-Kamiokande* прости з атмасфэры, была значна большая. А лік нэўтрына ў абодвух кірунках не адрозніваўся. Атрымліваецца, што частка мюонных

нэўтрына, што праходзіла большы шлях праз тоўшчу зямлі, хутчэй за ўсё, пераўтваралася нейкім чынам у таў-нэўтрына. Але ж доўгі час зарэгістраваць такія пераўтварэнні было немагчыма.

Каб атрымаць канчатковы адказ на пытанье пра магчымасці нэўтрынных пераўтварэнняў, або, як кажуць, нэўтранных асцыляцыяў, распачалі яшчэ адзін эксперымент у другой нэўтрыннай абсерваторыі – *Sudbury Neutrino Observatory* (Малюнак 3). Яе пабудавалі на глыбіні 2000 м пад зямлём і абсталявалі 9500 дэтэктарамі сіячтла. Абсерваторыя прызначаная для дэтектавання менавіта сонечных нэўтрына, энэргія якіх значна меншая за энэргію нэўтрына, народжаных у пластах атмасфэры. Бак запаўняўся ня проста ачышчанай вадой, а цяжкай вадой, у якой кожны атам вадароду ў малекуле мае дадатковы нэўтрон. Гэтак, верагоднасць узаемадзеяньня нэўтрына з цяжкім атамамі вадароду значна вышэйшая. Акрамя таго, наяўнасць цяжкіх ядраў дазваляе нэўтрына ўзае-

**Цяжка знайсці навуку, у якой кан-
цэнтравалася б больш дыскусійных
тэмаў, як у сучаснай кліматалогії.
На працягу апошніх дзесяцігоддзяў
навукоўцам-кліматолагам даво-
дзілася фармуляваць значна больш
пытанняў, чымся адказаў. Некаторыя
тэмы стваралі вакол сябе па-
леміку міжнароднага ўзроўню, якая
не сціхае дзесяцігоддзямі. Сутнасць
чатырох такіх вострых дыскусіяў
я паспрабавала апісаць у гэтым ар-
тыкуле.**

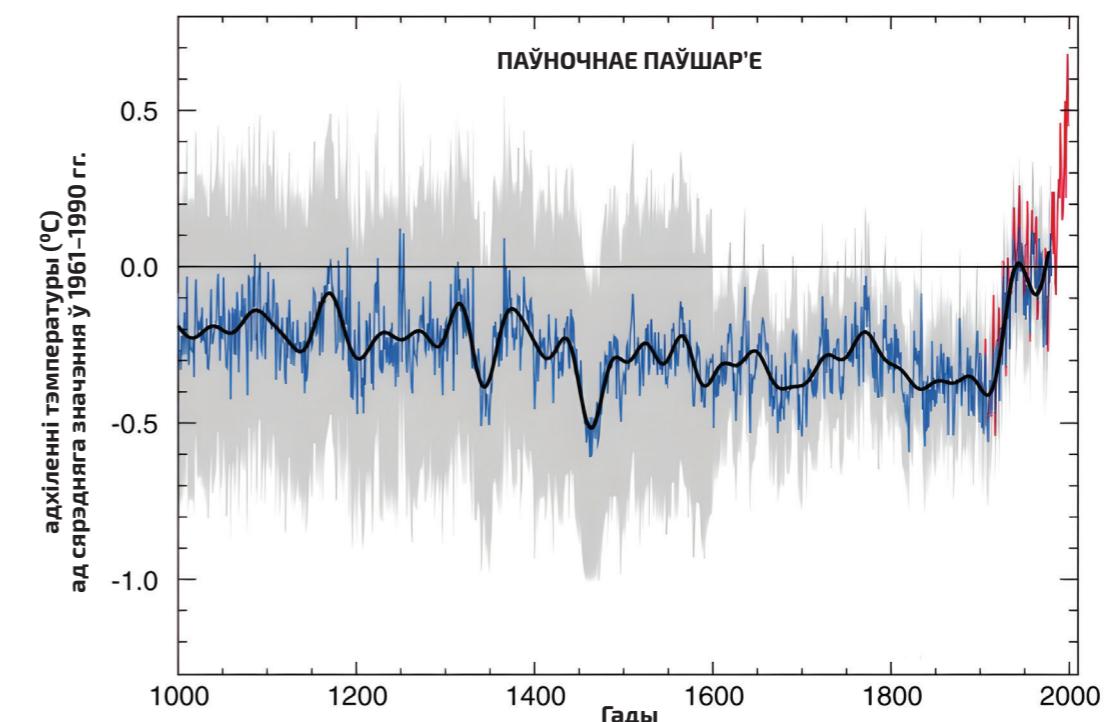
Калі вы захочаце дасканальна разабрацца ў тэмах, апісаных ніжэй, каб сфармаваць нейкае адно цэласнае меркаванне, ямушу вас папярэдзіць: гэта менавіта той выпадак, калі ўпэўненасць у тэме зніжаеца адваротна працарыйна набытым ведам. Урэшце нішто гэтак не тармозіць пошук праўды, як упэўненасць ва ўласнай рацыі.

КЛІМАТ АПОШНЯГА ТЫСЯЧАГОДДЗЯ, АБО КРЫВАЯ ХАКЕЙНАЕ КЛЮШКІ

У 1998 годзе амерыканскі кліматолаг і геафізік Майкл Мэн (Michael Mann) з супутарамі апублікаваў у часопісе *Geophysical Research Letters* Амерыканскага геафізічнага звязу (*American Geophysical Union, AGU*) рэканструкцыю сярэднегадоўнай тэмпературы паверхні Зямлі ў Паўночным паўшар'і за апошнія 1000 гадоў [1]

(Малюнак 1A). Іхнаму графіку адразу далі жартуюную мянушку – графік хакейнае клюшкі (*hockey stick graph*). Праз паступовае астуджэнне плоскае лініі (падобнае да ручкі), за якім ідзе рэзкі пад'ём тэмпературы прыблізна з 1900 году (падобны да загнутага канца). На графіку відаць, што першыя 300 гадоў на крывой (1000–1300 гг. н. э.) трохі цяплейшыя за наступныя 600 (1300–1900 гг. н. э.). Гэты адносна цяплейшы перыяд назвалі сярэдневяковым кліматычным оптымумам. А адносяна зімнейшыя стагоддзі назвалі малым ледавіковым перыядам. Апошнія ж 100 гадоў (сучаснасць) характарызуюцца хуткім узростам сярэдніх тэмператураў, і гэта выклікае непакой.

Гэтая публікацыя стала адпраўным пунктам для абмеркавання праблемы глабальнага пацяплення на міжнародным узроўні, што пасля прывяло да яе пераўтварэння ў адну з асноўных тэмаў на сутыку кліматалогіі і сусветнае палітыкі. Але, не зважаючи на гэта, шмат гадоў пасля публікацыі Мэн трапіў пад шырокую крытыку з боку шмат якіх навукоўцаў, палітыкаў і прости зацікаўленых грамадзянаў ува ўсім свеце. Асноўныя аргументы датычылі якасці запісу проксі, метадалагічных хібаў, утойвання некоторых звестак з боку Мэні і палітычных аспектаў тэмпературы глабальнага пацяплення (*hockey stick controversy*). Каб разабрацца ўва ўсіх аспектах навуковай і палітычнай палемікі вакол неадназначнага графіку,



Малюнак 1A | Крыніца: www.newscientist.com



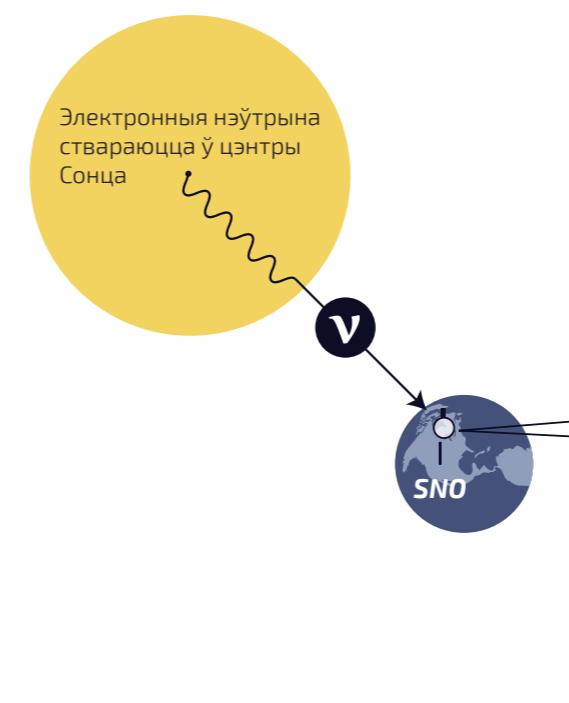
мадзеяць з працэсамі іншых ядравых рэакцыяў, а такім чынам будуць назірацца сьветлавыя выбліскі іншай інтэнсіўнасьці. Некаторыя тыпы рэакцыяў дазваляюць дэтэктаўцу усе тыпы нэўтрына, але ж, на жаль, не дазваляюць дасканала іх адрозніваць.

Пасля пачатку эксперыменту абсерваторыя дэтэктувала З нэўтрына за дзень з 60 млрд нэўтрына праз 1 см², што прылятаюць на Зямлю з Сонца. І ўсё роўна гэта было ўтрай менш за разліковую колькасць электронных сонечных нэўтрына. Сумарны ж лік усіх тыпаў нэўтрына, якія дэтектуюцца ў абсерваторыі, з высокую дакладнасцю адпавядала разлічанай колькасці нэўтрына, што выпраменьвае Сонца. Абагульненне эксперыментальных вынікаў дэльтах нэўтронных абсерваторый і тэорыі, якую прапанаваў Пантэкорва, аб прынцыповай магчымасці нэўтронных асцыляцыяў, дазволіла давесці існаваныне нэўтронных ператварэнняў на шляху ад Сонца да

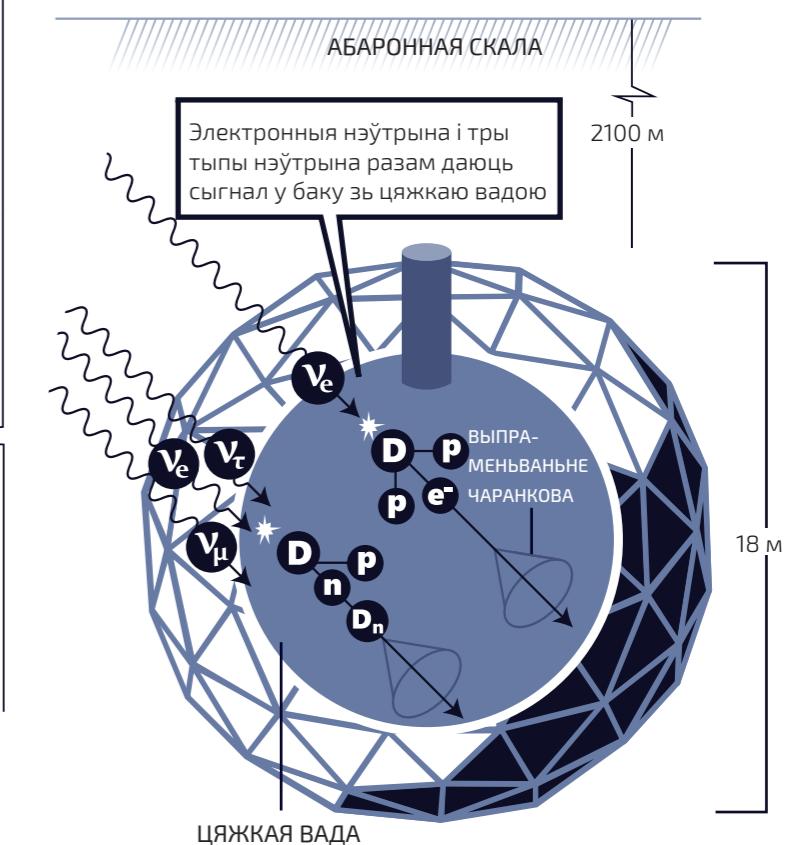
Зямлі. У гэтых дэльтах абсерваторыях – *Super-Kamiokande* і *Sudbury Neutrino Observatory* – упершыню былі атрыманыя і апісаныя вынікі, і ў 2001 годзе пропанаваная іх інтэрпрэтацыя. Каб канчаткова пераканацца ў сапраўднасці праведзеных эксперыментальных даследаваній, праз год, у 2002-м, пачаўся эксперымент *KamLAND* (*Kamioka Liquid scintillator AntiNeutrino Detector*), у якім у якасці крыніцы нэўтранаў выкарыстоўвалі рэактар. Праз некалькі гадоў – пасля дастатковага назапашвання статыстыкі – вынікі пераутварэння нэўтрына пацвердзіліся з высокую дакладнасцю.

Каб патлумачыць мэханізм нэўтронных пераутварэнняў ці нэўтронных асцыляцыяў, навукоўцы звязаліся да клясычнай тэорыі квантавае мэханікі. Эфект пераутварэння электронных нэўтрына з мюонных і таў-нэўтрына дапускае з пункту гледжання квантавае мэханікі наяўнасць у нэўтрына масы, інакш гэты працэс немагчымы нават тэарэтычна.

СОНЧНЫЯ НЭЎТРЫНА



SUDBURY NEUTRINO OBSERVATORY (SNO) АНТАР'Ё, КАНADA



Малюнак 3. *Sudbury Neutrino Observatory* – дэтэктар сонечных нэўтрына. Рэакцыі паміж цяжкімі ядрамі вадароду і нэўтрына даюць магчымасць регістраваць як электронную нэўтрыну, гэтак і ўсе тыпы нэўтрына адначасова. (Малюнкі 2 і 3 узятыя з сайту Нобэлеўскага камітэту nobelprize.org і Швэдзкай акадэміі навук kva.se.)

У квантавай мэханіцы часам адмысловай масе адпавядаюць хвалі адмысловое частаты. Нэўтрына ўяўляюць сабою суперпазыцыю хваляў, якія ўяўляюць нэўтрына рознага тыпу з рознаю масаю. Калі хвалі – у адной фазе, немажліва адрозніць адзін тып нэўтрына ад іншага. Але за час руху нэўтрына ад Сонца да Зямлі можа адбывацца дэфазаванье хваляў і пасыля магчымая іх суперпазыцыя ўжо іншым чынам. Тады і можна адрозніць тыпы нэўтрына. Такія своеасаблівія змены адбываюцца праз тое, што розныя тыпы нэўтрына маюць розныя масы, але гэта адрозненне вельмі малое. Маса нэўтрына ў мільёны разоў меншая за масу электрона, гэта надзвычайна малая велічыня. Аднак за кошт таго, што нэўтрына – вельмі распаўсюджаная часцінка, сума масай усіх нэўтрына ацэніваецца роўнай масе ўсіх бачных зорак.

Не зважаючы на такія посьпехі фізыкаў, шмат якія пытаныні дасюль застаюцца неразвязаныя. Чаму нэўтрына такія лёгкія? Ці існуюць іншыя тыпы нэўтрына? Чаму нэўтрына гэтак моцна адрозніваюцца ад іншых элемэнтарных часцінак? Эксперыменты трываюць, і ёсьць надзея, што яны дазволяць даведацца пра новыя ўласцівасці нэўтрына і гэтак наблізіць нас да разумення гісторыі, структуры і будучыні Сусьвету.

Паводле матэрыялаў з сайту nobelprize.org.

ПАПУЛЯРНАЯ ЛІТАРАТУРА НА ТЭМУ:

1. Hulth, P.O. (2005) High Energy Neutrinos from the Cosmos, http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/themes/physics/hulth/
2. Bahcall, J.N. (2004) Solving the Mystery of the Missing Neutrinos, http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/themes/physics/bahcall/
3. McDonald, A. B., Klein, J. R. och Wark, D. L. (2003) Solving the Solar Neutrino Problem, Scientific American, Vol. 288, Nr 4, April
4. Kearns, E., Kajita, T. och Totsuka, Y. (1999) Detecting Massive Neutrinos, Scientific American, Vol. 281, Nr 2, August
5. nobelprize.org

і падымаць дзіця, не кранаючи ягоных ранаў. Для транспартавання вам не пасуе звычайная пераноска – патрэбная з пенаматэрыйялам. Адзенне трэба набыць свободнае, мяккае, насыць швамі вонкі. Вам не пасуе звычайная соска, пры грудным выкормліванні таксама ўжываюцца прылады супраць трэння. Вы баіцеся мяняць пялюшку, стрыгчы пазногі дзіцяці, перавязваць ягоныя раны, бо ўсё гэта выклікае боль, часам крык. Вам заўжды трэба мець з сабой адмысловыя павязкі, бо разам з няякаснымі можа адрывацца скура. Гэта штодзённая праца і вымушаная самадысціліна, каб вашае дзіця праста жыло.

АЛЕ ЁСЦЬ ПРАМЕНЬЧЫКІ!

19 траўня 2023 году Кірауніцтва харчавання і медыкаментаў ЗША (*Food and Drug Administration, FDA*) зацвердзіла *Vyjuvek* (*beremagene gerergraves*), генатэрапію на аснове вектару віруса простага герпесу тыпу 1 (*HSV-1*) для лекавання ранаў у пацыентаў і пацыентак з дыстрафічнаю формою БЭ (ДБЭ), старэйшых за 6 месяцаў. У іх адбываеца мутацыя ў гене *COL7A1*, які кадуе калаген *VII* (неабходныя блокі, якія дапамагаюць узмацняць і стабілізаваць пласты скуры).

Vyjuvek – генетычна зменены (сфармаваны ў лабараторыі) вектар віруса простага герпесу, выкарыстоўваецца для ўвядзення нармальных копіяў гену *COL7A1* у раны. Малекулы калагену складаюцца ў доўгія тонкія пучкі, якія фармуюць фібрывы, трymаюць эпідэрміс і дэрму разам, што вельмі важна для падтрымання цэласнасці скуры. *Vyjuvek* таксама быў зменены для ліквідацыі магчымасці рэплікацыі ў нармальных клетках. *Vyjuvek* уяўляе сабою гель для вонкавага карыстання, яго наносяць раз на тыдзень.



Бяспечнасць і эфектыўнасць *Vyjuvek* ўстанавліў рандамізаваным, падвойным сляпым, плацэбаконтролем даследаванні з удзелам 31 асобы з ДЭБ. Эфектыўнасць выявілася ў палепшаным гаенні ранаў, што вызначаецца як розніца ў долі пацверджанага поўнага (100 %) закрыцца ранаў паміж ранамі, апрацаванымі *Vyjuvek*ам, і ранамі, апрацаванымі плацеба, праз 24 тыдні. 65 % ранаў, апрацаваных *Vyjuvek*ам, цалкам засягнуліся, у той час як у апрацаваных плацеба – толькі 26 % ранаў.

А ШТО Ў БЕЛАРУСІ?

Фонд «Шанц» падпісаў 11 ліпеня 2017 году з Міністэрствам аховы здароўя Беларусі праграму дапамогі, згодна з якой у Менску адкрылі кабінет генетычнае паталогіі скуры, беларускія дактары атрымалі веды і досвед працы з хваробай у чэшскім цэнтры БЭ ад Міжнароднай арганізацыі *DEBRA*.

Да 2023 году беларускія пацыенты атрымлівалі павязкі шведскае кампаніі *Mölnlycke* (агульнавядома, што аналагай ім няма), 90 % кошту якіх аплочвала дзяржава. У 2023-м кампанія на ўласную пастанову прыпыніла экспарт у Беларусь у звязку з палітычнымі дзеяннямі ва Украіне. З каstryчніка 2023-га ў Беларусь не засталося запасаў павязак, у аптэках няма бінтоў і сподняе бялізы ад *Hartmann*. Нашыя засталіся даслоўна без другое скуры.

Кошт павязак для гадавога лекавання можа дасягаць нават 14 000 беларускіх рублёў. У віленскіх аптэках кошты дэмакратычныя, але і так 1 каробка з 5 павязкамі (для некаторых гэта штодзённая патрэбная қолькасць) *Mepilex Lite* 15*15 каштую 25 еўраў, *Mepilex Ag* 17,5*17,5 – 50 еўраў. Для бальшыні сем'яў гэта непадымныя кошты.

КРЫНІЦЫ:

1. <https://www.debra-international.org/>
2. <https://www.chance.by/>
3. <https://www.uptodate.com/>
4. <https://www.fda.gov/>



уразлівая частка нашага грамадства, таму дапамога ім – нашая з вами адукаванасць і адсутнасць стыгматызацыі ў іхны бок.

А каб прыбраць асноўны жах неадукаванасці (быццам хвароба заразная ці небяспечная), дазнаемся, як дыягнастуюць БЭ.

ДЫЯГНАСТАВАННЕ ХВАРОБЫ

Калі клінічныя прыкметы і анамнез указваюць на БЭ, надыходзіць час лабараторнае дыягностикі. У якасці першага кроку неабходна правесці стандартную руцінную ацэнку для выключэння іншых хваробаў скury. Далей маем два асноўныя метады. **Генетычнае тэставанне** мае на мэце выяўленне канкрэтнага варыянту паслядоўнасцяў ДНК, якія выклікаюць хваробу, атрымліваецца з пробы крыві. Аналіз пробы скury, калі выкарыстоўваюцца тэхнікі, якія знаходзяць змены ў экспрэсіі, лакалізацыі бялкоў і ультраструктурных мадыфікацыяў. Можна правесці з дапамогай імунофлюарэсцэнтнага адбіцця (*immunofluorescence mapping, IFM*) і/ці трансмісійнай электроннай мікраскопіі (*transmission electron microscopy, TEM*).

IFM даследуе бялкі ў скury. Бялкі, звязаныя з БЭ, можна вызначыць паводле канкрэтных антыцелаў. Пры парайнанні са звычайнаю скурою гэтая тэхніка можа паказаць адсутнасць або зменшаную колькасць бялку. **TEM** выкарыстоўваецца для беспасярэдняга даследавання скury, яе структурных кампанентаў, якія не могуць быць убачаныя з дапамогаю звычайнага мікраскопа.

TEM дазваляе павялічваць у 10 мільёнаў разоў. Гэта рэдка выкарыстоўваецца ў стандартнай дыягностыцы БЭ, але можа быць карысным у складаных выпадках.

ДОКТАР ЛЕКУЕ. АЛЕ ЯК ГЭТА РАБІЦЬ ПРЫ АДСУТНАСЦІ ЛЕКАЙ?

Так, БЭ не вылечваеца. Даступная тэрапія сімптоматычная. У нашым арсенале толькі догляд скury з дапамогай адмысловых пластыраў, павязак і бінтоў, змяншэнне болю, гігіена звычак, асаблівае харчаванне, дыспансерызацыя і агляд камандою дактароў.

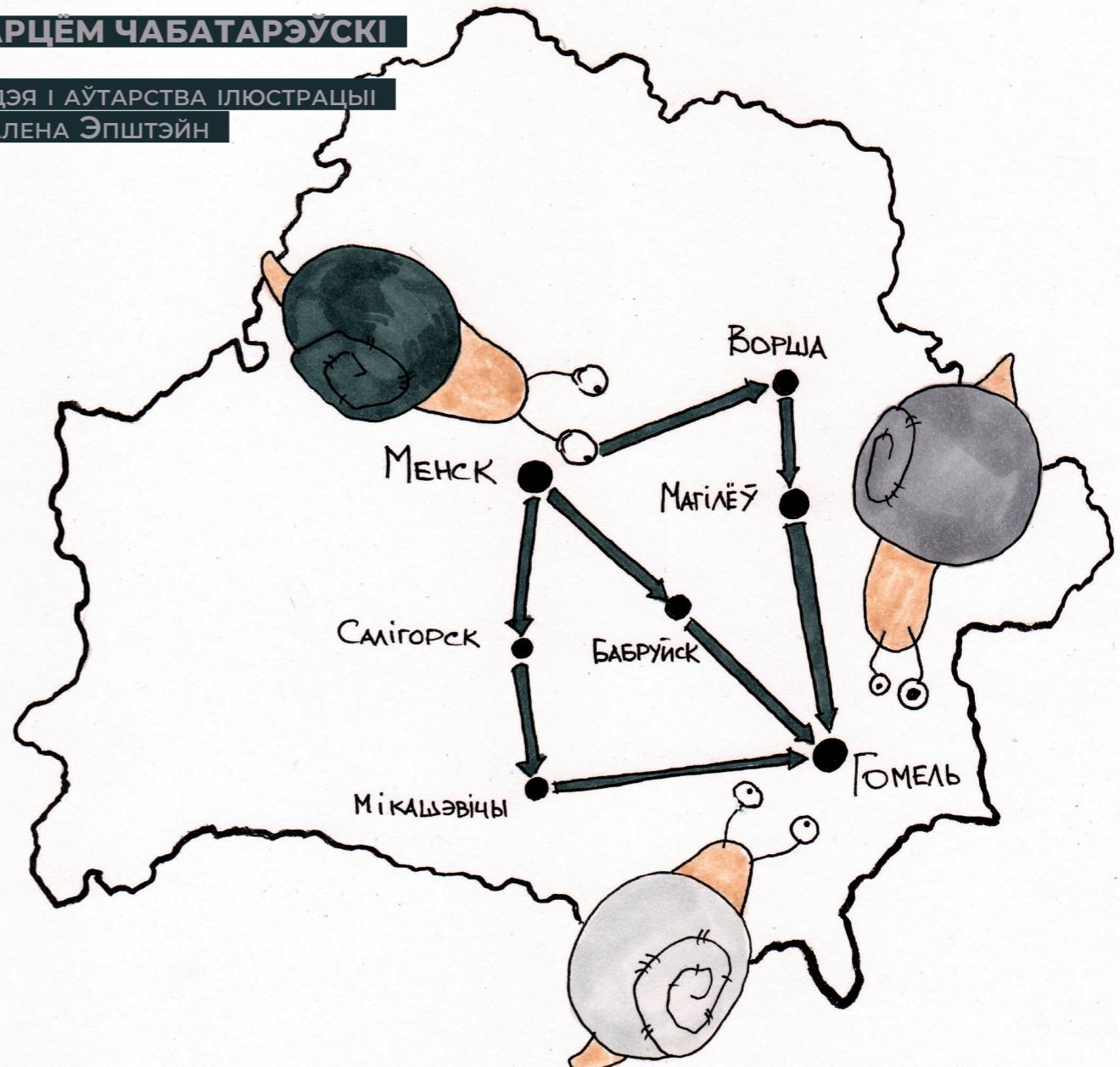
Уявіце сябе на месцы бацькоў немаўляні з БЭ: вам трэба асцярожна і пяшчотна купаць дзіця, сачыць за тэмператураю вады, якасцю ручнікаў, звыкнуцца насіць

Мой досвяд камунікацыі з некаторымі беларускімі пацыентамі ды іхнімі бацькамі быў вельмі кранальны і натхнальны. Светлыя, таленавітая і моцныя людзі-матылі –

НАЙКАРАЦЕЙШЫ МАРШРУТ З ГОМЛЯ Ў МЕНСК

АРЦЁМ ЧАБАТАРЭУСКІ

Ідэя і аўтарства ілюстрацыі
Алена Эпштэйн



Усё звязана з усім – уласна гэтак гучыць першы экалягічны закон Команэра (*Barry Comptoner*). Хоць Команэр і ўжываў гэты афарызм для апісаньня экалягічнага прынцыпу халізму, ён адлюстроўвае ўніверсальнасць сувязяў у Сусьвете.

Мільядры гадоў таму адбыўся Вялікі выбух. Праз яго мноства разнастайных часцін ак у руху з надзвычайнай хуткасцю пачалі сутыкацца й фармаваць розныя сувязі, якія пазней прывялі да зьяўлення туманнасцяў, сузор'яў, плянэтаў ды іншых касмічных целаў. Гэтыя сувязі стварылі парадак з хаосу й запачтавалі энаны нам Сусьвет.

У першасным булёне на Зямлі таксама фармаваліся сувязі паміж малекуламі, што прывяло да зараджэння першасных формаў жыцця і далейшай эвалюцыі ды пачатку разнастайнага жыцця на плянэце.

Чалавек у сваю чаргу – як адна з мноства формаў жыцця – таксама імкнецца ствараць сувязі, парадкуючы хаос міжабобовых, культурніцкіх і тэхналягічных стасункаў. Гэтыя сувязі ляжаць у аснове грамадзтва, культуры й тэхналёгіі.

Сетка нэўроноў у нашым мозгу, сацыяльная сетка, складаная транспартавая сыстэма мэгаполісу – усёды ёсьць сувязі.



Леангард Ойлер | Аўтар партрэту – Якаб Эмануэль Гандман.
Крыніца:www.wikipedia.org

Яны вызначаюць сутнасць сыстэмы, структуру, функцыянаванье й дынаміку. Яны ня проста злучаюць элементы сыстэмы, яны дазваляюць сыстэмам выконваць заданыні, недаступныя асобным яе элементам.

Складанасць сыстэмы часта вызначае складанасць заданыня, якое яна можа выконваць. Складаная сацыяльная сыстэма мурашніка дазваляе мурашам выконваць нашмат больш складаныя заданыні, чымся здолела б асобная мурашка.

ЗАДАЧА СЯМІ КЁНІГСБЭРГСКІХ МАСТОЙ, АБО ПАЧАТАК ГРАФАУ

Усё звязана з усім – першы экалягічны закон Команэра. Мапа стасункаў (сувязяў), або матэматычная сыстэма, абстракцыя рэальнае сыстэмы любое прыроды, аб'екты якое валодаюць парнымі сувязямі – гэтак гучыць вызначэнне **графа**. Менавіта графы дазваляюць нам разумець, аналізаваць, паліпшаць, знаходзіць маршруты ў любых сыстэмах, у якіх аб'екты звязаныя міжсобку.

Бацька графаў і тэорыі пра графы як наўку – швайцарскі матэматык **Леангард Ойлер** (*Leonhard Euler*). Аднойчы, магчыма, праз тое, што было сумна, а можа, ён шукаў нешта новае для сябе, навуковец пастанавіў рашыць папулярную ў той час задачу сямі кёнігсбэргскіх мастоў.

У задачы пыталі, як можна прайсці па ўсіх сямі мастах Кёнігсбергу, не праходзячы па адным месце двойчы. З пытаньня выходзіла, што гэта магчыма, заставалася знайсці рашэнне. Але Леангард Ойлер у артыкуле 1736 году давёў, што гэта немагчыма, і разам з гэтым увёў паняткі **ойлераў цыкл і ойлераў шлях (або лан-цуг)**, якія ў сваю чаргу паклалі пачатак тэорыі графаў.

Калі спрасіць развагі Ойлера, ён адзначае: для адпаведнасці ўмове задачы самае галоўнае, на што варта зьвярнуць увагу, – цотнасць мастоў, што злучаюць адну дзялянку з іншымі. Калі мы дапускаем, што нейкая дзялянка мае цотную колькасць мастоў, гэта значыць, мы можам зайдзіці ў выйсці з гэтае дзялянкі, не праходзячы па адным і тым жа месце двойчы, бо на тое, каб наведаць і пакінуць дзялянку, трэба два розныя масты. А вось што датычыць дзялянак зь няцотным лікам мастоў, то гэтыя дзялянкі могуць быць толькі пачатковымі ці канца-

¹Беларускі гістарычны назоў Кёнігсбергу (*Königsberg*) – Каралавец, або Каралевец.

Ці **трымалі вы калі-небудзь матыля ў руках? Ягоныя крылы такія тонкія, што могуць пацкодзіцца нават ад лёгкага дотыку. Такая ж уразлівая скура ў пацыентаў з булёзным эпідэрмолізам. Чаму так здарается і як жывуць людзі-матылі?**



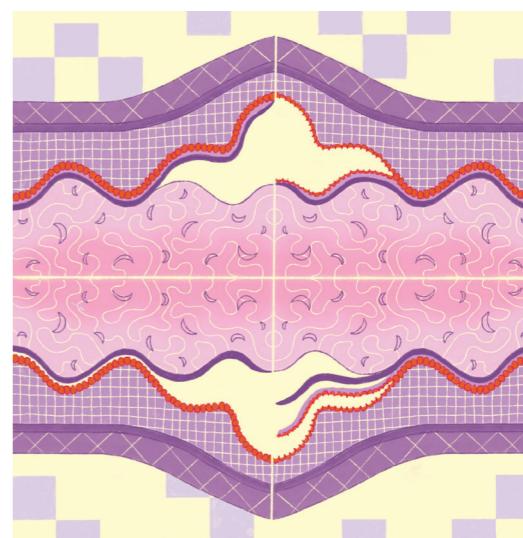
У медыцыне ўсё даволі добра звязана з лінгвістыкай, якая тлумачыць эти малюгі слова. **Булёзны эпідэрмоліз** (*epidermolysis bullosa*, далей **БЭ**) гучыць даволі незразумела, пакуль не разбярэш яго на складнікі. *Bulla* з латыні перакладаецца як пухір, *epidermis* вам вядомы, а *lysis* – страта, растворэнне. Вось і атрымліваецца адсленне эпідэрмісу з утварэннем пухіроў. Таксама ў нас, медыкаў, існуе асаблівы план аповеду пра хваробу: яе эпідэміялогія, этиялогія і патагенез, клініка, дыагностыка, лекаванне, прагноз... Паглядзім жа на людзей-матыліў з медычнага боку.

Булёзны эпідэрмоліз (БЭ) – рэдкая гетэрагенная спадчынная хвароба з аўтасомнадамінантным, аўтасомна-рэцесіўным *de novo*¹ тыпамі наследавання.

На БЭ хварэюць адноўлява жанчыны і мужчыны, прадстаўнікі ўсіх расаў і этнасаў. Пашыранасць – 500 000 чалавек ува ўсім свеце. На жаль, у Беларусі няма дакладнай статыстыкі, але паводле справа-здачы на сайце БДМУ, у 2020 годзе ў краіне былі зарэгістраваныя 111 пацыентаў. Трэба разумець, што не ўсе сем'і становяцца на ўлік, таму сапраўдная колькасць большая. У нашай краіне БЭ не лічыцца арфанаю хваробаю (*orphan disease*), то бок дзяржава не кантролюе і не фінансуе цалкам лекавання ад яе.

¹De novo (даслоўна з латыні 'нанава') – тэрмін, ужываны прапражнікамі ў навуковай літаратуры як ідэёма з значэннем «з самога пачатку».

Існуюць 4 асноўныя тыпы БЭ: прости, памежны, дыстрафічны і Кіндрер-сіндром. Класіфікацыя заснаваная на tym, дзе адбываецца аддзяленне скуры. З патагенезам БЭ асасцяянія больш за 20 генаў і бялкоў, якія забяспечваюць цэласнасць скуры, а гэта кератыны, калагены, ламініны, інтэргрыны ды інш.



ЯК ГЭТА – БЫЦЬ ЧАЛАВЕКАМ-МАТЫЛЁМ?

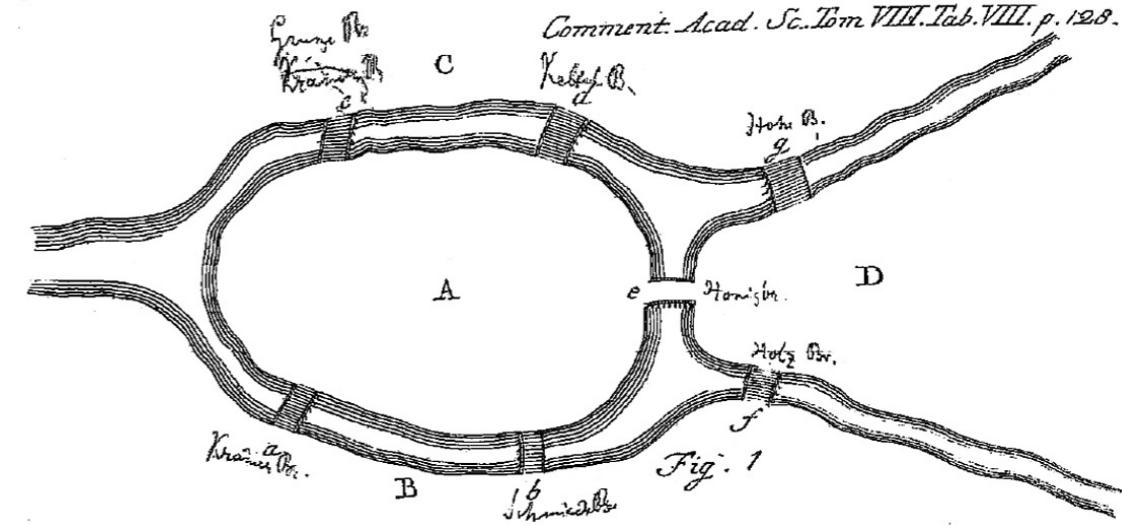
Уявіце сабе. Расплушчыўшы вочы ранкам, вы абдымаете маці, але нават такая простая для кожнага з нас з'ява пакідае боль: калі нехта да вас дакранаецца – застаюцца раны. Сёння прымеце болепатольныя сродкі і зноўку з бацькамі робіце перавязку амаль гадзіну, бо асептычныя пластиры і бінты – вашая другая скура. Вы бачыце, як пухіры пакідаюць эрозію, струпы, шнары, гіпер- і гіпапігментацыю. Вы не чакаеце, калі сонца загляне ў ваконца, бо цяпло, вільготнасць і павышанае потавывядзенне пагаршаюць стан вашае скуры, а таксама павышаюць рызык з'яўлення пласкаклеткавае карцыномы – больш агрэсіўнае, чымся ў людзей без БЭ. Вы садзіцеся пісаць папулярны спіс жаданняў, мараў і мэтай. На дварэ лета, вам хочацца пайсці з сябрамі ў турыстычны паход, але ў вас няма адпаведнага абудку, бо яго трэба замаўляць з асаблівой увагай, каб жорсткасць не пакінула новых шнараў. Вы думаеце набыць адзенне на выпускны, але ў крамах няма нічога, што пасавала б вашаму стану, бо і дробнае шво шкодзіць. Вы марыце хадзіць з сябрамі на ёгу, але праз паражэнне скуры і контрактуру вы не можаце зрабіць асаны. Эта датычыць любога спорту. Вы марыце стацца мадэллю, але раны на твары перашкаджаюць руху пэндзля з пудраю, а манікюр немагчымы праз знікненне

ПАЭТЫЧНАЯ ХВАРОБА, ПРЫ ЯКОЙ ДОТЬК ПЕРАЎТВАРАЕЦЦА Ў БОЛЬ

МАРГАРыта ТРАФІМОВІЧ



Ідэя і аўтарства ілюстрацыяй
Аляксандра Давыдзенка



Візуалізацыя задачы, якую ўзяўся рашаць Леангард Ойлер, даказаўшы, што яна ня мае рашэння.
Крыніца: www.wikipedia.org

вым пунктам маршруту. Гэта тлумачыцца тым, што ў выпадку, калі дзялянка пачатковая, нам ня трэба ўлічваць маста для траплянья ў яе, бо мы ўжо там, а калі дзялянка канцавая – ня трэба ўлічваць маста для выхаду з яе.

На гэтым мы маем практычна ўсё неабходнае, каб апісаць ойлераў шлях і ойлераў цыкл, ды не стае аднае дэталі.

Калі на мапу Кёнігсбэргу дадамо яшчэ дзьве высipy, звязаныя мастамі між сабою, але ніяк не звязаныя зь іншымі дзялянкамі, назавём гэта высипамі Пасхі, на якія жыхары могуць трапіць толькі ўплынъ, і намалюем новую мапу гораду, то ўбачым, што на ёй з'явіліся дзьве новыя дзялянкі, звязаныя між сабою мастамі, але зусім не даступныя для пешага наведаньня з асноўнае часткі гораду, як і горад не даступны для наведаньня з дапамогаю мастоў з высипаў Пасхі.

Можна было б сказаць, што ў нас проста атрымаліся два розныя графы, і мы іх маем разглядаць асобна. Аднак, калі ўявім, што гарадзкая рада пастанавіла зрабіць высipy Пасхі часткай гораду, куды будзе хадзіць паром, то гэта стварае цікавы момант аналізу графаў. Узынікае сітуацыя, калі ў межах аднаго вялікага графа ў нас ёсьць тэрыторыі, не звязаныя адна з адною фізычна (з дапамогаю мастоў).

Для ўліку такіх сітуацыяў уводзяць панятак **кампанэнта злучнасці (або звязнасці)**. Фактычна кампанэнта – граф, у якім кожная дзялянка мае сувязь у выглядзе маста зь любою дзялянкай, або з кожнай дзялянкі можна пеша прыйсці ў кожную дзялянку без дапамогі паро-

ма. То бок горад разам з высипамі будзе мець дзьве кампанэнты злучнасці, а вось асобна разгляданы горад будзе мець толькі адну кампанэнту звязнасці, або іншай – будзе называцца **злучным (або звязным) графам**.

Таксама ў рашэнні задачы Ойлер выкарыстаў дзялянкі і масты, што ў тэорыі прынята называць **вяршынямі і рэбрамі**. Кожная дзялянка робіцца вяршыняю, а кожны мост – рабром. Сам граф – уласна набор вяршыняў і рэбраў.

Цяпер мы маем ўсё, каб сформуляваць вызначэнні ойлеравага шляху і цыклу. Ойлераў шлях існуе на графе, толькі калі гэты граф злучны (кампанэнта злучнасці = 1) і толькі калі ў гэтым графе існуюць болей за дзьве вяршыні зь няцотнымі лікамі рэбраў, а калі лік вяршыняў зь няцотнымі лікамі рэбраў роўны нулю, то гэты шлях пачынаецца ў канчаецца ў адной і той самай вяршыні, а значыць, гэта ойлераў цыкл.

Калі паглядзеце на мапу мастероў Кёнігсбэргу, то мы ўбачым, што кожная дзялянка мае няцотны лік мастероў, а паколькі дзялянак больш за дзьве, значыць, у гэтым графе не існуе ойлеравага цыклу, то бок немагчыма прыйсці па ўсіх мастах, праходзячы па кожным толькі адзін раз.

Толькі што мы з вамі вынайшлі разьдзел **дыскрэтнае матэматыкі**, развязваючы звыклую гарадзкую загадку.

Вельмі цікавы факт: ні Ойлер, ні тагачасная грамадзкасць не ўсьведамлялі, што Ойлер запачаткаваў новы разьдзел матэматыкі. У той перыяд графы, падобна да

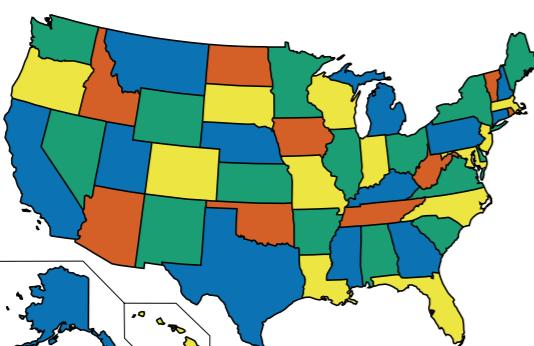
тэорыі імавернасцяў, разглядаліся хутчай як кемікі ды інтэлектуальныя забавы, а не сур'ёзная навуковая дысцыпліна.

ТЭАРЭМА ЧАТЫРОХ ФАРБАЙ: РАЗВІЦЫЦЁ ТЭОРЫІ ГРАФАЙ

Наступны значны ўнёсак у разьвіцьці графаў быў зроблены толькі ў 1852 годзе, калі **Фрэнсіс Гатры** (*Francis Guthrie*), укладаючы мапу паветаў Ангельшчыны, выявіў, што для афарбаванья паветаў дастаткова чатырох колераў, каб разьмежаваць прылеглыя тэрыторыі.

Назіраньне Гатры дапускала, што любую мапу можна расфарбаваць гэтак, каб любая дзіве сумежныя тэрыторыі (з адною агульнаю мяжою) былі рознага колеру, выкарыстоўваючы пры гэтым ня болей за чатыры колеры. Гатры абмеркаваў гэтае назіраньне з братам Фрэдэрыкам, студэнтам знакамітага матэматыка Аг'астаса Дэ Моргана (*Augustus De Morgan*). Той у сваю чаргу распаўсюджваў гэтае назіраньне, што неўзабаве прыцягнула ўвагу Артура Кейлі (*Arthur Cayley*), аднаго з асноўных матэматыкаў таго часу, які сформуляваў з назіраньня гіпотэзу.

Цікава, што дапушчэнне пра чатыры фарбы разглядалася як максімальная колькасць колераў, што можа спатрэбіцца, каб расфарбаваць мапу. Безумоўна, існуюць мапы, якія могуць быць расфарбаваныя і трyma, і нават двумя ці адным колерам, але чацверты робіцца неабходным, калі на мапе ёсьць дзялянкі, акружаныя няцотным лікам іншых дзялянак, што фармуюць замкнёны цыкл. Матэматыкі даказалі тэарэму пра пяць фарбаў адносна хутка й без асаблівых складанасцяў, аднак доказ тэарэмы пра чатыры фарбы заставаўся неразвязаным пытаньнем ажно да 1976 году, калі яно нарэшце



Мапа Злучаных Штатаў з наглядным прыкладам расфарбаванья чатырма колерамі згодна з адпаведнаю тэарэмою.

Крыніца: www.wikipedia.org

было пацьверджанае з выкарыстаннем **камп'утарнага мадэляваньня**. Кенэт Эпэл (*Kenneth Appel*) і **Вольфганг Гакен** (*Wolfgang Haken*) падышлі да доказу гэтае тэарэмы наступным чынам. Яны склалі сьпіс «праблемных канфігурацый», што ўяўлялі сабою такія камбінацыі дзялянок і межаў (вяршины і рэбраў), пры якіх гіпатэтычна магло б патрабавацца выкарыстанне пятыя фарбы, і пасля гэтага з дапамogaю разнастайных альгартымаў даказалі, што кожная з «праблемных канфігурацый» можа быць развязаная з выкарыстаннем толькі чатырох фарбаў. Гэтак было даведзена: чатырох колераў сапраўды дастатковы, каб расфарбаваць любую мапу. Што зрабілася важным вынікам у тэорыі графаў. У далейшым гэты доказ спрасыцілі, ён зрабіўся больш элегантны.

МАТРЫЧНАЯ ТЭАРЭМА КІРХГОФА: ГРАФЫ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВЫВУЧЭНЬНЯ СЕТАК

Можна сказаць, што з гэтага моманту матэматыкі той эпохі сталі крыху болей сур'ёзна ставіцца да графаў, бо выявілася, што яны могуць быць ужывыя ня толькі развязаныя гарадзкіх загадак. Але ўласна пераходам зь вясёлае забавы да сур'ёзнае матэматычнае дысцыпліны варта ўважаць працы **Густафа Кірхгофа** (*Gustav Kirchhoff*), які сформуляваў ня толькі законы для электрычных ланцугоў, што дазволілі ўжываць графы для аналізу ў выяўленыя складаных электрычных ланцугоў, але й пашырыў уласна навуку пра графы, сформуляваўшы і даказаўшы **матрычную тэарэму**.

Сутнасць матрычнае тэарэмы Кірхгофа – у магчымасці прэзэнтаваць граф у форме дэльтоўмернае матрыцы (табліца). У ёй адбіваецца структура графа: інфармацыя, як вяршины злучаныя рэбрамі. Кожны радок матрыцы адпавядае адной вяршины, а кожны слупок – аднаму рабру. Элементы матрыцы паказваюць, ці звязаная вяршина з рабром: 0 азначае адсутнасць сувязі, а 1 (або -1) – наяўнасць сувязі. Гэта дазваляе аналізаваць гэткія ўласцівасці графа, як плыні ў сетках і цыркуляцыі ды нават вызначаць аптымальныя шляхі.

Дзякуючы Кірхгофу і ягонай тэарэме матэматыкі займелі магутны інструмент для вывучэння розных сетак – ня толькі электрычных, але й транспартавых, сацыяльных, біялагічных і шмат якіх яшчэ. Гэтае адкрыццё паспрыяла далейшаму

парогі пераноснасці неспрыяльнага асяроддзя і фізіялогія, больш харктэрная для мезафільных арганізмаў. Найчасцей экстрэмалеранты гінуць праз некаторы час праз зніжэнне патэнцыялу да прыстасавання. Невідавочны прыклад такой экалагічнай групы – ціхаходка.

Ціхаходкі (*Tardigrada*) – мікраскапічныя бесхрэбтовыя эўкарыёты. Увагу да сябе прыцягнулі не толькі чароўным выглядам, але і вельмі экстравагантным спосабам выжываць – крыптабіёзам. Гэты фізіялагічны працэс высушвае цела ціхаходкі праз запуск анабіёзу. У такой форме яны здольныя пражыць працяглы час пры інізавальнім выпраменяванні, у вадкім азоце ды іншых умовах.

І хоць маленькая вадзяная мядзведзі ўжо наведалі космас, былі выяўленыя пры нізкай вільготнасці і высокай тэмпературе, званне экстрэмалаў яны страцілі. Шэраг эксперыменту паказаў, што ў небяспечным асяроддзі ціхаходкі паступова страчваюць жыццяздольнасць. Акрамя таго, галоўны крытэр для экстрэмалаў – перабыванне ў актыўнай форме, а не ў стане ахойнага сну.

НА ІНШАЙ ПЛАНЕЦЕ

Апошнє пытанне: чаго ж хочуць астрабіёлагі ад экстрэмалаў? Адно з цэнтральных заданняў астрабіялогіі – даследаваць умовы, у якіх можа ўзініць або існаваць жыццё. Паколькі мы ведаем, што большую частку часу на Зямлі ў экстрэмальных умовах займала простае мікробнае жыццё, то відавочна, што большы дыяпазон заселеных планетаў будзе належаць мікраарганізмам.

У 1997 годзе цвіль знайшлі на касмічнай станцыі «Мір», дзе яна пашкодзіла блок сувязі з Зямлём. А ў 2001-м на Міжнароднай касмічнай станцыі цвіль спрычынілася да ілжывых сігналуў пра пажар на станцыі. Вынік абодвух інцыдэнтаў – хуткі рост і адаптавальнасць, атрыманыя на станцыях узоры адмаяляліся расці ў лабараторных умовах. Відаць, прызвычайліся да бязважкасці.

А ў 2014-м на МКС ужо знайшлі планктон – на паверхні ілюмінатара. Магчыма, ён з'явіўся пры ўзлёце грузавых караблёў, калі корпус сутыкаецца з узыходнымі паветранымі масамі. Тым не менш дакладнага тлумачэння не знайшлі. Астробіёлагі працягваюць назіраць за Венерай і Марсам, бо іх умовы блізкія да тых, у якіх

выжываюць экстрэмалі ў некаторых экасістэмах Зямлі. У спісе прыярытэтных мэтаў назірання – і спадарожнікі газавых гігантаў: Еўропа, Ганімэд, Каліста, Энцэляд, Тытан.

На халодных планетах і спадарожніках, у водах, пад тоўшчамі лёду могуць знайсці псхрафілаў. У метанавых азёрах некаторых спадарожнікаў таксама могуць знайсцісці бактэрыі са спецыфічнымі крыніцамі энергii. Магчыма, жыццё можа адшукацца і на планетах-цяпліцах, дзе вельмі горча і суха. Аднак гэтыя ўмовы падобныя да гейзерных крыніцаў, так што верагоднасць не роўная нулю.

Экстрэмалі ў далёкай будучыні могуць знайсці ўжыванне пры засваенні новых планетаў і іх тэраформінгу – глабальнай змене іншапланетнае экасістэмы пад зямныя стандарты. Але гэтыя разважанні мы пакінем футуролагам...

Цяпер экстрэмалі – важная частка мікрабіёты планеты, іх вывучэнне ўжо дало плён у біятэхнолагіі і медыцыне. Аднаўленне заражаных радыяцый гле-бай і водаў, ачышчэнне сцёкавых водаў заводаў, ПЛР і крыяпратэктары, мыйныя сродкі, антыфрызыныя бялкі, біядызельнае паліва – толькі частка цудаў, што зрабіліся даступныя дзякуючы маленькім выжывальнікам. Без іх глабальная экасістэма зазнала б крах, а жыццё на планеце не эвалюцыянуала ў больш складаныя і прасунутыя формы.

КРЫНІЦЫ:

1. G. Horneck, P. Rettberg. Complete Course in Astrobiology, 2007 г. ISBN: 978-3-527-40660-9.

2. J. Seckbach, H. Stan-Lotter. Extremophiles as Astrobiological Models, 2021 г. ISBN: 978-1-119-59168-9.

3. David C. Catling. Astrobiology: A Very Short Introduction, 2013. ISBN: 978-0-19-958645-5.