

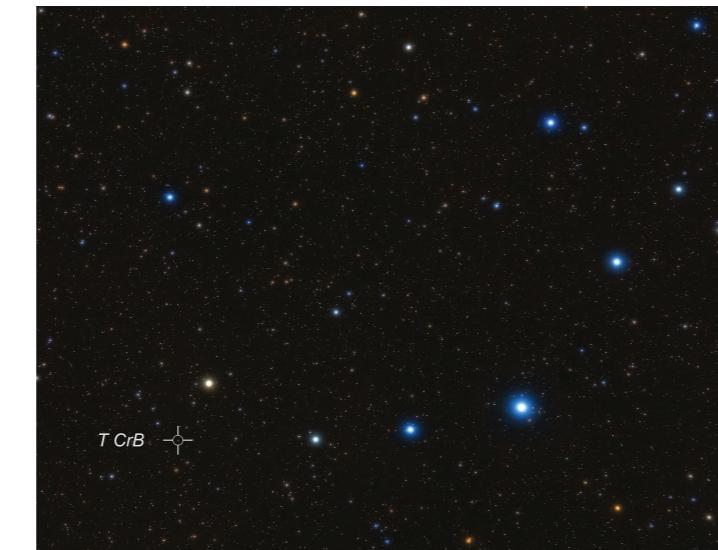
ПАРАДЫ ДЛЯ НАЗІРАНЬНЯ С/2023 АЗ (ЦЫЦІНЬШАНЬ-ATLAS)

Калі камёта ўсё ж дасягне яркасъці, каб быць бачнаю няўзброеным вокам, найлепшыя ўмовы для назіраньня маюць скласціся зь сярэдзіны каstryчніка да лістапада. У найбольшым сваім бліску камёта будзе бачная ў сярэдзіне каstryчніка амаль што адразу паслья заходу Сонца, нізка над заходнім гарызонтам (гл. на мапе). Далей камёта будзе паступова рухацца цягам некалькіх тыдняў праз сузор'і Зымі ды Зімеяносца (ци Зімеядзержца) у паўднёва-заходнім кірунку, адначасова загасаючы. Назіраньні будуть больш цікавыя і захапляльныя, калі скарыстаецца любым (нават ня вельмі магутным) аптычным прыборам: напрыклад, біноклем ці падзорнаю трубою.



Фота 2. Цяпер жа камёта Цыциншань-ATLAS павольна рухаецца па сузор'і Панны (ци Дзевы), незаўважная для няўзброенага вока. На здымку з дойгаю вытрымкаю відаць, што ў камёты ўжо з'явіўся невялічкі хвосьцік. Фота аўтара, 25 траўня 2024 году

Другая нябесная цікавінка мае адбыцца ў любы момант на працягу лета ці восені: **пошуг новае зоркі ў сузор'і Паўночнае Кароны**. Адкуль астрономы гэта ведаюць? Бо зорка, што мае выбухнуць, Т Паўночнае Кароны (*T CrB*, ці Пальмаянна зорка), рабіла гэта і раней. Такія зоркі называюць паўторнымі новымі. Зорка Т Паўночнае Кароны выбухае раз на 80 гадоў, і новы пошуг мае вось-вось адбыцца. (Можа здарыцца, што падзея ўжо адбудзеца, на момант калі вы будзеце чытаць гэтую радкі.) Назіраньні паказваюць, што зорка ўжо крыху пачынела, што съведчыць пра яе перадвыбуховы стан. Гэтым жа чынам яна паводзіла сябе і напярэдадні мінулага пошугу – 80 гадоў таму. Зорка гэтая ня бачная няўзброеным вокам, але падчас выбуху дасягне бліску, пароўнальнага з бліскам найбольш яркае зоркі гэтага



Фота 3. Сузор'е Паўночнае Кароны і сапраўды падобнае на каралеўскі вянец, упрыгожаны каштоўнымі камяніямі. Калі адбудзеца пошуг новае зоркі, на ім з'явіцца яшчэ адзін дымант, паравыяльны паводле яркасъці з найбольш яркаю зоркай гэтага сузор'я – Гемаю. Цяпер жа Т Паўночнае Кароны (*T CrB*) ня бачная няўзброеным вокам і нават ледзь заўважная на гэтым здымку, зробленым з дойгаю вытрымкаю. Фота аўтара, 25 траўня 2024 году

сузор'я – Гемы (ци Альфэка, а Паўночнае Кароны), тым самым пошуг мае моцна сказіць звыклы выгляд сузор'я (Фота 3). Астрономы высьветлілі, што Т Паўночнае Кароны – падвойная зорка, яна складаецца з адносна халоднага чырвонага гіганта з разрэджанай зорнай атмасферай пераважна з вадароду ды гарачага і шчыльнага белага карліка. Чырвоны гігант паступова губляе вадарод, што назапашваецца на паверхні белага карліка, пакуль не адбываецца тэрмаядравы выбух, што і робіць зорку ярчэйшай у тысячы разоў, чым ся звычайна, на працягу прыблізна пяці дзён. Далей працэс пачынаецца зноўку. Адшукайце гэтае прыгоже сузор'е на небе. Калі ня вельмі добра арыентуецца ў сузор'ях, усталойце праграму з мапаю зорнага неба (напрыклад, *Stellarium*) на смартфон. Паспрабуйце спачатку знайсці знакаміты коўш Вялікае Мядзьеvedzіхі (ци Вялікая Мядзьеvedzіца, ці Вялікі Воз, ці Ільлёў Воз), зірнушы ў паўночным кірунку. У думках злучыце дзъве краінія зоркі ручкі каўша і працягніце лінію далей: спачатку вы наткніцесь на сузор'е Валапаса і ўрэшце леваруч убачыце вянец зь няяркіх зорак Паўночнае Кароны. Назірайце за гэтым сузор'ем на працягу лета і восені: мо вам пашанцуе першаму на Зямлі пабачыць пачатак гэтага выбуху касьмічнае моцы!

На небасхіле адбываецца даволі шмат цікавага. Паспрабуем і надалей апавядаць чытачам «Памылкі» пра адметныя астронамічныя зявы.



Toje ž z vadoju z krana. My prawodzili vymiareńni z dapamohaju techniki vadkich scyntylataraū: sabrali proby i adpravili ich u labaratoryju. Studenty nabirali vadu sa svajho krana. Ja rabiū heta sa školnaha i damašniah kramaū. I taksama my nabirali vadu, kalis byli ū padziemnych šachtach.

Ciapier možna zrazumieć adroźnieńi üzrońnia. Jak i ū Varšauskim rajonie, u škole vada ū Vistły, jana filtrujeccu. A ū mianie, heta pobač z Varšavaju, inšaja kampanja. Jany robiąc swaju śvidravinu dla vady. U šachte ū niama abmienu vady, a byta raniejsaja ūranavaja šachta. Takim čynam vy bačycie vyniki, ale ciapier vy možacie zrazumieć čamu jany adroźnijavucca.

Śvieta: Zdajecca, taja ž vada, ale...

Darek: Tak! Ale vy bačycie prycynu. I hetak sama, kalis my abmirkouvali padvodnyja krynicu. Adzin student zaúvažyū, što ū nas jośc aligacenavaja Śvidravina, i jon uziau bolš probau, kab pajsci i pravieryc padvodnuju aligacenavuju krynicu, što nie-daloka ad jaho. Tam byta samaja cikavaja proba, jaku my atrymali.

Tak što studenty mahli rabić usio, što chacieli.

Śvieta: Ja bačyla niekatoryja vyniki. Možaś prakamentavać ich? Naprykład, u hetaj aligacenavaj Śvidravinie byto niešta cikavaje. I ū centry Varšavy byli wysokija pakaźniki, u Żoliborzy⁵, ci nia tak?

Darek: Ale heta vymiareńni pavietra.

Naahuł u vadzie ū Varšavie paūsiu kancentracyja byta niżejšaja za paroh vyjaūleńia: niżej za 2 Bq/l. I prycyna ū tym, što heta račnaja vada. Było dastatkova času, kab

⁵[u Žoliborzy]



radon vyrvausia. Adkrytaja vada. Ale ū šachcie my atrymali kala 470 Bq/l . I heta vielizarnaja kolkaś. A ū aligacenavaj śvidravinie heta bylo kala 30 \mu Bq/l . To bok vadu možna pić, i koncentracja nižejsza za paroh, jaki vyznačyta SAZ, a heta prykładna 100 Bq/l . Tamu vychodzić, što pić biašpiečna.

Cikava, što my sapraūdy možam adrožnič pachodžanie vady. Što heta padzemiňna vody, a nie vada z raki!

I pavietram my pačvierdžili toje, što čakali: u sklepach my dasiahnuli navat kala 300 \mu Bq/m^3 z čymšci, ale na vierchnich pavierchach heta bylo niżej abo kala siaredniaha üzročiu pa Polščy – kala 50 Bq/m^3 .

Švieta: Sklep. Ty maješ na ūvazie dla studentau, jakija jaho majuć?

Darek: Tak!

Švieta: Heta wielmi cikava! I jašče adno pytańie. Raskažy pra mižnarodnuju supolnaśś, jakaja vymiaraje radon. Jak jana praciuje? Jak hetyja inicyjatyvy žviazanyja?

Darek: Ideja idzie ad konsorcijumu *Rado-NORM*, što zajmajecca radonam i *NORM'om*, prydromi radyjezatopami. Heta ahlulne-eūrapiejski konsorcijum, jaki składajecca z, dumaju, 60 instytutaū, labaratoryjaū, ahencyjaū, što zajmajucca dazymetryjaī i radyjacyjnaj abaronaj. I jany finansujucca praz Euratom, to bok Eūražviaz.



Adzin z pracoūnych pakietau byu pryświečany kamunikacyi i adukacyi. Heta byli pilotnyja projekty pra hramadzianskuju navuku. Ideja ū tym, kab vymiareńni rabilisia nia tolki navukoūcam. Jany chacieli zaachwocić ludziej taksama ūziać udziet i dziaķujičy hetamu lepš zrazumieć, što nasamreč adbyvajecca ū supolnaści dy stacca hramadzianskim navukoūcam.

Hetak byli zapuščanyja dva pilotnyja projekty i abvieščanaja mahčymaśc hrantu. Kožny moh padacca na hrant sumaju kala $25\,000 \text{ eūraū}$. Heta byli vialikija hrošy dla niewialikich hrupaū hramadzianau! Šeść projektaū vyjiali, i adzin ū ich byu naš.

Hetyja projekty krychu adrožnivalisia ad našaha. Naš byu adziny aryjentavany na starejšaklašnikaū. Voś tamu ū nas zadziejanyja tolki dziaśiaciera vučniaū, ale my stvarajem patencyjał dla vymiareńnia radonu dla ūsioj škoły i na budučyniu. I my zrabili źmat roznych rečau: vymiarali vadu i pavietra, pracovali z aktyūnymi i pasyūnymi detektarami, pracovali z radonavaju kameraju. My

АСТРАНАМІЧНЫЯ ПАДЗЕІ ЛЕТА І ВОСЕНІ: ЧАКАЕЦЦА ЗЬЯЎЛЕНЬНЕ ЯРКАЕ КАМЭТЫ І ПОШУГ НОВАЕ ЗОРКІ



АҮТАР ТЭКСТУ І АСТРАЗДЫМКАЎ –
ЗЬМІЦЕР КАНАНОВІЧ

**Менавіта гэтыя дзьве яскравыя па-
дзеі вартыя асаблівай увагі, бо зда-
раюцца бадай што раз у жыцьці.**

Камэту C/2023 A3 (Цзыциньшань-ATLAS, *Tsuchinshan-ATLAS*) адкрылі ў пачатку мінулага году ў Абсэрваторыі Пурпурове гары (ци Цзыциньшань, *Zijinshan* / *Tsuchinshan*) у Кітai. Незалежна ад яе камэтu заўважыла і рабатызаваная систэма агляду неба *ATLAS* (*Asteroid Terrestrial-impact Last Alert System*), створаная з дапамогаю *NASA* для пошуку небяśspечных астэродаў, якія маюць рызыку су-ткнучца зъ Зямлёю. Нябесная госьця, як і шмат якія іншыя камэты, завітала да нас з воблака Оўрта на далёкай ускраіне Сончнае систэмы. Апошнім часам аўтаматызаваныя агляды неба, падобныя да *ATLAS*, адкрываюць даволі шмат камэтай, якія наведваюць нутраную Сончную сис-тэму першы (i, верагодна, апошні) раз. Бальшыня гэтых камётай цікавая хіба што астрономам, бо назіраць іх можна выключна праз тэлескоп. Але Цзыциньшань-ATLAS выбіваецца з гэтага шэрагу: чакаецца, што пасля яе пралёту блізка да Сонца ў канцы верасня яркасьць камёты надзвычайна павялічыцца. Гэта, ве-рагodna, зробіць яе бачнаю няўзброеным вокам з каstryčníka da лістапада. Чаму толькі верагodna, калі астрономія ўсё ж такі дакладная наука? Што датычыць камётай, тут ёсьць свае асаблівасці i пасткі: такія камёты-першаходкі, як Цзыциньшань-ATLAS, ня надта прадказальны ў сваіх паводзінах. Як трапна заўважыў аматар астрономіі i знакаміты лавец камётай Дэйвід Леві (*David Levy*), камёты падобныя да катоў: у іх таксама ёсьць хвости, i яны робяць менавіта тое, што хочуць. Пры набліжэнні да Сонца ядро камёты мае моžna нагрэцца. Ядро скла-даецца з пылу i пакрытае лятучымі ма-

тэрыялямі (напрыклад, лёдам). Менавіта яны i ствараюць яркі i прыгожы хвост камёты, калі выпараюцца i выштурхоўваюцца ў космас. Але камёты, што ніколі раней не праляталі побач з Сонцем, могуць згубіць лятучыя матэрыялы на паверхні ўжо далёка ад Сонца, ствараючы кароткачасовыя ўсплескі яркасьці. Далей павелічэньне яркасьці можа запаволіцца ці нават цалкам спыніцца. Таксама камета можа ўвогуле распascьціся на кавалкі пад уздзеяньнем сонечнага цяпла i рассы-яцца ў касымічнай прасторы ўздоўж сваёй арбіты, стварыўшы новую мэтэорную плынню. Ці падорыць нам гэтая камета захапляльнае відовішча ўвесень? Паглядзім. Чакаць засталося ўжо нядоўга.

Фота 1. Апошні раз камёту, бачную няўзброеным вокам, назіралі ўлетку 2020 году. Аўтару гэтага артыкулу пашан-цавала пабачыць камёту *NEOWISE* (C/2020 F3) і зрабіць яе здымак раніцаю 10 ліпеня 2020-га. Калі вельмі пашанце, Цзыциньшань-ATLAS можа выглądaць у прыцемках каstryčníka падобным чынам



паветраныя масы паміж Арктыкай і субтропічнай Атлантыкай. Паўднёвая асцыляцыя – Эль Ніннё (*El Niño-Southern Oscillation, ENSO*) – гэта ваганне тэмпературы паверхневага пласту вады ва ўсходняй і цэнтральнай частках Ціхага акіяну. Яно цыклічна чаргую халодныя (Ля Ніннё), нейтральныя і цёплыя перыяды (Эль Ніннё). Цёплыя фазы звычайна адбываюцца раз на 3-8 гадоў.

Пры гэтым важная рэмарка: павялічванне/зніжэнне назіранае колькасці трапічных цыклонаў магло быць выкліканам значным удасканаленнем метадаў назірання з даспадарожнікамі эпохі да цяперашняга часу, а не рэальнымі зменамі частаты трапічных цыклонаў. Рэгулярныя спадарожнікамі назіранні пачаліся толькі прыблізна ў 1965–1970 гадах, дасюль існуе высокая імавернасць таго, што шматлікія трапічныя цыклоны без выходу на сушу не былі выяўленыя. Гэта пацвярджаюць некаторыя рэгіянальныя даследаванні, што дакументавалі ўскосныя сведчанні мінулых ураганаў на сушы (паводле харектару адкладаў). Акрамя таго, варыяцыйнасць паміж рознымі базамі звестак таксама можа адыгрываць вялікую ролю. Два розныя даследаванні, праведзеныя ў 2005 годзе і японскімі навукоўцамі ў 2006-м, якія выкарысталі дзве розныя базы звестак – базы амерыканскага Аб'яднанага вайсков-марскога цэнтра папярэджання тай-фунаў (*JTWC*) і Японскага метэаралагічнага агенцтва (*JMA*) адпаведна – прывялі да супяречлівых вынікаў: японскія навукоўцы паказалі, што ў 1977–1990 і 1991–2004 гадах назіралася істотнае зніжэнне колькасці ўраганаў катэгорыі 4–5, у адрозненне ад даследавання ўэбстэрса, якія прадэманстраваў іх узрост. Магчымым тлумачэннем такога разыходжання звестак паміж *JMA* і *JTWC* ёсць спыненне авіяцыйнае выведкі ў 1987-м.

Ясным застаецца толькі адно: пры вывучэнні паводзінаў ураганаў трэба ўлічваць не толькі змену тэмпературы паверхні мора, але і іншыя фактары, як сіла Кар'ёліса (*Gaspard Gustave de Coriolis*), тып і колькасць ападкаў, змены атмасфернага ціску, напружанне зруху ветру (на паверхню вады) і рэгіянальныя атмасферныя ваганні. Трапічныя цыклоны ўяўляюць сабою складаныя сістэмы са значным уздоўжнем няпэўнасці як у мадэляванні, гэтак і ў вымярэннях. І толькі час пакажа, як на іх паўплывае змена клімату.

КРЫНІЦЫ:

1. Mann, M.E., Bradley, R.S., Hughes, M.K., 1998. Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature* 392; pp. 779-787.
2. McKittrick, R., 2005. What is the 'Hockey Stick' Debate About?. APEC Study Group, Australia, April 4, 2003.
3. Seager, R., 2006. The Source of Europe's Mild Climate: The notion that the Gulf Stream is responsible for keeping Europe anomalously warm turns out to be a myth. *American Scientist*, 94 (4), 334-341.
4. Rhines, P. B., & Häkkinen, S., 2003. Is the oceanic heat transport in the North Atlantic irrelevant to the climate in Europe. *ASOF Newsletter*, 2, 13-17.
5. Powell, H., 2008. "Fertilizing the Ocean with Iron - Should we add iron to the sea to help reduce greenhouse gases in the air?" *Oceanus Magazine* 46 (1).
6. Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry, and H.-R. Chang, 2005. Changes in tropical cyclone number, Duration, and intensity in a warming environment, *Science*, 309, 1844-1846.
7. Klotzbach P. J., Landsea C. W., 2015. Extremely intense hurricanes: Revisiting Webster et al. (2005) after 10 years. *Journal of Climate*, 28, 7621-7629.

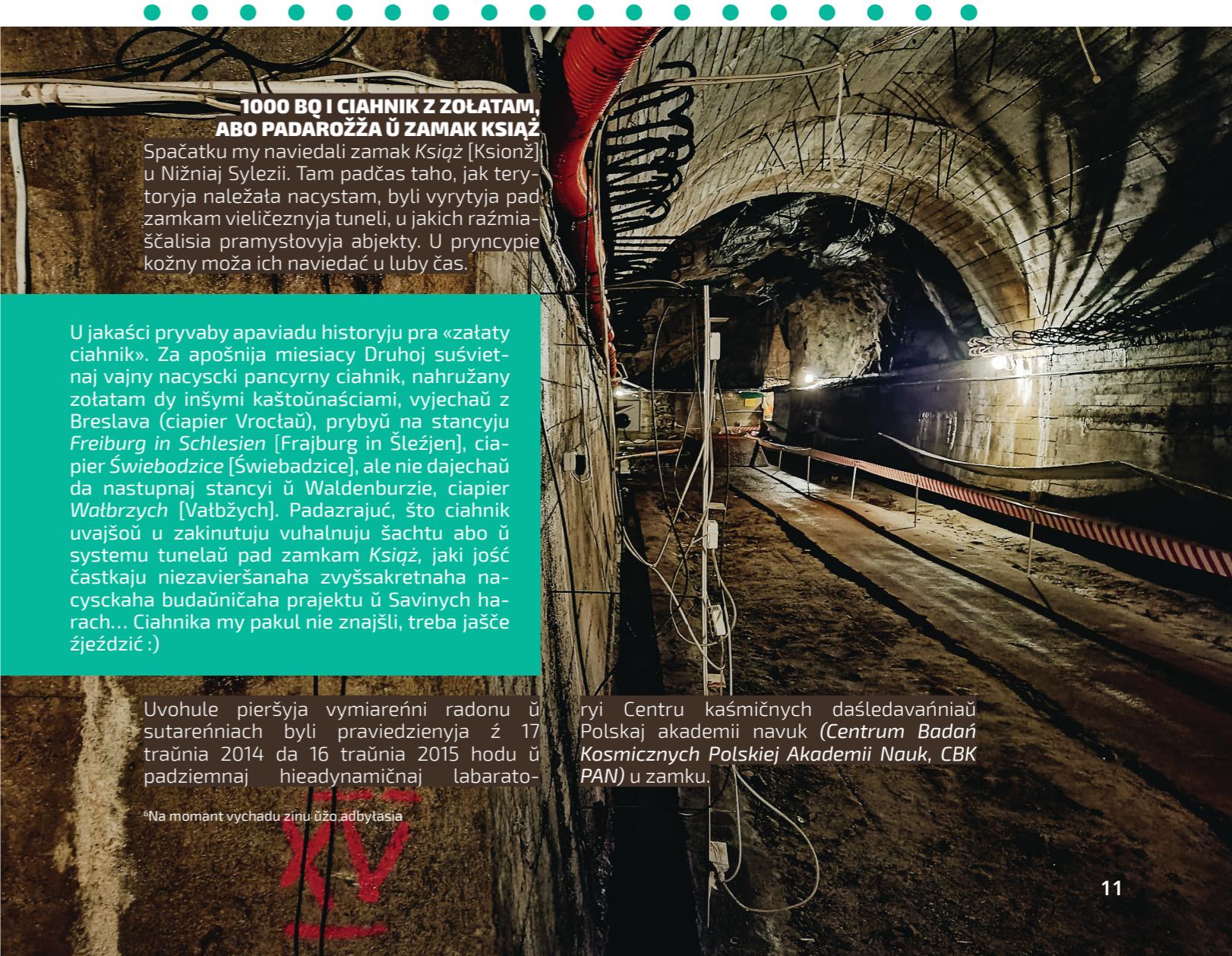
шмат чаго зрабілі! Ale іншыя ініцыятывы, напрыклад, были заснаваныя на выміярэні канцэнтракцыі ў павіетры, і ў праекте были задзейніяны, напрыклад, 200 чалавек. Тады іхныя людзі праходзілі на вучаніе і пащаля тадзілі даследавані, а затым і аналізівалі даследаванія. I, напрыклад, настав рабілі задачы для зніжэння ўзроўню радону.

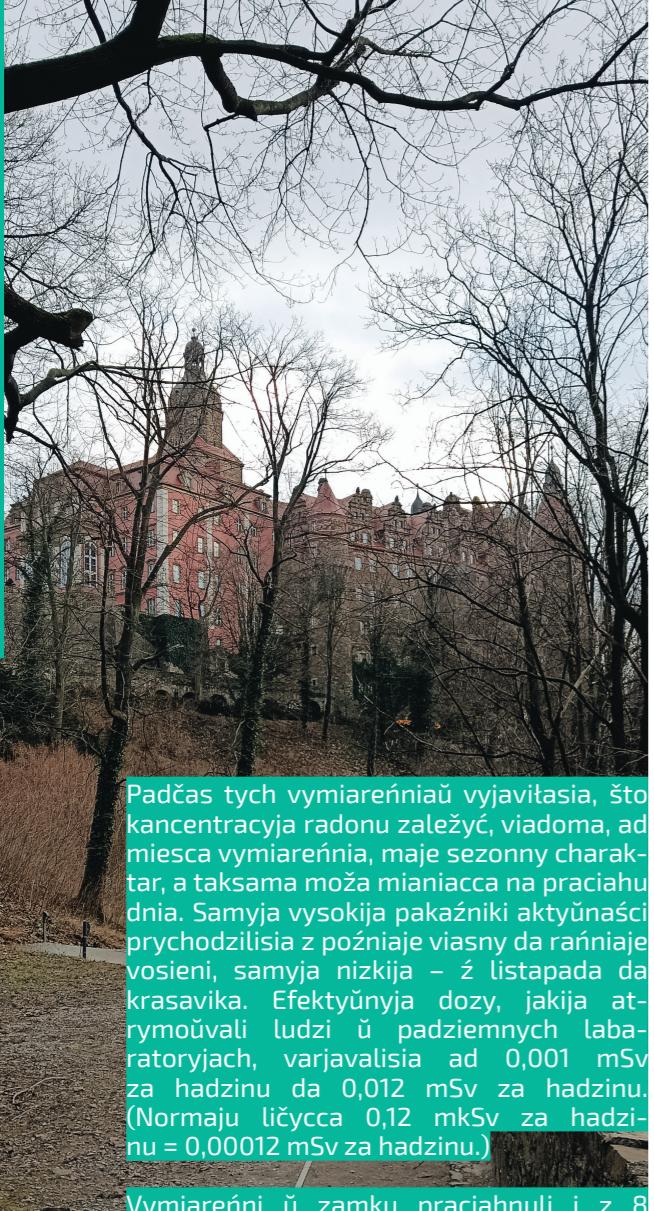
У нашым праекте не было патрэбы змянічаць наступствы, tym часам адна рец адбылася ў Польшчы ўпершыню: у студзені 2024 года адні пацаткову школу зачынілі праз завысокую канцэнтракцыю радону. Было юта ў Lublinskім вайavadzvye.

Takim чынам, hetyja 6 праектаў были прафінансаваныя, а потым людзі набрали свае каманды, ciapier – каманды hramadzianskich navukoučau. Kožnyja niekalki mesiacau my sustrakajemsia online, kab padvinikava prahres. Prayekt zaviaršajecca, i ū červieni adbudziecca štohadovaja sostreča kansorcyjumu *RadoNORM*, a taksama budzie panel¹⁶, prysiečanaja hramadzianskim navukovym projektom.

Ideja hramadzianskaje navuki pryciha-va ўсio bolš uvahi, prynamsi ū Eǔropie. Usio bolš finansujecca hety kirunak, bo heta mahčymy sposab pabudavač davier da navuki, zajmajučsia realnaju navukaju. Bo tady vy razumiejecie, jak heta praca-je, i nichcia nia skaža vam, ſto, vieda-je, niechta kankretny kiruje ſvietam, ci chto-kolviek jašče... Bo, bačcicie, ułasna vy rabili vymiareni, vy možacie im daviačač, vy navučanya rabič ich samastojna ū la-baratoryi. I asabliva kali vy nie davia-je, jecie ūradu, ci tym, chto kiruje ſvietam, vy možacie praviešci realnaje dašledava-nie. Ale ū hetym vypadku – z prafesijnym padtrymańiem asobaū, jakija mohuć da-pamahčy taksama z abstalavańiem dla analizu, ale nia tolki.

P. S. My abminuli temu sacyjalnych sietak :D





Padčas tych vymiareńia vyjaviliščia, što kancentracyja radonu zaležyč, viadoma, ad miesca vymaireńia, maje sezonný charaktar, a taksama moža mianiacca na praciahodni. Samyja vysokija pakaźniki aktyūnaści prychodzilisia z požnaje viasny da raňniaje vosieni, samyja nizkija – z listapada da krasavika. Efektyūnya dozy, jakija atrymovali ludzi ū padziemnych labatoryjach, varjavališia ad 0,001 mSv za hadzinu da 0,012 mSv za hadzinu. (Normaju ličucca 0,12 mkSv za hadzinu = 0,00012 mSv za hadzinu.)

Vymaireńi ū zamku praciahnuli i z 8 kastyčnika 2016 da 2 lipienia 2019 hodu. Siaredniajaja efektyūnaja doza zmianilaścia tady z ad 0,0003 mSv za hadzinu (z listapada da sakavika) da 0,014 mSv za hadzinu (z krasavika da žniūnia).

U miežach školnaha projektu taksama byla ražmiesčanaja prylada dla vymaireńia kancentracyi radonu. Siaredni vynik apynuūsia dziūny: kala 50 Bq/m³, u toj čas jak z 2014 da 2015 hodu kancentracyja varjavałasia z 500 da 3200 Bq/m³ u roznych miescach sutareńiau u roznyja paraviny hodu. U 2017-m siaredniajaja kancentracyja składała 1179 Bq/m³, a ū 2018-m žnižilaścia da 943 Bq/m³. Možna zaúvažyč, što tak, kancentracyja žnižilaścia, bo byla palepšanaja ventylacyja tunelaū, ale, nu, nie da takoj ža stupieni :)

Padčas naviedańia zamku Dariusz zamiařu hama-vypramieŕvańie z dapamohaju ličylnika Geigera. Pad ziamloju pakaźniki pahtynalnaje dozy byli 0,12 mkGy za hadzinu. Na pavierchni – 0,22–0,4 mkGy za hadzinu. Vydatnaja demanstracyja taho, što pad ziamloju nas napatkała tolki vypramieŕvańie z ziamli, a na jaje pavierchni – jašče i vypramieŕvańie z kosmasu.

Jašče my mieli ekskursiju ad čałavieka-instituci Leopalda Stempoŭskaha (Leopold Stempowski), pracaūnika Instytutu hieafizyki Polskaj akademii navuk. Cikava, što u labatoryjach zamku zahadvaje tolki ion :) (A tak možna było? Peūna ž!)

Navukowiec apavioū pra vymiareńie sejmičnej aktyūnaści, jakoje taksama tam prawodzicca ū sejsmalahičnej abservatoryi. Akazujecca, radon – adzin z samych mahtnych indykataru dla vyznačeńia j prahnazavańia ziemlatrusaū. Dziakujučy chimičnym ułaścivaściom (praktyčna nia majе adsorpcyi, apadkaū i rastvareńia) jaho ruch pad pavierchniau ziamli kantralujecca radyjeaktyūnym raspadam, dyfuzijai i časam advekcyaj. Žmieny ū aktyūnaści radoņu ū padziemnych hazach i vodach mohuć davać kaštounu infarmacyju pra sejmičnu aktyūnaść.



I NAREŠCIE ŚRANAVYJA RUDNIKI! KAPALNIA PODGÓRZE Ū KAVARACH⁷

Z 1947 da 1957 hodu šachty Podgórze byli zadziejanyja ū zdabyvańni ūranu i pracovali jak daččnaja kampanija Pramysłowych pradpryjemstvau R-1 (Zakłady Przemysłowe R-1). Kapalni Podgórze byli zasnavanyja pašla Druhoj sušvetnej wajny jak druhaja najvialikšaja kampanija dla zdabyvańiarudau u Kavarach.

Uran uvohule nie taki radyjeaktyūny, bo jaho paūraspad u izatopaū U-238 – 4,5 miljarda hadoū. Samy niebiaśpiečny jaho daččyny element – rad (Ra) i haz radon (Rn). Tym nia mienš štolni 19a i 19, častka rudnikou, jakija ūzo nie vykarystoūvajucca, ličacca prastoraju z samaju vysokaju kancentra-

madzeli pradkazvańcy paveličenне iñtēnsiūnasci ū shormaū najblížejšym gadam, a gistarycnyя базы zvestak užo pakazvańcy uzrastalnou sīlu gätzch pryrondnych z'javaū. Ale ci tak gëta budze nasamrēč?

Vажny aspekt u argumentači pra antrapagenačy ūplýu na trapičnaya cyklony – tэoryja, što vyznačeae maksimalnou patenčnou iñtēnsiūnasci uraganu (*maximum potential intensity, MPI*). U zaledjnasci ad pachatkowaj iñtēnsiūnasci shormu, ceplaabmenu z verhnim plastom akijnu i z tэрmodynamičnym aṣyrodzsem u bacejne ūraganu, išnue verhnja myja iñtēnsiūnasci (g. zn. hutkasci vetr), jakoy uragan moža dasygnuya. Adnak bylo vylejulena, što tolki nevialik adotak uraganu ūplýače swajgo MPI da tago, jak dasygnie sushy, i što paveličenñe iñtēnsiūnasci ūraganaū, napėuna, skladze 3–5 % na kozhny 1 °C paveličenñe temperatury paverhní mora, a gëta aznaczae, što kozhny ūplýu antrapagenačy praczsaū na zmenu klímatu, kалi jany dasyol' uplyivali na trapičnaya cyklonaū, napėuna, ne bachi ū gistarycnych arhivach.

U 2005 godze ū ūebstær (Peter J. Webster) z suautarami [6] zrabili perwy gistarycny analiz farmawanicy cyklonaū u shasci asnoūnich akijnich basenah z punktu glédzhanja частаты iñtēnsiūnasci trapičnych shormaū za papierendnja 35 godoū. Uva ūsik praanalizowanych woblasciach utwarzennya cyklonaū naziralaſs paveličenñe iñtēnsiūnasci trapičnich cyklonaū (kategori 4 i 5, g. zn. найmačnayše magutnasci). Pавodle iñhnych zvestak, glabalnaya dоля iñtēnsiūnich cyklonaū pavyaličyalaś 316 % da 37 % z 1970 da 2004 godu. Przy

gëtym tolik ū paúnochajчасты Atlančnycaga akijnu naziralaſs paveličenne častaty ūraganaū (g. zn. koltkasci ūraganaū za god) za vyznachany periyad. Moža, Paúnočnaya Atlančnycika ūžo rëague na paslabenne Galfrstrymu?

Praz 10 gadoū pasля atrymania vyñikaū dасследavanja ūebstera pra toe, što ni ū adnym z akijnich basenau, aprorch Atlančnycaga, ne naziraecca zaúvажnaga paveličenñe частаты trapičnych shormaū, grupa americkanskich navukoūcaū praanalizowała 10 dадatkowych saisonau ūraganaū z 2004 da 2014 godu i ab'ydnała swae zvestki z ūebsterravym. Dадatkovaya vymyreni vyjavili tэнdenčyju da zniženya частаты ūraganaū z 2005 da 2014 godu. Эта dазваляe vykazacь zdagadku, što na zmenu частаты ūraganaū z cīgam часу moguć ūplýačy ne tolki temperatura paverhní mora, ale i inšyja lakalnaya vaganii, jak Paúnočnaya atlantycnaya asocylyacya (North Atlantic Oscillation, NAO) ci El Niño – Paúdnéčaya asocylyacya (El Niño-Southern Oscillation, ENSO).

Navukoūcy adznačyli, što ū periyad 1990–2014 godu bolša vysokaya koltkasci ūraganaū kategori 4–5 u Paúnočnym paúšar'i byla zвязанá z cēplymi z'javami El Niño i, naadvarot, uraganы níkžyshaе kategori byli zвязаны z xalodnymi z'javami La Niña, a значыць, ne tolki glabalnaya zmena klímatu vyznačaе pavorodzini ūraganaū [7].

Namatka: Paúnočnaya atlantycnaya asocylyacya (North Atlantic Oscillation, NAO) – būynamashtabnaya sīstema cīrkuļacyi ammasfery, što peraразmyarkoūvaе



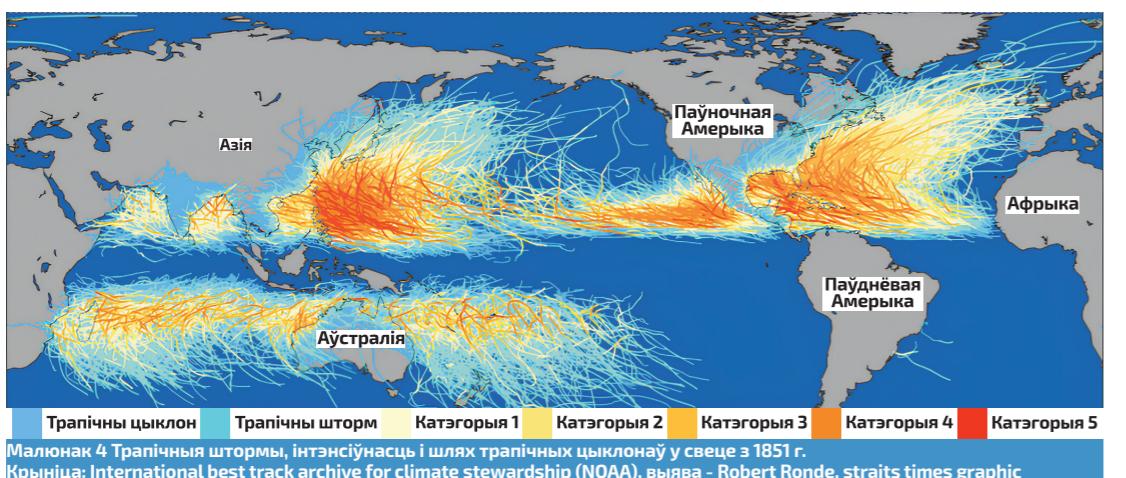
Xvali Paúnočnaya atlantycnaya akijnu na ūzbreržjy Partugali (Pédrağan)

⁷Kowary

Яшчэ адна крытычная звойнага, зробленая Гюг'яу Паўэлам (*Hugo Powell*) [5] пасля правядзення эксперыменту, заключалася ў тым, што дадаткі жалеза парушаюць ніжнюю ступень марскага харчовага ланцууга, і гэта цягне за сабою вялікія рызыкі, бо няухільна прывядзе да павялічвання біямасы, а раскладанне большае колькасці біямасы прывядзе да зніжэння ўзоруно кіслароду ў сярэдзінны часццы акіяну. Гэта ў сваю чаргу можа выклікаць больш частую ды інтэнсіўную ўзбрэрэжную гіпаксію і, як вынік, павелічэнне смяротнасці марскіх організмаў. Апроч таго, шэраг навукоўцаў прапанаваў тэорыю пра тое, што занясенне ўгнаення жалеза можа прывесці да негатыўных зменай у рыбных запасах і папуляцыях кітоў, бо фітапланктон паглынае не толькі часцінкі жалеза, але і іншыя пажыўныя рэчывы: нітраты, фасфаты і дыяксыд крэмнію. А гэта можа прывесці да расходавання будаўнічых блокаў, патрэбных для росту фітапланктону ў тых водах, дзе не ўжывалі ўгнаення жалезам, і ў выніку да пераразмеркавання ці агульнага зніжэння папуляцыі рыбаў, што харчуецца зоа- і фітапланктонам.

Важна таксама разумець, што пры заня-
сенні жалеза толькі невялікі адсотак ву-
гляроду асядае на марское дно, дзе за-
стаецца там тысячагодзямі ў выглядзе
мёртвых клетак і фекальных гранулаў.
Значная ж частка сабранага CO_2 (20–50 %)
дасягае толькі сярэднеглыбінных водаў
акіяну, дзе вуглярод можа заставацца ў
падводных плынях толькі адно – тры дзе-
сяцігодзі. З гэтае прычыны навукоўцы
пастанавілі папрацаваць над пошукам бо-
льш дойгатэрміновых рашэнняў супраць
павелічэння выкідаў парніковых газаў.

Атрымліваецца, не зважаючы на тое, што ідэю штучнага ўгнаення акіянай жале-



зам можна разглядаць як, здавалася б, прости варыянт зніжэння канцэнтрацыі CO_2 у атмасфери, гэты метад усё яшчэ застаецца даволі спрэчным праз магчымыя негатыўныя наступствы для марскіх экасістэмай.

ВЕЦЕР ПЕРАМЕНАЎ МАЦНЕЕ?

Безумоўна, калі гаворка пра глабальнае пацяпленне, немагчыма абысці бокам пытанне, як яно адаб'еца на прыродных стыхіях планетарнага (чытай: катастрафічнага) маштабу. Адно з найболей разбуральных, але найменш даследаваных наступстваў, што глабальнае пацяпленне можа прынесці на нашую планету, – паводзіны трапічных штурмаў (таксама званых ураганамі, тайфунамі ці цыклонамі ў залежнасці ад рэгіёну і нацыянальнасці аўтара). У гэтай тэмэ сканцэнтраваныя два асноўныя пытанні.

Ці ўплывае глабальнае пацяпленне на павелічэнне **КОЛЬКАСЦІ** ўраганаў?

Ці павялічваецца **ІНТЭНСІЎНАСЦЬ**, або сіла ўраганаў з пацяпленнем клімату?

Найбóльш важны фактар фармавання і ўмоваў жыццёвага цыклу ўрагану – тэмпература паверхні мора (*sea surface temperature, SST*), менавіта гэтае схаванае цяпло нашых акіянаў уважаюць рухавіком ураганаў, і яна расце – прынамсі апошнія 30 гадоў – ува ўсіх акіянах. Уплыў змены клімату на ўраганы праз павышэнне тэмпературы паверхні мора (паводле прагнозаў, да канца стагоддзя яна павялічыцца на 2°C), яшчэ да канца невядомы, і пытанне, ці пачалі гэтыя змены ўжо выяўляцца ў нашым клімаце, усё яшчэ абмяркоўваецца (Малюнак 4). Шмат якія матэматычныя

cyjaj aktyūnaści radonu, zafiksavanaj u Polščy. Maksymalnyja značeńi varjujucca ad $800 \text{ Bq}/\text{m}^3$ da miljona Bq/m^3 (značeńi byli atrymanyja z krasavika da červienia 2011-ha, trochu mienš byli ž lipienia da vieraśnia).

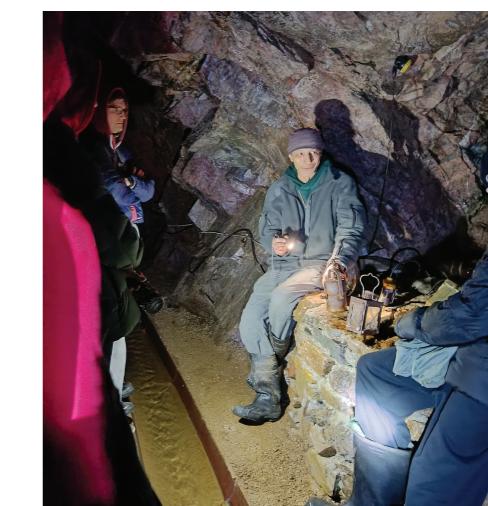
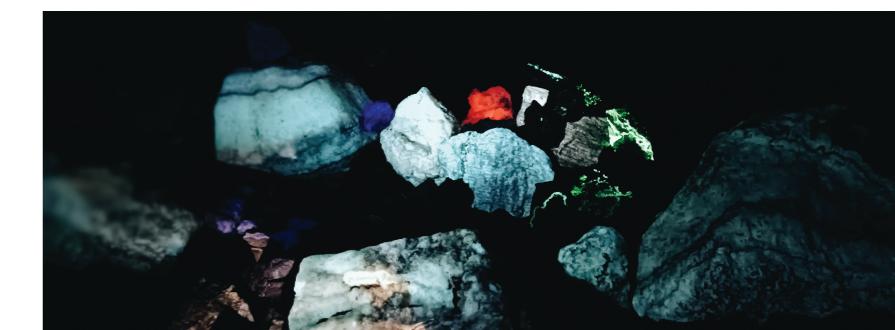
Vidavočnaja niejma vierna ciažkaja praca ludziej, jakija zdabyvali rudy koštam žycia... I ū asnoūnym dziela zbroi. Samaje ciažkaje było nia stolki apramieńvańnie, jak pył, jakim ludzi dychali... Niejki čas achoўnyja maski rabilisia z azbestu (!).

Hetyl žuran z kapalni byť vykarystany dla stvareńia pieršaj savieckej atamnej bomby. Jaje pratotyp vielmi efektna zachalvali ū šachtach.

U nas byta trasa pavyšanaje skladanaści (ahułam turystyčny marşrut składaje kala 1600 m daūžynioju), to dzieści treba byto zhinacca i praciskacca, pry hetym nie datykajučy ścienau... U niekatorych miejscach byli zavaty. Vyhladala dzika i prvciahalna!

Taksama na fota – wielmi kruty hid, jaki nahadvaū stałkiera. Kažany, jakija spakojna spali dahary nahami na ścienach. (I, darečy, jany śvieciacca ūva ultrafijalecie!) Možna pabačyć, jak świeciacca i minerały ūva ultrafijalecie, zialony – uran. I tak, ličylnik Geigera pa-varjacku cikaū i pakazvaū da 10 mGy za hadzinu, kali jaho nabližali da kavaťkaū ścienau, što útrymlivajuć uranavuju rudu.

Nieki čas byla moda na posud z uranavaha škla, jakejto ciapier možna nabyť jak suvenír. Ale dla zdaroúja jeści z jahô nielha.





Varta dadać: kab pabudavač turystyčnyja maršruty i zabiliašpiečyč štoddzionnuju praci ludziam, było nieabchodna palepšyč ventylacyju. Bo, zhodna z vymiareñiami u 2011-m, uždziejańie dla čałavieka pieravyšała 20 mSv za hod u 100 razou užo tolki za raihodu pracy. (Izatop radonu Rn-222 maje peryjad paūraspadu ūsiaho 3,8 dnia. Tamu pry dobrąj ventylacyi jahō možna i treba vyvietryvač!)

Padsumoŭvajučy, adznaču, što ja ū zachapleńni ad kolkaści ūražańiau i novaj infarmacyi dla mianie, ja navat nie mahta maryč, kab trapić u takojce cikavaje padarožža!

Rabicie hyboki ūdyh, ale i trymajcie ličylnik Geigera pad rukoju ;)

KRYNICY:

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_decay (05.04.2024)
2. [https://en.wikipedia.org/wiki/Roentgen_\(unit\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Roentgen_(unit)) (05.04.2024)
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation_exposure (05.05.2024)
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Absorbed_dose (05.05.2024)
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Equivalent_dose (05.05.2024)
6. [https://en.wikipedia.org/wiki/Effective_dose_\(radiation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Effective_dose_(radiation)) (05.05.2024)
7. <https://en.wikipedia.org/wiki/Becquerel> (05.05.2024)
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_decay (05.05.2024)
9. [https://be.wikipedia.org/wiki/Кюры_\(адзінка_вымярэння\)](https://be.wikipedia.org/wiki/Кюры_(адзінка_вымярэння)) (05.05.2024)
10. <https://www.radonorm.eu/activities/radonorm-citizen-science/>
11. https://en.wikipedia.org/wiki/Nazi_gold_train (05.05.2024)
12. <https://www.igf.edu.pl/leopold-stempowski.php>
13. <https://www.igf.edu.pl/ksiaz-ksp.php>
14. <https://www.kopalniapodgorze.pl/>
15. Baskaran M. (2016). Radon: A tracer for Geological, Geophysical and geochemical Studies. Springer Geochemistry, 8, 205.
16. Fijałkowska-Lichwa L., A. Przylibski T. (2016). First radon measurements and occupational exposure assessments in underground geodynamic laboratory the Polish Academy of Sciences Space Research Centre in Książ Castle (SW Poland) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0265931X16304921>
17. Fijałkowska-Lichwa L., A. Przylibski T. (2021). Assessment of occupational exposure from radon in the newly formed underground tourist route under Książ castle, Poland <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8116260/>
18. Fijałkowska-Lichwa L. (2016). Extremely high radon activity concentration in two adits of the abandoned uranium mine 'Podgórze' in Kowary (Sudety Mts., Poland) <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0265931X16303393>
19. <https://www.akademieia.edu.pl/>

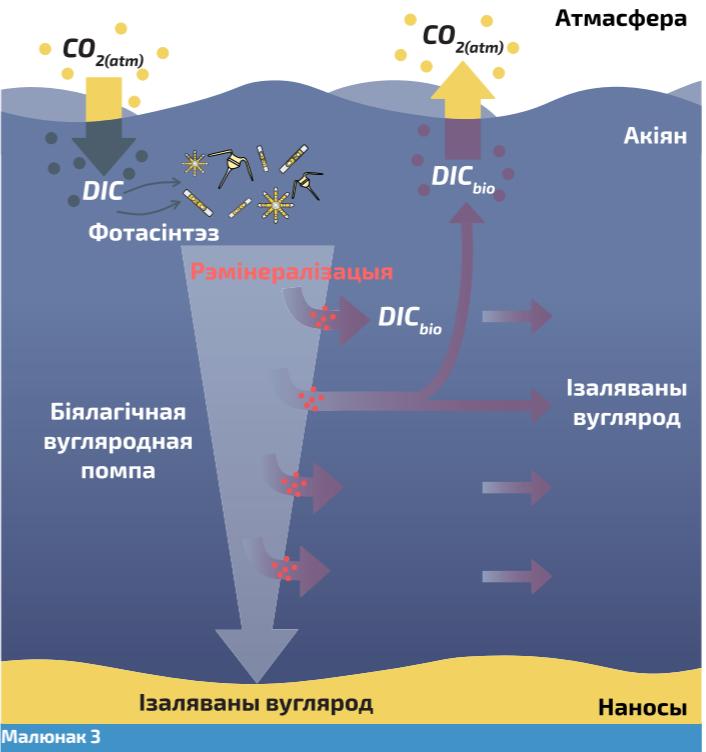
стрымам праз імпарт яго з іншых месцаў, пасля чаго пераважныя вятры пераносяць гэтае цяпло ў бок Заходняй Еўропы. Апроч таго, паводле Райнза і Хякінэн, у мадэльных эксперыментах Сі́гера не ўлічваліся працэсы пераносу прэснае вады, якія адыгрываюць важную ролю ў тэрмакалінай цыркуляцыі і, такім чынам, у цыркуляцыі паміж акіянам і атмасфераю ды пераносе цяпла ў акіяне. Пры адсутнасці пераносу цяпла акіянам лёд пашырыўся б на значна большая тэрыторыі на поўнач ад 40° пн. ш.

Апроч апісаных даследаванняў, шмат якія навукоўцы становіліся на бок тae цi іншае тэорыі, аднак дакладнага адказу пакуль знайсці не ўдалося з прычыны складанасці і шматфактарнасці мадэляванае сістэмы. Не менш важным пытаннем робіцца паслабленне Галфстрому, якое ўжо сёня можна змераць: паверхня акіяну ў высокіх шыротах робіцца больш прэснай і цёплай праз раставанне паўночных ледзяных шапак і праз глабальнае паяцілленне. Калі еўрапейскі клімат сапраўды кантралюецца пераносам цяпла Галфстрымам, паслабленне Галфстрому можа мець сур'ёзныя наступствы для Еўропы. У геаграфічным маштабе ўжо мелі месца папярэдня перыяды анамальнага пахаладання ў Еўропе, напрыклад, у познім дрэве, цi падзея, што адбылася 8,2 тыс. гадоў таму. Абедзве з'явы звязваюцца сучаснымі навукоўцамі з паслабленнем Галфстрому.

А КАЛІ ПРОСТА ДАДАЦЬ ЖАЛЕЗА?

Яшчэ адна з найцікавейшых дыскусійных тэмай у кліматалогіі – тэорыя пра магчымасць узмацнення працэса паглынання акіянамі атмасфернага CO_2 праз угнаенне іх пажыўнымі рэчывамі. І найперш (што спачатку можа здавацца нелагічным) жалезам. Механізм, што стаіць за гэтаю тэорыяй, досыць просты. Дадаванне пажыўных рэчываў будзе стымуляваць імклівы рост фітапланктону, фотасінтэзу якога, як вядома, абмежаваны наяўнасцю азоту, фосфору, жалеза ды іншых пажыўных рэчываў. Гэта, узмоцненае квітненне фітапланктону ўзмоцніць працэс фотасінтэзу, у выніку якога і адбываецца паглынанне парніковага CO_2 з атмасфери. Гэта асабліва можа датычыць экватарыяльнай і паўночнай частак Ціхага акіяну, а таксама ўсяго Паўднёвага акіяну праз бацьце нескарыстаных пажыўных рэчываў для раслінай у гэтых рэгіёнах.

Навукоўцы, якія актыўна прасоўвалі гэту тэорыю, падкрэслівалі: такія працэсы ўжо адбываюцца на нашай планете на тэрмальнім шляхам: 60 мільярдаў тонаў CO_2 былі выдалены з атмасфери ў часе апошніх ледавіковых перыядоў дзякуючы ўзбагачэнню часцінкамі жалеза, якія натуранальным спосабам трапілі ў моры і акіяны. Паводле разлікаў навукоўцаў, кожная тона часцінкі жалеза, дададзеная ў акіяны, мелася вывесці з атмасфери 30–110 тысяч тонаў CO_2 . Кліматычныя мадэлі таксама паказваюць, што наўмыснае занясенне жалеза па ўсім Паўднёвым акіяне можа штогод паглыніць з атмасферы 1–2 мільярды тонаў CO_2 . Гэта колькасць адпавядае 10–25 % агульнусветнага гадавога аўёму выкідаў CO_2 .



Доказы таго, што дадаткі жалеза сапраўды паглынаюць CO_2 з акіянаў, былі прыведзены падчас 13 невялікіх эксперыменталаў пасля 1993 году (Малюнак 3). Аднак ужо першыя эксперыменты паказалі маленькую неадпаведнасць разлікаў з реальнасцю: з дадаваннем аднатонны жалеза фітапланктонам з атмасферы была выдаленая ўсяго 1000 тонаў CO_2 (у адрозненне ад чаканых 30–110 тысяч тонаў). Акрамя таго, працяглась эксперыменталаў была закароткая, каб вызначыць доўгатэрміновыя змены.

ЦІ САПРАЎДЫ НАС ГРЭЕ ГАЛФСТРЫМ?

Наўрад ці знайдзеца чалавек, які ніколі не чуў пра тэорыю, што заходняя Еўропа абавязаная сваім мяккім кліматам і цёплымі зімамі ўпльыву Галфстрыму (*gulf stream*), акіянічнае плыні, што рухаецца ад Мексіканскага затокі на поўнач уздоўж усходняга ўзбярэжжа ЗША да мысу Гатэрас (*Hatteras*), а потым на паўночны ўсход у бок Еўропы. Шчыра кажучы, я і сама не раз усклікала «Дзякую, Галфстрыме!», гуляючы ў лёгкім трэнчы па бельгійскіх вуліцах у сярэдзіне лютага. Пакуль не капнула трохі глыбей.

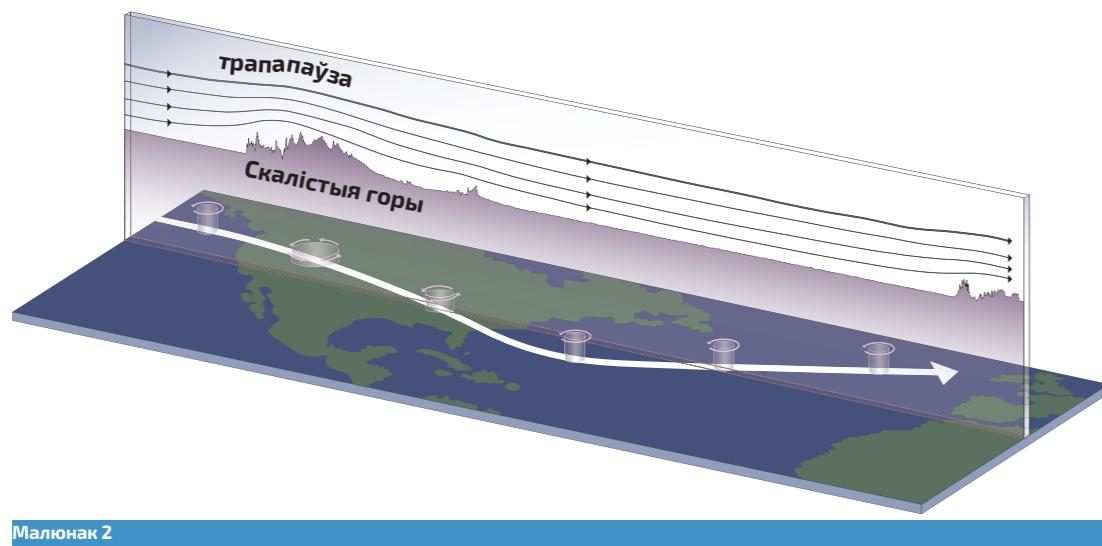
Мэт'ю Фантэйн Моры (*Matthew Fontaine Maury*) першы звязаў Галфстрым з мяккім еўрапейскім кліматам у сваёй кнізе «Фізічная геаграфія мора», апублікаванай у 1855 годзе. Ён выказаў здагадку, што цяпло, якое пераносіцца Галфстрымам, сагравае Заходнюю Еўропу. Бо калі параўнаць Заходнюю Еўропу з усходняю часткай Паўночнай Амерыкі (якія абмываюцца адным і тым жа Атлантычным акіянам), то ў Еўропе зімовыя тэмпературы значна мякчэйшыя: на эквівалентных шыротах розніца з сярэднім занальнім значэннем прыкладна на 10°C вышэйшая ў Заходній Еўропе. Ідею падтрымалі шмат якія навукоўцы, сцвярджаючы, што Галфстрым пераносіць цёплую ваду з тропікаў на Паўночны полюс і на сваім шляху цёплая паверхневыя воды аддаюць цяпло вышэйлегым заходнім вятрам. Тыя пераносяць цяпло праз Атлантычны акіян у паўночна-заходнюю Еўропу, ствараючы мяккі клімат.

Але ўсё ж такі не ўсе ў навуковым свеце пагадзіліся з гэтай ідэяй. Напрыклад, у пачатку XXI стагоддзя Рычард Сігер (*Richard Seager*) і ягоныя колегі [3] зладзілі эксп-

ерымент з лічбавымі мадэлямі клімату, падчас якога даследавалі ўнёсак пераносу цяпла акіянам у пацяпленне Еўропы. Яны параўналі вынікі дзвюх версій гэтага кліматычнага мадэлю. Першая разлічвала тэмпературу паверхні мора з улікам пераносу цяпла акіянам, паглыненні сонечных праменяў і абмену цяпла паміж акіянам і атмасферай. У другой версіі эфект акіянічнага пераносу цяпла быў адключаны. Эксперымент не паказаў вялікіх розніц у студзеньскай тэмпературе – незалежна ад таго, прымаўся да ўвагі перанос цяпла ў акіяне ці не.

У якасці альтэрнатыўнай ідэі Сігер выказаў здагадку, што розніца тэмператураў абумоўленая контрастам паміж марскім кліматам Еўропы і кантынентальным кліматам Паўночнай Амерыкі, а таксама ўпльывам Скалістых гораў (*Rocky Mountains*) у Паўночнай Амерыцы на кірунак ветру. Улетку ў Заходній Еўропе ветэр дзыме з акіяну на сушу, пераносячы адтуль цяпло. Улетку акіяны награваюцца павольней за сушу, пры гэтым узімку яны таксама павольней астываюць. Гэта азначае, што ваганне тэмпературы паверхні мора меншае, чымся тэмпературы на сушы. Ва ўсходній жа частцы Паўночнай Амерыкі клімат больш кантынентальны, з халаднейшымі зімамі, бо над сушаю ветэр дзыме з захаду на ўсход (Малюнак 2).

Потым на абарону тэорыі пра цёплы ўпльыв Галфстрыму выступілі ідэі навукоўцаў Райнза (*Peter Rhines*) і Хякінэн (*Sirpa Häkkinen*) [4], якія ўважалі, што лакальна назапашанага акіянічнага цяпла ўлетку дастаткова для падтрымання сярэдняе тэмпературы паветра толькі да снежня, а дадатковое цяпло для падтрымання цёплае зімы якраз і забяспечваеца Галф-



Папулярнае тлумачэньне Нобэлеўскае прэміі ў галіне фізыкі – 2015, якую ўручылі за адкрыццы ё нэўтрынных асцыляцыяў, што спрадзілі наядунасьць масы ў нэўтрына.

«У 1998 годзе Такаакі Кадзіта (*Takaaki Kajita*), удзельнік у той час калябарацыі *Super-Kamiokande*, прэзентаваў новыя звесткі, якія дэманстравалі звычайныя атмасферныя мюонныя нэўтрына (v_μ), то бок тых нэўтрына, якія ўтварыліся пры праходжанні касымічных прамянёў праз атмасферу, на шляху іх руху да дэтэктара. У 2001 годзе Артур МакДоналд (*Arthur B. McDonald*), кіраунік *Sudbury Neutrino Observatory (SNO)*, надрукаваў доказы пераутварэння сонечных электронных нэўтрына ў мюонныя нэўтрына і таў-нэўтрына (v_e). Гэтыя адкрыццы мелі вялікі ўплыў і распачалі прарыў у фізыцы элемэнтарных часцінкаў. Нэўтрынныя асцыляцыі і ўзаемазвязаныя пытаныні прыроды нэўтрына, масы нэўтрына і магчымасці парушэння сымэтрыі зарадавага суднісеньня лептонаў – найважнейшыя на сённяня пытаныні касмалёгіі і фізыкі элемэнтарных часцінкаў».

Вы прачыталі афіцыйнае тлумачэньне, за якія адкрыццы дали Нобэлеўскую прэмію ў галіне фізыкі ў 2015 годзе. І, відавочна, цяжка зразумець, што ж гэта такое – пераутварэнне мюоннага нэўтрана ў таў-нэўтрана і нэўтранныя асцыляцыі. Але ж усе ведаюць, што Нобэлеўская прэмія даюцца за істотныя адкрыццы. Сапраўды, можна заўважыць, што амаль усе рэчы ў нашым жыцці звязаныя з істотнымі адкрыццямі ў фізыцы, адзначанымі некалі Нобэлеўскімі прэміямі. Пасправдзіма з дапамогаю матэрыялаў з сайту Нобэлеўскага камітэту пераутварачы, чаму вывучэнне нэўтранных асаблівасцяў можа быць і будзе важным для чалавецтва.

МЫ ІСНУЕМ У СЬВЕЦЕ НЭЎТРЫНА

Тысячы мільярдаў нэўтрана працякаюць скрозь нашае цела кожнага імгненіне. Іх нельга ўбачыць і нельга адчуць. Нэўтрана праносяцца скрозь простору амаль з хуткасцю сьвятла і амаль не ўзаемадзяюць з рэчывамі. Існуе вялікая колькасць крэйніц нэўтрана – як у космасе, гэта і на Зямлі. Частка нарадзілася ў выніку Вялікага выбуху. А цяпер крэйніцы нэўтрана – гэта і выбухі звышновых зорак, і распад зоркавых гігантаў, а таксама радиаактыўныя рэакцыі на атамных электрастанцыях ды працэсы натуральнага радиаактыўнага распаду ў прыродзе.

Гэта, нэўтрына – гэта другія паводле колькасці элемэнтарныя часцінкі пасля фатонаў, часцінкі съвятыя. Але, не зважаючы на гэта, доўгі час існаванье нэўтрана было нявызначанае.

Імавернасць існаваньня нэўтрана дапусціў аўстрыйскі фізык Вольфганг Паўлі (*Wolfgang Ernst Pauli*). Гэта была на той час спроба патлумачыць пераутварэнне энэргіі пры бета-распадзе (від радиаактыўнага распаду атама з выпарменьнем электронаў). У сьнежні 1930 году Паўлі выказаў здагадку, што частка энэргіі пры распадзе забірае з сабой электрычна нэутральная часцінка амаль бяз масы, і таму яна амаль не ўзаемадзеіць з асяроддзем. Паўлі быў упэўнены ў існаваньні такога часцінкі, але ж разам з тым разумеў, як складана будзе выявіць часцінку з такім ўласцівасцямі мэтадамі эксперыментальнай фізыкі. Ён напісаў пра гэта: «Я зрабіў жудасную рэч. Я сцьвярджаю існаванье часцінкі, якую ніколі нельга будзе выявіць». У 1932 годзе адкрылі нэўtron: цяжкая моцнаўзаемадзейная частка атама, вельмі падобная да пратона, толькі электрычна нэутральная. У хуткім часе пасля адкрыцця нэўтрана італьянскі фізык Энрыко Фермі (*Enrico Fermi*) прапанаваў маленьку Паўлі называць, як маленькі нэўtron – нэўтрана.

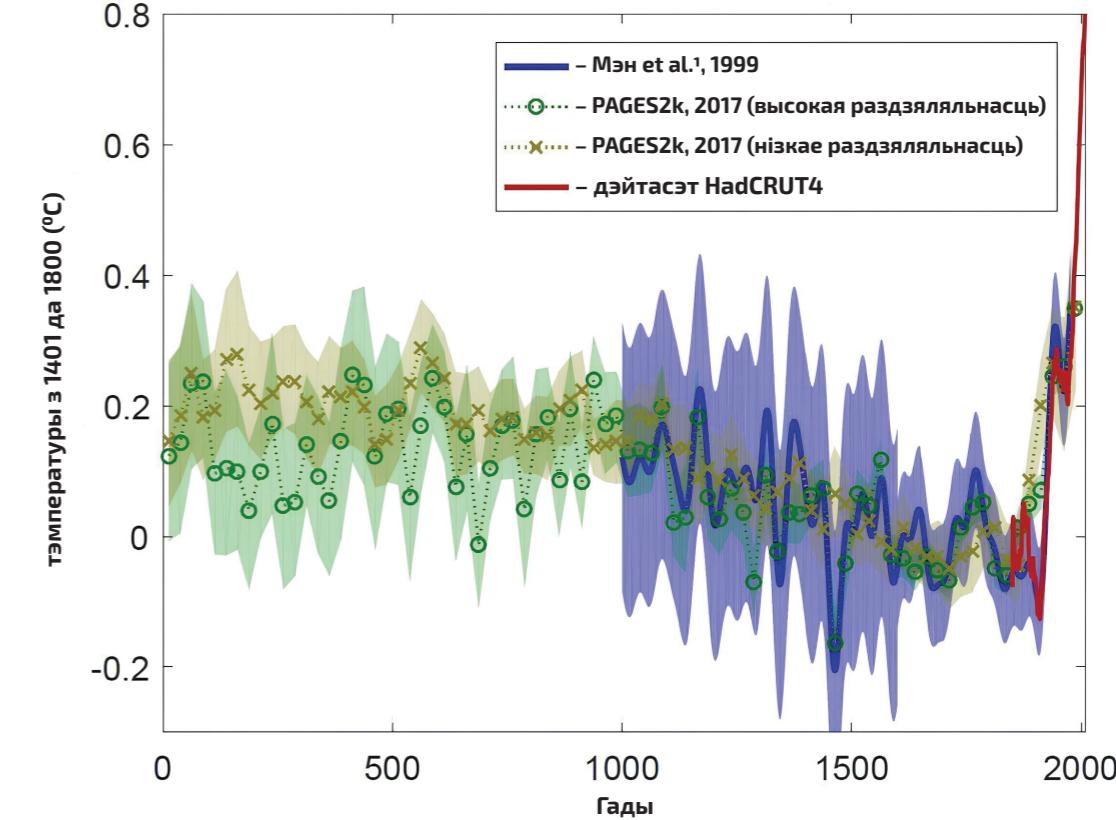
Магчымасць выявіць нэўтрана звязалася толькі ў канцы 1950-х, калі пабудавалі шмат атамных электрастанцыяў і колькасць (плыні) нэўтрана значна павялічылася. У 1956 годзе фізык беларускага паходжання Фредэрік Райнэс (*Frederick Reines*, у 1995-м – ляўрэат Нобэлеўской прэміі) правёў эксперымент, у якім зреалізаваў ідэі Бруна Пантэкорва (*Bruno Pontecorvo*): выявіў нэўтрана і антынэўтрана на ядральным рэактары ў Паўднёвой Караліне. У выніку ён паспел адправіць тэлеграму Вольфгангу Паўлі незадоўгага да съмерці, у якой апавёў, што нэўтрана пакінулі съяды ў дэтэктарах. А ўжо ў 1957 годзе Пантэкорва апублікаваў яшчэ адну наватарскую працу пра нэўтрана, у якой першы выказаў магчымасць нэўтранных асцыляцыяў.

З 1960-х актыўна пачалі разўвіваць нэўтранныя астрономію. Адно з заданняў датычыла падліку колькасці нэўтрана, якія нарадзіліся ў выніку ядровых рэакцыяў на Сонцы. Але спробы зарэгістраваць разылічаную колькасць нэўтрана на Зямлі паказалі, што недзе згубіліся амаль дзве трэціны нэўтрана. Натуральна, маглі быць памылкі ў

GREENLAND GISP2 ICE CORE - ТЭМПЕРАТУРА МІЖЛЕДАВІКОЎ ЗА АПОШНІЯ 10 000 ГАДОЎ



ПАРАЎНАННЕ ТЭМПЕРАТУРАЎ



няе тэмпературы Зямлі сапраўды значны. Безумоўна, дзейнасць чалавека ўплывае на клімат, хоць і варта мець на ўвазе, што часткова пацяпленне можа быць вынікам аднаўлення пасля малога ледавіковага перыяду і ўвогуле мець шматфактарны

характар. Так інакш хакейная клюшка за 25 апошніх гадоў ператварылася са звычайнага прадмета навуковае дыскусіі ў знак прыхільнікаў глабальнага пацяплення, а значыць, прынесла нямала карысці ў глобальнай экалагічнай барацьбе.

¹Скарот ад лац. *et alia* і іншыя'