

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 научное
открытие – это результат работы
и наш зін – это только начало разви-
тия белорусской науки!**



Падтрымаць зін
RAMYŁKA

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



RAMYŁKA

ASTRAFIZYKA

Jak utvaryliaś zorki, adkul uziałosia rečyva Ź Suświecie i za košt čaho pracuje Sonca

ASTRANOMIJA

Год актыўнага Сонца:
чаму нашая зорка бушуе?

ASTRABIJALOHIJA

Апошняя фантазія:
жыццё па-за Зямлём

MATEMATYKA

Камплексная лікі
і геамэтрыя

INFARMATYKA

Рэцэпт на съяданак

ZDAROЎJE

Біялагічна актыўныя
дадаткі – ежа ці лекі?

BIJALOHIJA

Ад мух да храмасомаў

EKALOHIJA

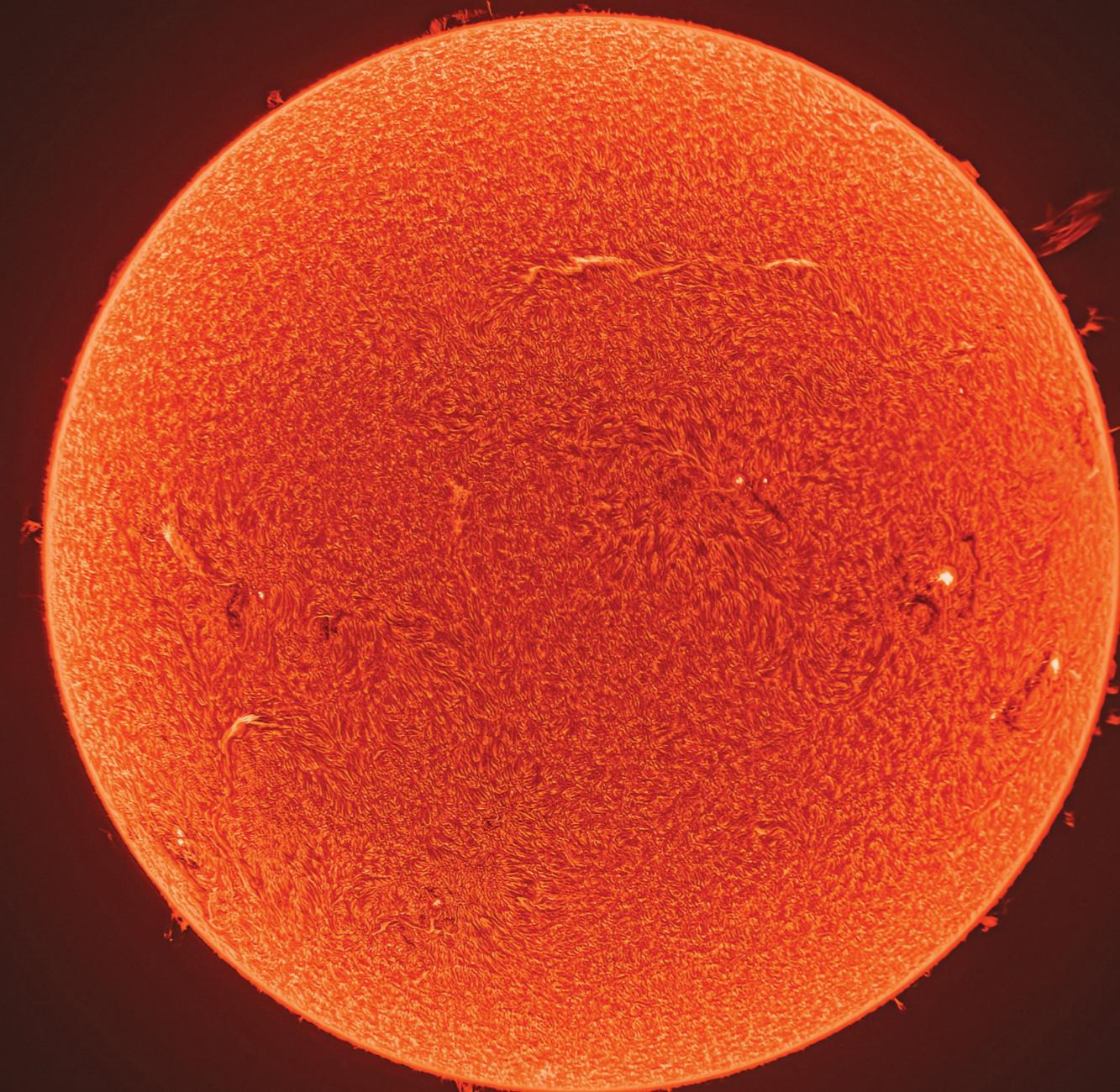
Экасістэмныя паслугі:
як прырода выконвае
важныя для нас функцыі
і нічога не просіць наўзамен

SAMNALOHIJA

Як муку прадаўшы: чаму
мы съпім траціну жыцьця

KOMIKS

Пра сон



RAMYŁKA

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 Гіс 2024»!..

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

Над зінам працавалі:

САЦЫЯТЭХНІЦА
Сьвета Волчак

ПЕРАКЛАДНІЦА,
РЭДАКТАРКА
Настасся Кахан

ДЫЗАЙН, ВЁРСТКА
Паліна Лістапад

У рыхтаваныні нумару бралі ўдзел вучні Рэдактарскае школы зіну *Ramyłka*:
Аліна Салавейка і Антось Задзіханаў (рэдагаваньне), *Nadzieja* (першая чытачка гэтага і папярэдняга нумару).

RAMYŁKA • НАДРУКАВАНА Ў ПОЛЬШЧЫ • 2025

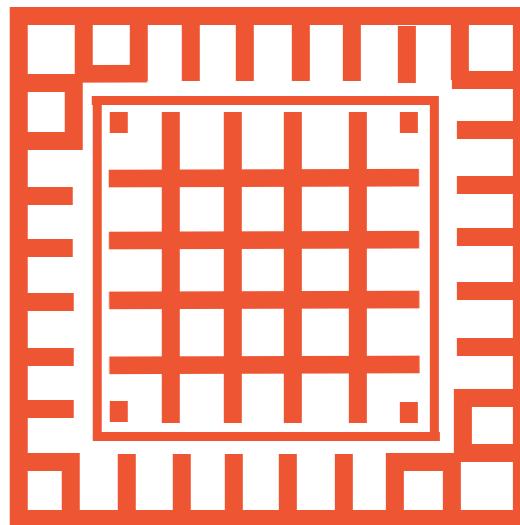
Фота на вокладцы
Зьміцер Канановіч

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

ЯК НАРАДЗІЛАСЯ ІДЭЯ СТАРОНКІ *WITAJU_CHAT*?

Аднойчы пасля шматлікіх размоваў 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 інтэлектам 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 выбор 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 мене штодзёнёвы 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 І ФІТНЕС

Промпт: «Я хачу трэнавацца ўдома, каб схуднець на 5 кг за 2 месяцы. Складзі для мене трэнавальны план і прыклад рацыёну».

6. КРЭАТИВНЫЕ 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 ИМПРЕЗЫ

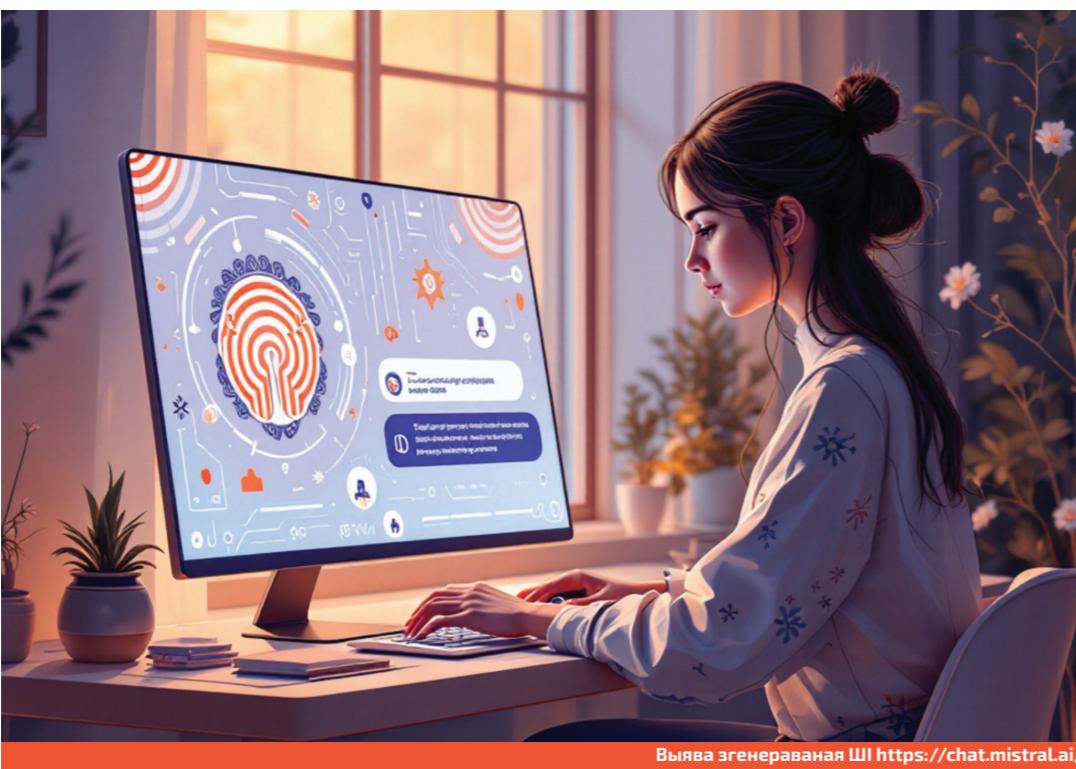
Промпт: «Чат, дапамажы мне зарганізаваць вечарыну на дзень нараджэння: тэма, меню, спіс гульняў і аздобаў».

10. РАСПРАЦОЎВАННЕ НАВУЧАЛЬНЫХ МАТЕРЫЯЛАЎ

Промпт: «Ствары для мене структураваны курс пра экалогію, каб я мог/магла вучыць дзяцей векам 10–12 гадоў».

Чаму беларусам варта карыстацца *ChatGPT?*

Згодна з прыблізнымі падлікамі, чатам GPT у Беларусі карыстаюца 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 дай 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.



ŽMIEST

4 ВЫНІКІ ПРЭМII «БІЗОН ГІГС»

8 ASTRAFIZYKA

Jak utvarylisia zorki, adkul uziałosia rečyva Ź 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 МАТЕМАТУКА

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 трацину жыцьця

61 KOMIKS

Пра сон

62 ШТУЧНЫ ІНТЭЛЕКТ

Чаму беларусам варта карыстацца
ChatGPT?

НАВІНЫ ПРЭМІІ «БІЗОН ГІГС»

Прэмія для беларускіх навукоўцаў паслядоўную. Мы з гонарам можам запісаць на старонкі беларускай гісторыі выбітных асобаў свету навукі, лаўрэатаў, якіх намінавалі вы!

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

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

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

Вельмі прыгожую інфографіку, як і ўесь дизайн прэміі, зрабіў Voka Abiboka



БІЗОН ГІГС 2024. НАМІНАНТЫ

Максім Домніч

медыцина анкалогія



Максім Домніч даследуе функцыі нейтрафілаў у кантэксле канцерагенезу, што ёсць важнаю галіною сучаснай анкалагіі. 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 пухлінай для падтрымання росту і метастазавання.

Разуменне таго, як рак упłyвае на перапраграмаванне нейтрафілаў і змяненне іх функцыяў, – ключавы кірунак даследавання Максіма Домніча для распрацоўвання новых тэрапеўтычных стратэгіяў. Ён вывучае, як пухліна стварае мікраасяродак, што змяняе паводзіны нейтрафілаў і ператварае іх у пухлінна-асацыянаваныя 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 эфектуёнасць такіх тэрапіяў, як інгібітары контрольных пунктаў імуннага адказу. Разуменне гэтых узаемадзеянняў можа дапамагчы ў аптымізацыі імунных тэрапіяў і пе-раадоленні рэзістэнтнасці да лячэння.

Дзейнасць Максіма скіраваная на даследаванні, неабходныя для кантролю імуннага адказу, які развіваецца ў працэсе прагрэсу раку. Ягоная праца можа прывесці да стварэння новых метадаў ля-чэння, скіраваных на карэ-цыю функцыяў нейтрафілаў і паляпшэнне прагнозаў для пациентаў з анкалагічнымі захворваннямі.

- [Maksim Domnich \(0000-0003-4954-5418\) - ORCID](#)
- [Maksim DOMNICH | PhD Candidate | Diploma | University Hospital Essen, Essen | UK Essen | Ear, Nose, and Throat Clinic | Research profile](#)
- [Maksim Domnich - PhD candidate - University Hospital Essen | LinkedIn](#)

Алег Ціханенка

матэматыка папулярызацыя навукі



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

чай важная для пабудовы цалкам беларускай сістэмы вышэйшай адукацыі.

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



Комікс намалявала
JANE MOTN

чаго няма ў мушак. А па-другое, ува ўсіх сысуноў нутраны гадзіннік бывае цэнтральны й пэрыфэрыйны, як і цыркадныя ритмы. Пэрыфэрыйныя ритмы ўласцівя скуры, печані, страуніку (і яго **мікрабіёму**). А цэнтральны рэгулятар месцыцца ў супрахіазматычным (надскрыжаваным) ядры **гіпаталямуса** (або **падзрочча**) галаўных мазгоў. Гэтую зьяву можна назваць кабінаю капітана, зъ якой паступаюць загады сынхранізацыі пэрыфэрыйных цыркадных 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 асцылятары працуяць аўтаномна. Яны рэгулююць мноства працэсаў, актыўizuючы гарманальнайныя ваганьні, **мэтабалізм**, тэмпературу цела й дзейнасць мазгоў. 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 нэрвовае систэмы жывых арганізмаў. Таксама ўскладняліся й множыліся функцыі сну: ад дапамогі ў адпартыі да зъменай у асяродзьдзі, выкліканых цыкламі асьвятлення, да апрацаваньня нэрвовае систэмы.

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

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

КРЫНІЦЫ:

1. Нематоды во сне перестраивают свою нервную систему / Е. Наймарк / 2008 / [elementy.ru](#)
2. Тик-такпо-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. Ковалъзон / «Природа» № 3, 2014
12. Цыянабактэріі / Вікіпедыя

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 ідэальна для штучнага інтэлекту, робататэхнікі і энергагафектыўных прыладаў, якія вучацца і рэагуюць, як людзі. На гэтай базе навуковая група Юліі Сандамірской стварае, нап-

рыклад, новыя тэхналогіі ў сістэме аховы здароўя і дэгляду асобаў сталага веку, нейраморфнае абсталяванне і праграмнае забеспечэнне, што можа выкарыстоўвацца ў гуманоідных робатах у асяроддзі разумнага гораду, інавацыйныя сістэмы машыннага бачання для выкарыстання ў робататэхніцы. Падсумоўваючы, можна сказаць, што дзякуючы працам Юліі гуманоідная робата з навуковай фантастыкі могуць хутка прыйсці ў рэальнасць.

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

арганізоўваў штучныя гнездзішчы для драпежных птушак і соваў. У 2014 годзе заснаваў станцыю кальцевання птушак «Сасновы Бор» у Расонскім раёне Віцебскай вобласці. З таго часу станцыя працягвае сваю працу, адзыгрываючы важную ролю ў вывучэнні міграцыйных шляхоў і стану папуляцыяў. Адкрыў вясом новых відаў птушак для Беларусі, пяць з якіх былі ўпершыню зафіксаваныя менавіта тут. Цяпер працягвае працу ў Грузії. Усталёўвае гнездавыя скрыні для соваў, а таксама вывучае распаўсюд і харчаванне савы сіпухі ў Грузіі і яе ўплыў на мясцовую фауну.



- [Лекция "Уникальная история совы-силихи 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)

квантовая хімія фармацевтіка



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

насцю прадказання трачічай структуры бялка, а гэта Нобэлеўская прэмія ў галіне хіміі гэтага году. Веданне крышталічной структуры давалае прадбачыць уласцівасці крышталёў. Гэта вельмі істотная інфармацыя, патрэбная ў розных прыкладных распрацоўках, напрыклад, у фармацевтычнай 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.](#)
 - [\[2\] Hunnissett, 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

лічбавыя камунікацыйныя тэхналогіі папулярызацыя тэхналогіі

Адны з першых, хто ствараў «лакальныя сеткі» ў Менску. Прапануеца такім чынам уshanаваць КОЖНАГА такога энтузіяста, бо іх былі дзесяткі. 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 распаўсюдзу 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!» Гэтыя людзі ўкладаліся не толькі сваймі ведамі і часам, але і грашымі, каб пабудаваць інфраструктуру для сувязі людзей. У гэтым вы-



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

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

ПРЫХІЛЬНИК СУПОЛЬНАСЦІ РАМУŁКА?
ЯК ТАБЕ ПРЭМІЯ БІЗОН ГІГС?
Хочаш, каб наступная прэмія ў 2025 годзе адбылася?



ры цела ў съне, ці то звінаньне лісьця ў расцілінаў, калі сонца заходзіць, ці то замаруджанье мэтабалізму.

АД МІМОЗЫ ДА ДРАЗАФІЛЫ: ВЫНАХОД ЦЫРКАДНЫХ РЫТМАЎ

Першы ўпамінак **цыркадных рытмаў** знойдзем у летапісі 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. Французскі астраном і фізык XVIII стагоддзя Жан-Жак Дарту дэ Мэрэн (*Jean-Jacques Dortous de Mairan*) любіў назіраць ня толькі за плянэтамі, але й лісьцікамі мімозы сарамлівай (*Mimosa pudica*), вельмі чульлівай да зъмены асвятлення. Аднойчы дэ Мэрэн зьмясьціў мімозу ў цёмную скрыню і зъ зьдзіўленнем зафіксаваў, што расціліна працягвае скручваць і распушчаць свае лісьцікі як ніколі нічога, нават безь съветлавога арыенціру. Назіраныні зрабіліся падставаю лічыць цыркадныя рытмы зъявою з нутранымі контролерамі. У гэты момент людзі натрапілі на мэханізм, які кантралюе вынік.

Першы троў існаваныя гэтага мэханізму адкрылі каліфарнійскія навукоўцы з помаччю легендарнае дразафілы ў 1971 годзе. Дзякуючы генетычнай прастаце, хуткаму жыццёваму цыклу, а таксама выліваныям на ейныя яйкі мутагенай Роналд Канопка (*Ronald J. Konopka*) і Сімур Бэнзэр (*Seymour Benzer*) адкрылі **ген Period**, які й адказвае за рэгуляцыю нутранога біялягічнага гадзіньніка. Але як гэта працуе, навука даведаеца толькі праз 10 гадоў.

PER, TIM і КАМПАНІЯ: ХТО КІРУЕ НАШЫМ ЧАСАМ?

У 1980-х у ЗША дзяўве 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. Першое, што яны вынайшли, – працягут працы гена, **бялак PER**. Навукоўцы залічылі яго да мэмбранных бялкоў, якія звычайна альбо рэгулююць доступ у вузу нейкага рэчыва звонку, альбо зъмяняюць характар узаемадзеяньня вузу між са-

бою. Навукоўцы зразумелі: гэты бялак неяк апынаеца ў ядры з ужо вядомым нам генам *Period*, які спакойна займаеца яго ж стварэннем, і – увага! – колькасцю блякую працу стваральніка. Такім падрэкам, ён кантролюе ўсю колькасць. Цікава, што пік канцэнтрацыі бялку прыходзіцца на поўнач, што супадае з цыркаднымі рытмамі пладовае мушкі. Навукоўцы парабінулі 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 **цытаплязме**.

Адказ прыйшоў разам з адкрыццем другога гена часу – **Timless** – і прадукту яго дзейнасці, **бялка TIM**. Выявілася, што толькі пры ўзаемадзеяньні з гэтым бялком *PER* здольны дабрацца да свайго генетычнага коду, каб мець на яго ўплыў. Паўстаў гэткі ўніверсалны для ўсіх складаных нэрвовых сістэмай хаўрус *PER-TIM*, які рэгулюе цыркадны рытм. Потым былі вынайдзеныя яшчэ 10 генau зь 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* і *Timless*.

ЧАМУ АРГАНІЗМ – ГАДЗІНЬНІК, АЛЕ БЕЗ БАТАРЭЯУ?

Але як усё гэта кантролюе нашу аспальасць (або санлівасць) прастаю мовай? Глядзіце, пад ногі бялок *PER* акумулюеца, яго высокі ровень паведамляе мазгам, што прыйшоў час замарудзіць працэсы ў арганізме й падрыхтавацца да сну. Унахцы *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 павтаряецца кожныя 24 гадзіны.

Вось ён, наш нутраны гадзіньнік, 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**,

Сон – геніяльная прыдумка эвалюцыі, у прасторы якой наш разум аддае несвядомасці 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, ДАСЬЛЕДАВАНЬНІ

Цікавая 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 аргументуваў: спаць могуць толькі жывёліны й чалавек, а вось раслінам сон не даступны, бо тыя ня маюць функцыі адчуваць. Ужо ў іншых трактатах ён дагадваўся пра сон як нейкі стан паміж жывцём і смерцю. У XVII–XVIII стагодзьдзях некаторыя дасьледнікі меркавалі, што істота засынае з прычыны браку „жывёльнага духу“, які расходуецца ў часе фізічных нагрузкак, ці страты „жыццёвага этру“, калі істота стамлецца. XIX стагодзьдзе прынесла свае здагадкі. Адныя звязвалі сон з **малакроўем**, другія – з прытокам крыві да галавы. Навукоўцы сучаснасці пачалі дасьледаваць **дзіпрывациі сну**, праводзячы даволі не-гуманыя досьледы над жывёлам: доўгі час не давалі ім заснуць, паслья чаго тыя, ясная рэч, загіналі. І нягледзячы на тое, што дасьледаваньні дазволілі заўважыць і апісаць макраанатамічныя адметы парушэння мазгавога кровазвароту й дэгенэрацыі вузуў (або клетак) мазгou, тое ня робіць досьледаў меней нялюдзкім. Шануйма братоў нашых меншых!

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

А як яшчэ? Кажучы наўпрост, сон – траціна чалавечага жывця. Калі ўзяць сярднестатыстычнага 75-га-дневага чалавека, які сьпіць 8 гадзінай

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

ХТО ЗАСНУЎ ПЕРШЫ? РАЗГАДКА ЭВАЛЮЦІІ 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 **цыянабактэрыі**, адной з найбольш старажытных істотаў, якая жыла на Зямлі прыблізна 3,5 млрд гадоў таму. Сённяня вядома, што **найпразсыцейшым** былі ўласцівыя пэрыяды актыўнасці й спакою, якія дапамагалі адаптавацца да цыклу дня й ночы, а таксама наладзіць **фатасынтэз**. Гэтыя цыклічныя ваганьні інтэнсіўнасці розных біялягічных працэсаў арганізму, звязаныя зь зменаў дня й ночы, цяпер завуцца **цыркаднымі рytмамі**.

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

Іншая рэч – плодовая мушка (*Drosophila melanogaster*). Яна мае ня толькі цыркадныя рytмы, але й нутраны біялягічны гадзіннік, які рэгулюе генамі й бялкамі. І гэтая систэма падобная да систэмы рэгуляваньня сну ў сисуноў. Тут хацелася б адразу правесці рысу ў адрозненіі паміж цыркаднымі рytмамі і нутраным біялягічным гадзіннікам. Спойлер: гэта ня тое сама, а „вынік“ і яго „мэханізм“. І ўпершыню навукоўцы заўважылі той „вынік“, а гэта ці то цыкл сну ў няспаньня, ці то змена тэмпэратур-

БІЗОН ГІГС У ЛІЧБАХ





**JAK UTVARYLISIA ZORKI,
ADKUL UZIAŁOSIA REČYVA
Ū SUŚVIECIE I ZA KOŠT ČANO
PRACUJE SONCA**

DARJA PRYCHODŹKA



Ідэя і аўтарства ілюстрацыі
VECTRA



**Як муку прадаўшы:
чаму мы съпім
траціну жыцьця**



АЎТАРКА ТЭКСТУ І ВЫЯВЫ:
PAPRICA_SIDE

Тэкст рэдагаваў вучань Рэдактарскае
школы зіну Антось Задзіханаў