

09/2013

# КОЛОСОК

науково-популярний природничий журнал для дітей

December

November

October

September

August

July

June

May

April

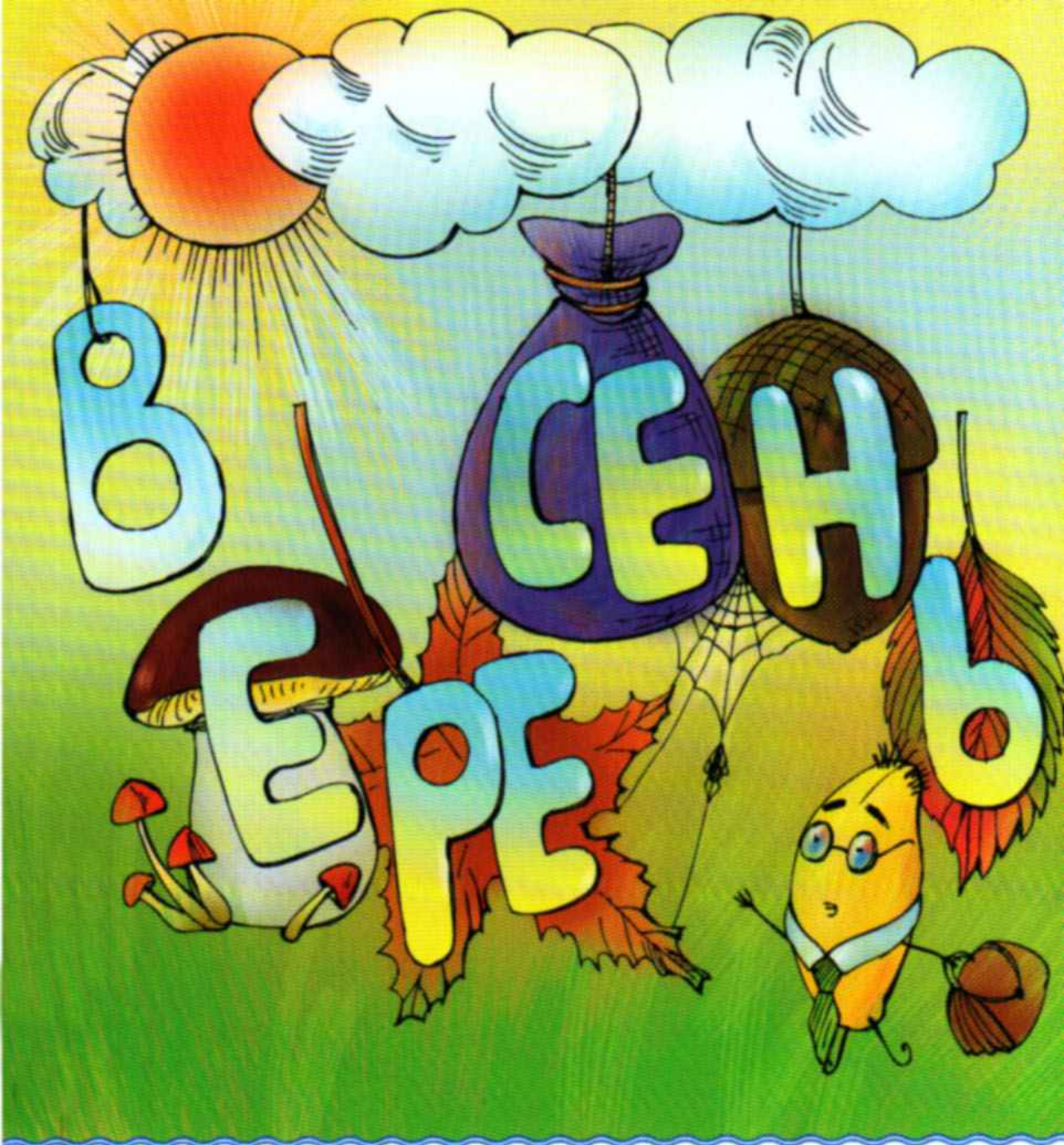
March

February

January



**ВЕЛИКИЙ** –  
ПОВІЛЬНИЙ,  
**МАЛЕНЬКИЙ** – ШВИДКИЙ?



Головний редактор:  
**Дарія Біда**

Заступник  
головного редактора:  
**Ірина Пісулінська**



Коректор:  
**Катерина Нікішова**



Дизайн і верстка:  
**Василя Рогана,  
Марини Шутурми,  
Каріне Мкртчян-Адамян**



Наукові редактори:  
**Олександр Шевчук,  
Ярина Колісник**



Художник:  
**Оксана Мазур**



Ілюстрація та  
дизайн обкладинки:  
**Юрій Симотюк**

# КОЛОСОК

Науково-популярний природничий журнал для дітей

Виходить 12 разів на рік.  
№ 9 (63) 2013.  
Заснований у січні 2006 року.

Зареєстровано у Державному комітеті телебачення і радіомовлення України.

Свідоцтво про реєстрацію: КВ № 18209-7009ПР від 05.10.11 р.

Засновник видання: ЛМГО „Львівський інститут освіти”, 79006, м. Львів, пл. Ринок, 43.

Видавництво: СТ „Міські інформаційні системи” 79013, м. Львів, вул. Ген. Чупринки, 5.

© „Львівський інститут освіти”, 2006

© „Міські інформаційні системи”, 2006

## ЗМІСТ

### НАУКА І ТЕХНІКА



- 2** Дарія Біда. Великий – повільний, маленький – швидкий?
- 12** Олег Орлянський. Тепловий баланс у космосі.
- 22** Дарія Біда. Як добути вогонь? Частина 2.



### ЖИВА ПРИРОДА

- 26** Наталія Романюк. Дихання рослин. Частина 1.
- 36** Марія Надрага. Смоковниця звичайна, або інжир.



### ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

- 44** Сім нових чудес природи. Амазонка та Амазонія.



### ПРОЕКТИ КОЛОСКА

- 46** Ольга Возна. Тест для астроерудитів.
- 48** КОЛОСОК-осінній-2013: ЕНЕРГІЯ – ЦЕ ЖИТТЯ!





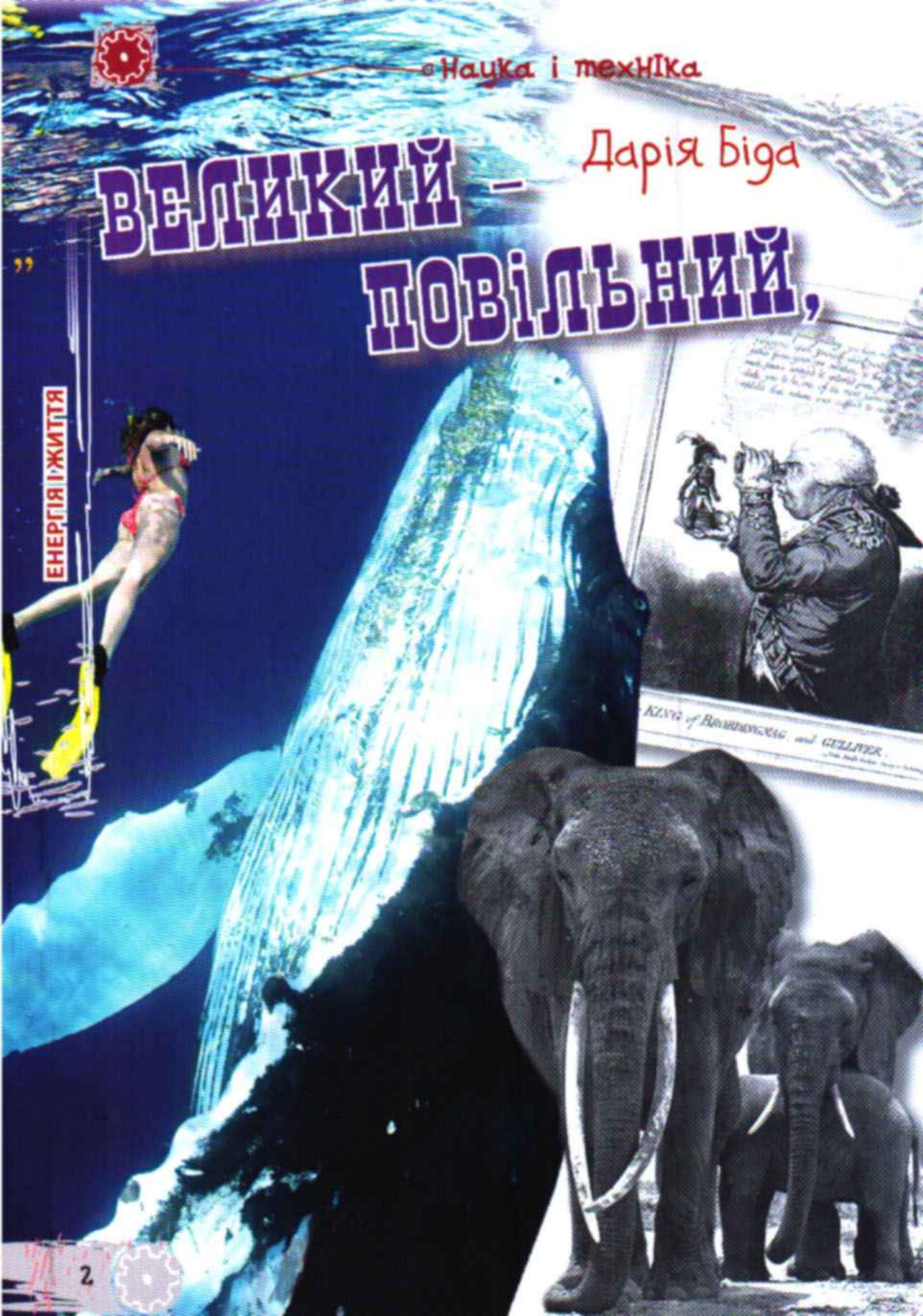
«Наука і техніка»

**ВЕЛИКИЙ**

Дарія Біда

**ДОВІЛЬНИЙ,**

ЕНЕРГІЯ І ЖИТТЯ



*KINGS of BRABANTONIA, and GULLIVER.*





# МАЛЕНЬКИЙ – ШВИДКИЙ?



## ПОТРЕБА У ЇЖІ

Здавалося б, великі тварини мають більше шансів вижити. Однак не все так однозначно: що більша тварина, то вона менш поворотка і менш спритна, а потреба у їжі росте пропорційно об'єму її тіла. Ось вам і протиріччя: великим тваринам треба набагато більше їжі, а можливості її роздобути зменшуються внаслідок їхньої огрядності. Саме тому виникає природне обмеження на існування дуже великих тварин. Починаючи з певних розмірів великі і неповороткі тварини не здатні добути стільки їжі, скільки їм потрібно для життя. Такі види приречені на вимирання. Колись на Землі жили велетенські плазуни. Сьогодні найбільша тварина суходолу – слон.

У морі фізичні умови для існування тварин інші. На тіло, занурене у воду, діє виштовхувальна сила. Тому в морях багато крупних тварин і риб. У кита не такий масивний скелет, як у слона чи бегемота, але він утримує на ньому значно більшу масу.

Наші міркування наводять на думку, що велетні у романі Свіфта мали б бути нежиттєздатними. А як щодо ліліпутів? Стосовно їхніх механічних характеристик – все гаразд. Механічно вони навіть міцніші, ніж звичайні люди<sup>1</sup>. Сумніви про можливість існування таких теплокровних організмів виникають тоді, коли вникнути у процеси теплообміну.

<sup>1</sup>Читай про те, як порівнювати силу різних організмів, у журналі „КОЛОСОК”, № 8/2013.

## ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ОРГАНІЗМУ

У ссавців і птахів, на відміну від усіх інших тварин, температура тіла практично постійна і не залежить від коливань температури навколишнього середовища, вона може бути навіть значно вищою. Саме тому ссавців і птахів називають теплокровними – на відміну від холоднокровних, температура тіла яких трохи вища від температури середовища і змінюється разом з нею. Нормальна температура тіла людини приблизно  $37^{\circ}\text{C}$ , слона –  $35^{\circ}\text{C}$ , а птахів – в середньому  $42^{\circ}\text{C}$ . Сталу температуру тіла теплокровних забезпечують механізми охолодження і нагрівання. У організмі відбуваються різноманітні перетворення енергії, пов'язані з травленням, диханням, роботою м'язів, внаслідок яких виділяється теплота і організм нагрівається. З другого боку, процес тепловіддачі у навколишнє середовище супроводжується охолодженням. Якщо з'являється надлишок теплоти, включається додатковий механізм охолодження, і ми потіємо.

Теплообмін живих істот відбувається внаслідок випромінювання, конвекції, теплопровідності та випаровування з поверхні тіла. А утворюється теплота внаслідок процесів метаболізму, які відбуваються в усьому організмі. Теплота, яку організм виробляє, пропорційна кількості спожитої їжі, яка, в свою чергу, залежить від маси (або об'єму) організму (пропорційна кубу характеристичної довжини<sup>2</sup>). Швидкість тепловіддачі у навколишнє середовище пропорційна площі поверхні тварини (пропорційна квадрату характеристичної довжини).

Таким чином, швидкість тепловіддачі на одиницю маси тварини обернено пропорційна характеристичній довжині її тіла. Дуже маленька тварина може компенсувати втрату теплоти за рахунок постійного споживання їжі або кращої теплоізоляції тіла (відповідний шкірний покрив). Маленькі тварини щоденно з'їдають таку масу



Ссавець суходоль - землерийка



їжі, яка складає значну частину їхньої власної маси. Наприклад, миша щодня з'їдає їжу, маса якої складає четверту частину її маси. Маленька землерийка померла б від голоду, якби не знайшла їжі впродовж трьох годин. У слона навпаки, здатність генерувати теплоту така велика, що він вимушений позбавлятися її надлишку. Він використовує будь-яку нагоду, щоб охолодитися у водоймі. У комах відношення площі поверхні тіла до об'єму більше, ніж у теплокровних тварин. Але для них це не проблема, адже вони – холоднокровні, і температура їхнього тіла така ж, як температура навколишнього середовища. А тому і втрата теплоти, і потреба у їжі у них значно менші.

Для всіх теплокровних істот діє правило оберненої пропорції: що менша маса, то інтенсивніше тварині треба харчуватися, бо малі тіла мають велику питому тепловіддачу з поверхні тіла. Цю залежність просто пояснити на прикладі. Щоб завернути цукерку певної маси, потрібна мінімальна обгортка певної площі (обгортка – аналог шкіри тварини). Якщо масу цукерки збільшити вдвічі, площа обгортки збільшиться незначно. Або ще один дуже наочний приклад. Кубик з ребром  $10\text{ см}$  має площу поверхні  $600\text{ см}^2$ . Якщо його роздрібнити на кубики з ребром  $1\text{ см}$ , то загальна площа поверхні становитиме  $6\,000\text{ см}^2$ , а якщо його роздрібнити на міліметрові кубики, то сумарна поверхня буде вже  $60\,000\text{ см}^2$ . Розумієте, чому маленьким діткам холодніше, ніж дорослим? У них на одиницю маси тіла припадає більша площа шкіри, ніж у дорослих. А втрати тепла відбуваються переважно саме через поверхню тіла.

<sup>2</sup>Орієнтовний розмір об'єкта для оціночних розрахунків.



## ЯК ЖИВЕШ, МАЛЕСЕНЬКА ТВАРИНО?

**Б**іологи вже давно встановили, що теплокровна тварина, зокрема ссавець, не може мати масу, меншу, ніж 2 г, інакше в неї порушується обмін речовин і вона гине. У воді тепловіддача краща, тому морські теплокровні мають відносно великі розміри. Найменша теплокровна тварина суходолу – бурозубка мала, представник комахоїдних. Вона найменша серед землерийок: завдовжки не більше 6 см і масою до 5 г. Ззовні тваринка схожа на домову мишку, тому їх часто плутають. Живе бурозубка в усіх лісових і лісостепових областях України, у вологих листяних і мішаних лісах з розвиненим трав'яним ярусом.

Справжньою сенсацією для науковців виявилось, що доросле етруське мишеня *Suncus etruscus* (або карликова білозубка) має масу не більше 2 г, а багато з них – 1,5 г!

Твариною зацікавилися криптозоологи – спеціалісти, які вивчають тварин, існування яких викликає сумнів. У XIX столітті кісточки цієї дрібнесенької істоти знайшли у гнізді сови, а в середині XX століття зоолог Бонського університету Адельхайд Геретс після довгих пошуків на острові Сардинія знайшла спочатку мертвих, а потім і сім живих екземплярів цієї дивовижної тваринки (троє з них легко помістилися у сірникову коробку!). Білозубкам неабияк пощастило, що зоолог віднайшла їх: тваринки були вже мляві від голоду. Для підтримання своїх біологічних потреб вони змушені без упину їсти. І якби дослідниця не дала їм поживи (а харчуються вони черв'яками, гусінню, кониками), то крихітки загинули б від голоду.







У карликової білозубки м'яке блискуче хутро сірого або коричневого кольору, яке взимку стає довшим і ще м'якішим. Турботливі матусі білозубки водять своїх діточок шнурочком. Перше дитя чіпляється за основу маминого хвоста, а друге тримається за хвіст першого. Мишенята рухаються, наче живий ланцюг. Вони гинуть, якщо залишаються без їжі впродовж двох годин.

Незважаючи на те, що етрусська миша вкрита шерстю, внаслідок теплообміну малесенька тварина втрачає дуже багато тепла. Тому впродовж дня вона з'їдає їжі удвічі більше своєї маси. Найбільша тварина на Землі – блакитний кит – з'їдає  $8\text{ т}$  їжі щодня (4 % від його маси); слону щодня треба до  $230\text{ кг}$  листя або  $50\text{--}70\text{ кг}$  сіна. Мишка у порівнянні з цими гігантами – справжня ненажерка! Вона має такий апетит, наче людина, яка з'їдає щодня  $150\text{ кг}$  їжі. Тому мишка майже не спить: вона і вночі шукає їжу. Таке напружене життя виробило у тваринки справжні бійцівські якості. Звірятко відчайдушно атакує приречених павуків, великих жуків і навіть ящірок завдовжки  $10\text{ см}$ . У тварини виключна реакція і величезна для її розмірів фізична сила.

Якщо їжі немає, мишка впадає у сплячку, скрутившись у клубок, щоб зменшити поверхню тепловіддачі<sup>3</sup>, і біологічні процеси сповільнюються. Такий стан не може тривати більше двох годин. Прокинувшись, мишка знову вимушена вирушати на полювання. Якщо тварина і тепер не знайде поживи, вона приречена. Таке життя, практично за межею можливого, вимагає ідеальної роботи всього організму, роботи виснажливої. І якщо у слона серце здійснює  $27$  ударів на хвилину, у людини –  $70$ , то в етруської мишки серцевий ритм становить  $1300\text{--}1500$  ударів на хвилину ( $25$  ударів на секунду!). Не дивно, що живе вона лише  $16$  місяців.


<sup>3</sup>З усіх тіл заданої маси куля має найменшу площу поверхні.





## РЯТІВНІ МЕХАНІЗМИ

**Щ**о менша тварина, то більше тепла вона втрачає на одиницю маси через поверхню свого тіла. Природа придумала для „малечі” рятівні механізми. Порівняйте коня і звичайну польову мишку, які живуть в однаковому кліматі. Кінь – дуже спокійна у звичайній ситуації тварина, а миша постійно в русі, вона весь час снує, метушиться. Кінь за хвилину вдихає об’єм повітря, який складає менше однієї соті частини об’єму його тіла, а миша щохвилини вдихає об’єм повітря, більший за її власний об’єм. Отож, в організмі миші обмін речовин відбувається набагато інтенсивніше, ніж у коня. До того ж, у миші кращий шерстяний покрив, тобто краща теплоізоляція. Саме так природа компенсує зменшення розмірів тварин: посиленням обміну речовин і кращою теплоізоляцією шкіри. Однак можливості такої компенсації є обмеженими, врешті вони вичерпаються, і тоді подальше зменшення розмірів теплокровних тварин уже не можливе.



Якщо дуже малі ссавці не в змозі себе обігріти, то дуже великі, навпаки, надто сильно потіють і намагаються охолодитися. Дуже маленьким тваринам загрожує смерть від холоду, а дуже великим – від теплового удару. Але доки станеться тепловий удар, вони швидше загинуть від механічних навантажень на організм. Таким чином, зверху розміри тварин обмежені законами механіки, а знизу – теплофізики. Нижнє обмеження сто-  
сується лише теплокровних тварин.



Повертаючись до ліліпутів Свіфта, можемо зробити висновок: люди заввишки *10 см* навряд чи змогли б існувати. Щоб вижити, їм довелося б дуже часто дихати, без упину їсти, швидко рухатися і кутатися у теплий одяг. Так що Дюймовочка, яка з'їдала в день лише половинку зернятка і тому була вигідною партією для крота – така ж нереальна вигадка Ганса Крістіана Андерсена, як і ліліпути в романі Свіфта, гноми у казці про Білосніжку та Хлопчик-мізинчик.

## СЕКРЕТИ КОЛІБРІ

**М**аса колібрі не більша, ніж у землерийок (*1,7–19,1 г*). Отож, пташечка теж мусить у поті чола добувати собі їжу. На одиницю маси вона з'їдає в *100* разів більше, ніж слон. Колібрі – денна пташка, вона не може шукати поживу і вночі, як землерийка. І впродовж дня колібрі не може запасти стільки енергії, щоб її вистачило ще й на ніч. Швидкість обміну речовин у цієї пташки така велика, що *6–8 годин* без їжі загрожують пташці смертю від виснаження. Щоб такого не трапилося, вночі колібрі наче клякнуть, і від звичної *40–45 °C* температура їхнього тіла знижується до температури навколишнього повітря, а обмінні процеси сповільнюються у *10–15* разів.

Вранці пташка оживає і знову жадібно поглинає їжу. Пташка малесенька, а тому і різке падіння, і різке підвищення температури її тіла відбуваються впродовж декількох секунд. Отакий малий фенікс!





## КЛІМАТ МАЄ ЗНАЧЕННЯ

**Н**е лише розміри тварин визначають спосіб їхнього життя. У природі існує певна залежність розмірів тварини від кліматичних умов, зокрема – від температури повітря. Ми вже з'ясували: що більші розміри тіла (або менше відношення площі поверхні тіла до об'єму) у близьких видів, то менша у них тепловіддача. Саме тому що холодніше в тих місцях, де мешкають представники близьких видів, то більші їхні розміри. Мамонти і шерстисті носороги, що проживали на Півночі, були набагато більші, ніж їхні „побратими” на півдні. Це стосується і полярних ведмедів: приріст їхньої маси випереджує збільшення поверхні тіла: що більший ведмідь, то менша тепловіддача.

## МИ – ЩАСЛИВЧИКИ!

**Д**авайте усвідомимо, що ми з вами – щасливчики. Радіймо, друзі, розміри людини – саме те, що треба! У попередній статті<sup>4</sup> ми з'ясували, що з точки зору механіки організм людини влаштований розумно і працює дуже ефективно (у всякому разі порівняно з коником ☺), а лінійні розміри гарантують нам і міцність, і спритність. Фізика теплових процесів у живих організмах теж вселяє в нас оптимізм: ми не копошимося, їмо лише 3–4 рази на добу, не надто пітніємо і не замерзаємо. Тож розміри людини не просто оптимальні, а вочевидь, єдино можливі. Як тут не пишатися своєю фізичною досконалістю?

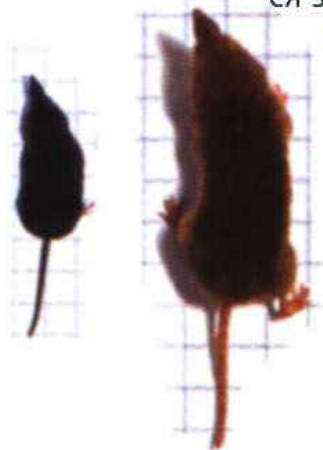
<sup>4</sup>Читай журнал „КОЛОСОК”, № 8/2013.



## ЗАДАЧА „СКІЛЬКИ З'ЇЛА БИ МИШКА?”

Маленька польова мишка з'їдає за добу 10 г корму. Оцініть, скільки повинна з'їсти мишка, усі розміри якої збільшилися вдвічі.

В першу чергу треба з'ясувати, які процеси суттєві для розв'язання задачі. У нашому випадку основа розв'язку – рівняння теплового балансу (воно ж – закон збереження енергії для теплових процесів): мишка має отримати з їжею стільки ж енергії, скільки вона витрачає впродовж доби на рух (у пошуках їжі) і теплообмін (вона істота теплокровна). Ми вже знаємо, що втрати тепла прямо пропорційні площі поверхні тіла миші, тому вони збільшуються у 4 рази. Маса великої мишки більша у  $2^3$  разів, тому й роботу з переміщення вона здійснює більшу. Але велика мишка рухається з іншою швидкістю, бо її крок у 2 рази більший і на нього треба у  $\sqrt{2}$  разів більше часу (вважаємо, що крок – це падіння з висоти підйому ноги). Швидкість руху другої мишки буде у  $\sqrt{2}$  разів більша, а потужність – у  $\sqrt{2^7}$  разів вища:  $40 + 10\sqrt{2^7} = 40 + 113$  г. Отже, відповідь знаходиться у інтервалі від 40 до 153 корму на добу.





Олег Орлянський

АБСТРАКЦІЇ В НАУЦІ

# Тепловий баланс

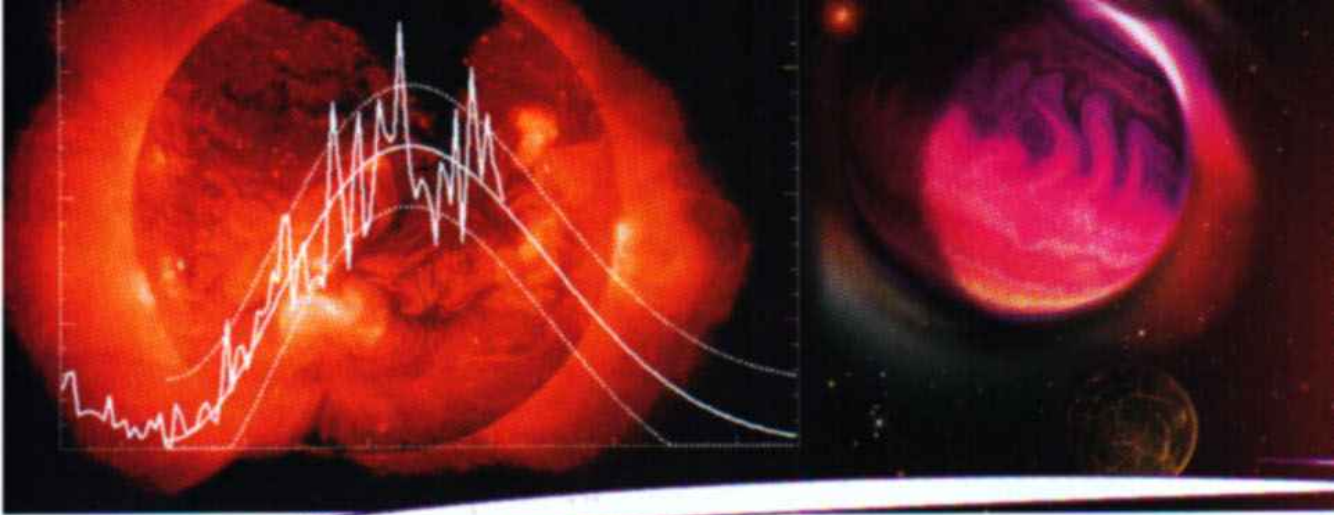
Якщо у десятилітрове відро опустити малопотужний кип'ятильник, вода ніколи не закипить. Водночас з нагріванням води будуть збільшуватися теплові втрати. Коли потужність втрат досягне потужності кип'ятильника, вода буде віддавати стільки ж тепла, скільки отримує і надалі нагріватися не буде. Настає баланс між теплом, яке вода отримує і віддає. Дуже схожий тепловий баланс дарує нам з вами радість існування та й взагалі робить можливим життя на Землі. Вкрита океанами Земля невпинно отримує тепло від Сонця, але, на щастя, вода на ній не закипає, бо Земля всю отриману енергію віддає у навколишнє середовище. Як бачите, ділитися з оточуючими корисно хоча б для хорошого самопочуття.

# У КОСМОСІ

## Теплопровідність і конвекція

**З**гадаймо, як тіла віддають тепло. Перший спосіб – це теплопровідність. Більш швидкі „нагріті” молекули внаслідок зіткнень передають енергію своїм „холоднішим” сусідам, а ті, в свою чергу, – далі. Крізь металеві стінки відра теплота від гарячої води переходить до навколишнього прохолодного повітря.

Другий спосіб передачі теплоти – конвекція. Потоки повітря або рідини, які складаються з мільярдів і мільярдів частинок, що стикаються між собою, узгоджено переміщуються і переносять тепло. Цьому сприяє теплове розширення речовини, а організовує потоки і приводить їх у рух сила Архімеда. Це та сама сила, яка допомагає нам плавати у воді, а ку-

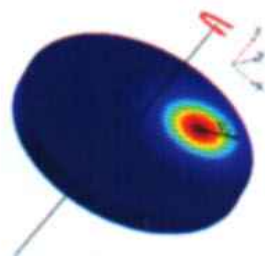
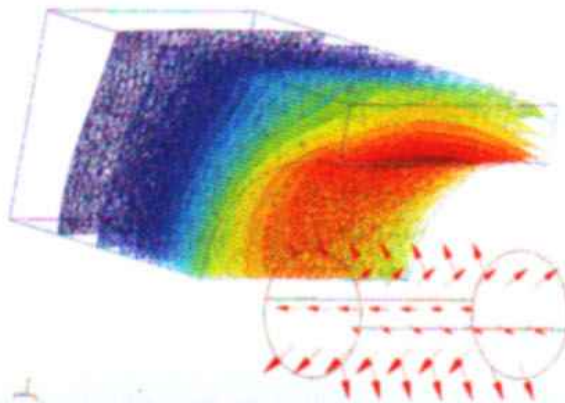


лям, наповненим гелієм, – у повітрі. Все, що має густину, меншу, ніж густина середовища, спливає, а все щільніше – тоне внаслідок боротьби двох сил: сили тяжіння і сили Архімеда.

Нагріта кип'ятильником вода розширюється, її густина зменшується, і вона піднімається вгору. Розтікаючись вздовж поверхні, вона досягає стінок відра, охолоджується і опускається вниз, прагнучи зайняти місце, яке звільнилося під кип'ятильником. Круговорот замикається. Для води в відрі стінки відра холодні, а от для навколишнього повітря вони – джерело тепла. Повітря навколо відра нагрівається і піднімається вгору, стягуючи з усіх боків до відра ще не нагріте повітря, місце якого воно невдовзі займе, охолонувши поблизу стін кімнати. Два коловороти активно охолоджують воду в відрі. Якщо в теплу кімнату внести відро з холодною водою, ці коловороти запрацюють у зворотному напрямку, намагаючись щонайшвидше нагріти воду й охолодити кімнату.

## Схуднути чи погладшати?

Добре, а що ж охолоджує Землю? Теплопровідність, конвекція? Як відомо, Земля летить у порожнечі. Навколо неї немає середовища, яке б забиравало надлишкове тепло. Тому ані теплопровідність, ані конвекція не підходять. Розглянемо способи охолодження, пов'язані зі зміною маси. Наприклад, за рахунок втрати гарячої речовини або набуття холодної. Випа-







ровування досить ефективно охолоджує склянку чаю, а кубик льоду – бокал коктейлю.

В процесі випаровування поверхню покидають найшвидші молекули, тому середня температура рідини зменшується. Щоб переконатися у цьому, достатньо налити у склянку з гарячим чаєм трохи рослинної олії. Олія вкриє поверхню води, перешкоджаючи випаровуванню, і чай буде охолоджуватися значно довше. Можна навіть відлучитися у справах, а повернувшись випити ще теплий чай за допомогою вишуканої соломинки 😊. Або згадаймо холодок, який ми відчували напередодні забору крові на аналіз, коли медсестра протерла пучку пальця ватою зі спиртом. Холодок на шкірі викликаний випаровуванням спирту, а ось холодок на серці, який відчули багато пацієнтів, безпосереднього відношення до випаровування не мав, але все ж свідчив про нашу небайдужість до фізичних явищ і процедур.

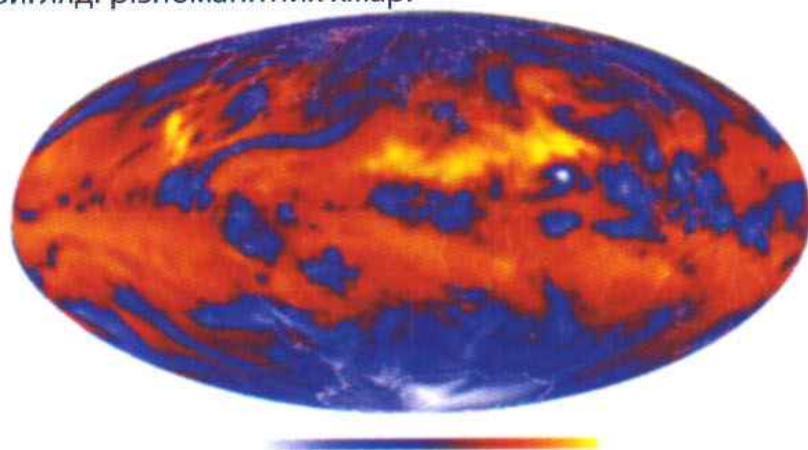
Чи може Земля суттєво охолодитися за рахунок випаровування і втрати атмосфери? Навряд. Щосекунди Земля втрачає 3 кг повітря, яке відлітає у космос, і здебільшого воно складається з найлегшого газу водню. Втрату енергії компенсує потік сонячного світла, що падає на один квадратний кілометр земної поверхні. Але ж площа освітленої поверхні Землі набагато більша! Не можна також пояснити охолодження Землі падінням на неї холодних льодяних уламків комет. По-перше, Земля не бокал з коктейлем, в який падає шматок льоду. Її маса у стільки ж разів більша порівняно з масою найбільших комет, у скільки разів рік довший, ніж секунда. По-друге, падіння комет – дуже рідкісне явище. І, нарешті, по-третє, кометні уламки падають з такими швидкостями, що приносять набагато більше енергії, ніж здатні забрати за рахунок перетворення власного льоду у воду і навіть – у пару.





## Як гукæеш, так і одгукнеться

Отже, жодна з перерахованих причин не пояснює, як саме Земля позбавляється від надлишку тепла, яке вона отримує від Сонця. Спробуємо міркувати простіше. Що ми маємо? Земля отримує тепло і в якийсь спосіб позбавляється від нього. Але як? Можливо, щоб відповісти на це запитання, треба збагнути, як вона отримує тепло? Раптом механізми отримання і віддачі тепла однакові? Тепло на Землю надходить від Сонця. Але не за допомогою теплопровідності або конвекції, оскільки між тілами безповітряний простір. І не за допомогою полярних сьйв – кількість сонячної речовини, яку отримує Земля, мізерна. Сонце світить і передає нам своє тепло випромінюванням. Вийшовши на сонечко з холодної тіні, ми відчуваємо його лагідний дотик. Деревя простягають свої руки до сонця, розташовуючи долоні листків так, щоб не пропустити жодного промінчика. Молекули води покидають водні поверхні і здіймаються вгору, щоб згодом, охолонувши, об'єднатися у крихітні краплинки води або кристалики льоду і парити над землею у вигляді різноманітних хмар.



Як часто трапляється, відповідь лежить на поверхні. До того ж, у буквальному значенні цього слова. Розжарена поверхня Сонця випромінює електромагнітні хвилі, які досягають Землі і зігрівають її. Нагріта поверхня Землі також випромінює електромагнітні хвилі, але вже не у видимому, а в інфрачервоному діапазоні. Вони в усіх напрямках переносять надлишки енергії, забезпечуючи теплову рівновагу і комфортні умови для життя на нашій планеті.





## Закон Стефана-Больцмана

Ми вже обговорювали з вами випромінювання нагрітого тіла і користувалися таким абстрактним поняттям як абсолютна температура, яка вимірюється у кельвінах. За нуля кельвінів тепловий рух припиняється, і тіло не випромінює. Що вища температура, то більша швидкість руху частинок речовини, і потік випромінювання стрімко зростає. Як залежить потужність випромінювання від температури? Це запитання цікавило багатьох учених, і вони проводили чисельні спостереження та вимірювання. У 1879 р. отримані на той час експериментальні результати проаналізував австрійський фізик, словак за національністю, *Йозеф Стефан*. Він дійшов висновку, що енергія випромінювання пропорційна четвертому степеню абсолютної температури. Ось так абстрактне поняття абсолютної температури раптом відіграло роль у абсолютно конкретних питаннях охолодження, нагрівання і теплової рівноваги тіл. П'ять років по тому відкриття Стефаном залежність теоретично обґрунтував його учень *Людвіг Больцман*. З того часу закон має назву закону *Стефана-Больцмана*. Потужність **P** випромінювання нагрітого тіла пропорційна четвертому степеню абсолютної температури **T** і площі **S** його поверхні:

$$P = \sigma T^4 S,$$

де  **$\sigma$**  – стала *Стефана-Больцмана*.



*Йозеф Стефан*

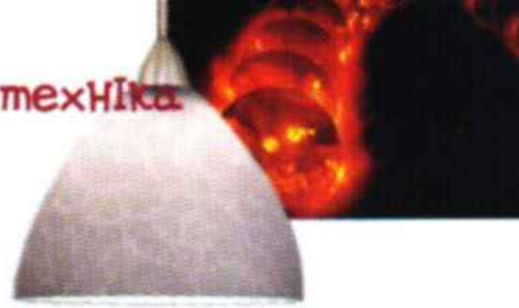


*Людвіг Больцман*

Виявляється, якщо температура тіла збільшується у 10 разів, то потік енергії від нього збільшується у  $10^4 = 10\,000$  разів! Саме тому дуже нагріті тіла швидко охолоджуються. Йдеться, звичайно, про температури, подані у кельвінах, а не у градусах Цельсія. Прискорити охолодження можна також за рахунок збільшення площі поверхні. Перелийте чай з маленької склянки у широке блюдце, і він охолоне набагато швидше.



## Сонце у плафоні



Закон Стефана-Больцмана добре пояснює, чому матовий білий плафон навколо лампи розжарення теплий, скляна колба лампи дуже гаряча, а вольфрамова нитка всередині розжарена. За однакової потужності випромінювання зменшення температури у 2 рази потребує збільшення площі у  $2^4 = 16$  разів. Якби наш світильник не був оточений стінами кімнати, ми могли б знайти температуру розжареної вольфрамової нитки, прирівнявши потужності і скоротивши сталу:

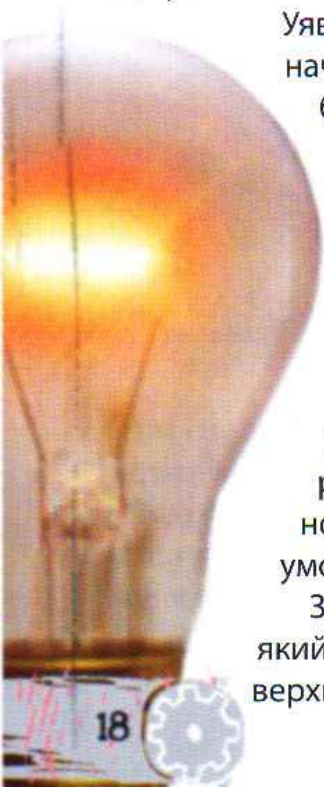
$$T_{\text{нитки}}^4 S_{\text{нитки}} = T_{\text{плафона}}^4 S_{\text{плафона}}$$

У Сонця жодних проблем з повітрям і стінами кімнати не виникає. Нагріте до величезної температури, воно пронизує навколишній простір потоком потужного випромінювання. Земля перехоплює невелику частину цього потоку, відкидаючи за собою круглий коридор тіні. Дивовижний математичний факт: площа круга рівно у 4 рази менша площі поверхні кулі такого ж радіуса. Земля обертається навколо осі, і перехоплена площею круга сонячна енергія розподіляється на вчетверо більшу площу поверхні планети. Планета випромінює усією своєю поверхнею, і тому її температура менша, ніж якби Земля мала форму круга і просто перевипромінювала енергію, яка потрапляє на неї.

Уявімо собі, що Сонце оточене непрозорою матовою сферою, наче надпотужна лампа, радіус якої дорівнює радіусу земної орбіти, гігантським плафоном. Придивившись, бачимо на цьому плафоні крихітний кружечок Землі.

Ви гадаєте, це безглузда фантазія? Можливо. Однак ще у 1960 р. її висловив на сторінках найпрестижнішого наукового журналу „*Science*” американський фізик-теоретик Фрімен Дайсон. Він писав, що розвиваючись, цивілізація споживає щораз більше енергії. Коли планетарних ресурсів бракує, вона починає утилізувати енергію своєї зорі. Якщо оточити зорю сферою, можна використати усю її зоряну енергію: сфера неминуче нагріється і буде випромінювати у інфрачервоному діапазоні, забезпечуючи на поверхні планети комфортні умови для життя.

З'ясуємо, у скільки разів площа поверхні сфери з радіусом, який дорівнює відстані від Землі до Сонця, більша, ніж площа поверхні Сонця.





## Температура на Сонці

Відомо, що збільшення лінійних розмірів тіл у  $k$  разів за збереження пропорцій спричиняє збільшення площі поверхні у  $k^2$  разів, оскільки у  $k$  разів збільшуються обидва взаємно перпендикулярні розміри, які визначають цю площу. У нашому випадку  $k$  дорівнює відношенню радіуса уявного гігантського плафону (відстань від центру Сонця до Землі) до радіуса Сонця. Чи можна знайти відношення двох відстаней, не знаючи їх зокрема? Так! І, виявляється, дуже просто. Якщо подивитися на Сонце крізь закопчене скельце, сонячний диск має вигляд кружечка діаметром 1 см на відстані приблизно 1 м, тобто діаметр Сонця менший, ніж відстань до нього у 100 разів (в одному метрі сто сантиметрів). Отже, радіус Сонця менший уже в  $k = 200$  разів, а площа гігантської сфери – у  $k^2 = 200^2 = 40\,000$  разів більша, ніж площа поверхні Сонця. Оскільки площа сфери більша, її температура буде менша, ніж на поверхні Сонця. Така ж температура була б на Землі, якби вона була на цій сфері плоским кружечком, який випромінює сонячну енергію далі від Сонця. Однак вона має форму кулі і площу випромінювання вчетверо більшу, ніж площа круга.

$$T_{\text{Сонця}}^4 = T_{\text{Землі}}^4 \times 40\,000 \times 4 = 20^4 \times T_{\text{Землі}}^4 = (20T_{\text{Землі}})^4$$

Тобто температура на поверхні Сонця в 20 разів більша, ніж на поверхні Землі. Таким чином, знаючи температуру земної поверхні, ми можемо знайти температуру на поверхні Сонця! Яка ж температура на Землі? Вона не однакова вдень і вночі, поблизу полюсів і поблизу екватора. Часто використовують її середнє значення. Для Землі це  $15^\circ\text{C}$ , а у кельвінах заокругливши отримаємо приблизно 290 К. Отже, температура на Сонці  $T_{\text{Сонця}} = 20T_{\text{Землі}} = 5\,800$  К. Спекотно, чи не так? Ще спекотніше у надрах Сонця, де Гідроген перетворюється у Гелій. Енергія, яка при цьому виділяється, за рахунок випромінювання і теплопровідності переміщується до поверхні. Пройшовши дві третини шляху, вона підхоплюється конвекційними потоками, які вкривають киплячу поверхню Сонця тисячокілометровими гранулами, тривалість життя яких 10–15 хвилин. Речовина Сонця не може подолати величезну силу тяжіння, і далі енергія переноситься випромінюванням.



## Землі льоду і полум'я

Ось так, не знаючи сталої Больцмана, відстані до Сонця і його розмірів, ми змогли доволі точно визначити температуру поверхні Сонця (довідкове значення  $T_{\text{Сонця}} = 5780 \text{ K}$ ). Це дивовижно ще й тому, що ми припустилися неточностей. По-перше, не врахували відбивальну здатність Землі. Не всю енергію, яка потрапляє на неї від Сонця, Земля поглинає. У цьому легко переконатися, поглянувши на мальовничі фотографії нашої планети, зроблені з космосу. По-друге, ми не враховували парниковий ефект. Частину випромінювання Землі атмосфера повертає назад до поверхні, додатково нагріваючи її. За рахунок відбивання температура на поверхні Землі була б нижчою, ніж  $15^\circ\text{C}$ , а за рахунок парникового ефекту – вищою. Обидва ефекти непогано компенсують один одного, і ми маємо те, що маємо<sup>1</sup>.

Якби Земля була в  $k$  разів далі від Сонця, то площа уявної гігантської сфери навколо Сонця зросла б у  $k^2$  разів. Планета своїм диском вловлювала б у  $k^2$  разів меншу потужність сонячного випромінювання, ніж зараз:  $P_{\text{план}} = P_{\text{Землі}}/k^2$ . Відповідно до закону Стефана-Больцмана  $T_{\text{план}}^4 = T_{\text{Землі}}^4/k^2$ , або  $T_{\text{план}} = T_{\text{Землі}}/\sqrt{k}$ .

За допомогою отриманої формули можна оцінити температуру тіл Сонячної системи. Відстань від Сонця до Марса 1,52 а. о.<sup>2</sup>, а це в  $k=1,52$  разів більше, ніж до Землі. Визначаємо середню температуру на Марсі:  $T_{\text{Марса}} = T_{\text{Землі}}/\sqrt{1,52} \approx 235 \text{ K} \approx -40^\circ\text{C}$ . Ми отримали ледь завищене значення, але в будь-якому випадку ясно, що вода у рідкому стані колись існувала на Марсі за вищих температур на його поверхні за наявності атмосфери та парникового ефекту. Якщо подумки переміститися далі, на окраїни Со-

<sup>1</sup>Читай статтю Дарії Біди „Чому змінюється клімат Землі?“ у журналі „КОЛОСОК“, № 4/2013.

<sup>2</sup>а. о. – астрономічна одиниця, середня відстань від Землі до Сонця.

нячної системи, температури стануть ще нижчі. Середня відстань до Плутона, який донедавна вважався найвіддаленішою планетою Сонячної системи, 39,5 а. о. Розрахована за допомогою формули температура на Плутоні  $T_{\text{Плутона}} = T_{\text{Землі}} / \sqrt{39,5} \approx 46 \text{ К}$  лише на 2 градуси більша, ніж довідкове значення. Непогана точність! На Плутоні так холодно, що навіть Нітроген та Оксиген перетворилися на лід.

Найбільшу різницю між розрахованою за формулою і справжньою температурою поверхні маємо для Венери (відстань до Сонця 0,72 а. о.):  $T_{\text{Венери}} = T_{\text{Землі}} / \sqrt{0,72} \approx 342 \approx 70 \text{ }^\circ\text{C}$ . За рахунок потужної атмосфери (переважно складається з вуглекислого газу) і сильного парникового ефекту температура на поверхні Венери становить  $737 \text{ К} \approx 464 \text{ }^\circ\text{C}$ . За такої температури ви не знайдете на Венері свинець, олово, цинк або цукор для чаю у твердому стані. В кращому випадку – у вигляді блискучих калюж. Колись умови на Венері та Землі були схожі, але парниковий ефект забрав усі шанси на існування життя на Венері. Будемо сподіватися, що схожа доля не очікує на Землю. Та обставина, що більшість країн, незважаючи на величезні фінансові втрати, обмежують викиди вуглекислого газу в атмосферу, свідчить про серйозність даної проблеми і вселяє надію.

## Народжені, щоб казку втілити в життя!

Навколо кожної стабільної зорі можна окреслити так звану зону життя, або *Goldilocks zone*, – зону Золотоволоски з англійської казки „Золотоволоска і три ведмеді“. Це інтервал відстаней до зорі, сприятливий для земних форм життя на її планетах. На поверхні планет, що потрапляють у зону Золотоволоски, можливе існування води у рідкому стані, а вода – чудовий розчинник, який має для життя першочергове значення.

У 2009 р. спеціально для пошуку таких планет запущений космічний телескоп Кеплер. Він уже відкрив приблизно 3 000 кандидатів у планети, більшість з яких ще очікують підтвердження свого статусу незалежними дослідниками. Декілька відкритих планет схожі на Землю і потрапляють у зону життя. Звичайно, ці планети належать іншим зорям, і їхнє безпосереднє дослідження відкладається на далеке майбутнє. Але хіба не в наших силах наблизити майбутнє у бажаному напрямку?

# ЯК ДОБУТИ

# ВОГОНЬ?

ЛАБОРАТОРІЯ КОЛОСКА

## СПОСІБ 3. ДОБУВАННЯ ВОГНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ БАТАРЕЇ

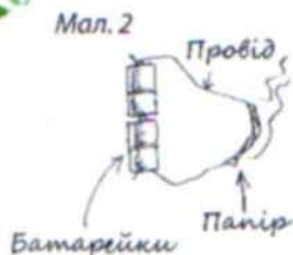


### Тобі знадобиться:

- батарея від автомобіля чи батарейки до кишенькового ліхтарика;
- тонкий провід чи металевий предмет (пружина від кулькової ручки, стальна спіраль або спіраль від лампи розжарювання);
- трут;
- матеріал для розпалювання.







*Що треба зробити?*

Приєднай два провідники до полюсів батареї. Наблизь вільні кінці провідників і добудь іскру поблизу трута (мал. 1). Щойно він загориться, додай матеріал для розпалювання, щоб підтримати вогонь. Якщо ти використовуєш батарейки до кишенькового ліхтарика, з'єднай їх так, як показано на мал. 2. Ти можеш також використати тонкі дротинки від тросу чи невеличкі шматки металу. Приєднуючи їх до батареї, захисти руки, бо метал нагріється.

#### СПОСІБ 4. ДОБУВАННЯ ВОГНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛІНЗ



Мал. 3

*Тобі знадобиться:*

- лінзи (від окулярів для читання, бінокюляра чи телескопа);
- трут;
- матеріал для розпалювання.

*Що треба зробити?*

Маючи багато сухого трута, скеруй світло, зібране лінзою, на нього, поки він не почне диміти (мал. 3). Май наготові ще трут, щоб підтримати вогонь. Коли трут почне горіти, додай матеріалу для розпалювання.



## СПОСІБ 5. ДОБУВАННЯ ВОГНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕФЛЕКТОРА



*Тобі знадобиться:*

- рефлектор від кишенькового ліхтарика чи автомобільної фари;
- трут;
- матеріал для розпалювання.



Мал. 4

### *Що треба зробити?*

Щоб сфокусувати сонячне проміння на трут, використай світловий рефлектор від кишенькового ліхтарика чи старої автомобільної фари. Якщо фара відпрацьована, обережно від'єднай скло. Поклади матеріал для розпалювання всередину чи перед рефлектором і розмісти його так, щоб максимально зібрати сонячне проміння. Якщо буде достатньо сонячної енергії (і трохи везіння), трут нагріється і загориться (мал. 4).



## СПОСІБ 6. ДОБУВАННЯ ВОГНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ ВОДИ

*Тобі знадобиться:*

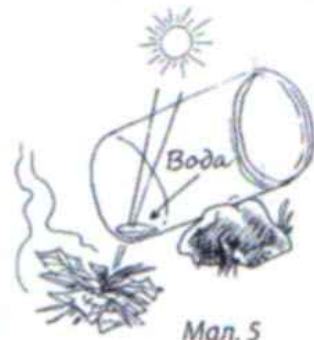
- вода;
- прозора посудина або пляшка;
- скріпка для паперу або дрiт;
- трут;
- матеріал для розпалювання.



### *Що треба зробити?*

Налий приблизно дві чайні ложки води в посудину. Нахили банку, щоб вода зібралась в кутку, а сонячне проміння потрапляло крізь воду на трут (мал. 5). Трут спалахне.

Є й інші незвичні способи добування вогню, наприклад, використання пороху з боєприпасів або за допомогою таблеток. Дуже своєрідно добувають вогонь племена Східної Азії. Вони виколупують середину циліндричного бамбукового стебла і засипають туди дрібну дерев'яну стружку. Потім підбирають довгий дерев'яний стрижень, який щільно входить у бамбуковий циліндр (наче поршень в автомобільному двигуні) і швидко стискають стрижнем повітря у циліндрі. Внаслідок швидкого (адіабатичного) стискання повітря нагрівається, і дерев'яна стружка спалахує. Залишається швидко висипати „жаринки” на трут – і є багаття!



Жива природа

Наталія Романюк

# ДИХАННЯ РОСЛИН

ЕНЕРГІЯ І ЖИТТЯ

Частина 1

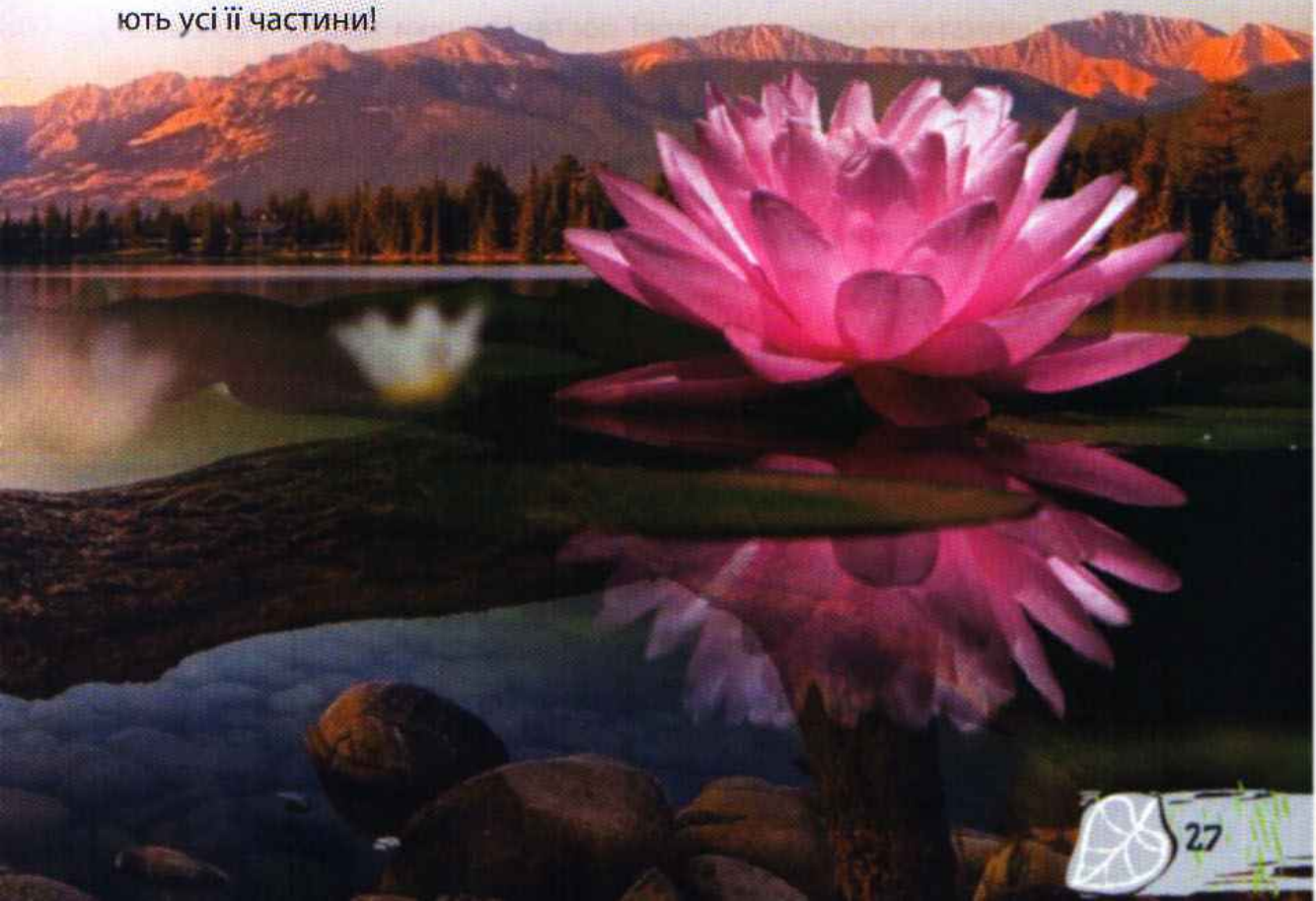


Перше, що ми зазвичай дізнаємося про рослини на уроках природознавства – це те, що вони постачають нас киснем і очищають повітря від вуглекислого газу. Так, справді, рослини в процесі фотосинтезу використовують  $\text{CO}_2$  для синтезу цукрів і виділяють кисень. А як же дихання? Чи дихають рослини?

Рослини так само, як і ми з вами, належать до аеробних організмів, а це означає, що для їхньої життєдіяльності потрібен кисень. У рослинних клітинах, як і в клітинах інших ядерних організмів, є „енергетичні станції” – мітохондрії. Для чого?

Міркуймо так: процес фотосинтезу здійснюється лише вдень з використанням енергії Сонця. Звідки рослини отримують енергію вночі, коли фотосинтез неможливий? Що відбувається взимку, коли листопадні дерева скидають свої зелені листки? Невже життя рослини зовсім завмирає? Ні! Процеси життєдіяльності здійснюються тоді лише за рахунок енергії, яка виділяється в процесі дихання. У процесі дихання органічні речовини (як правило, вуглеводи) „згоряють” у мітохондріях з використанням кисню. Синтезується енергетична валюта клітин – АТФ, утворюються вода та вуглекислий газ, а частина енергії виділяється у формі тепла.

Отже, фотосинтез у рослин відбувається лише на світлі, а дихання – 24 години на добу! Фотосинтез здійснюють лише зелені частини рослин, а дихають усі її частини!



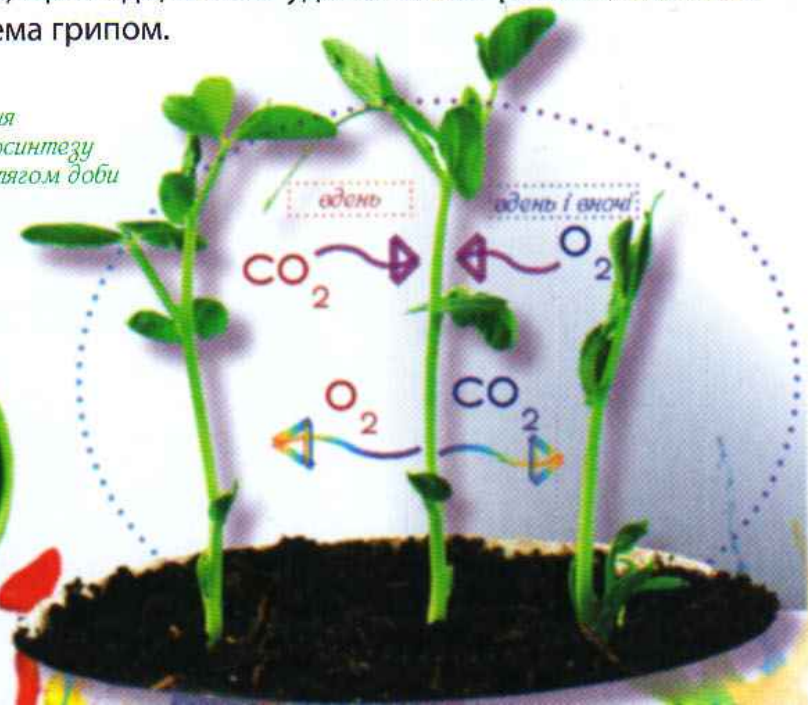


*Продихи  
голючки ялини  
ситхінської*

Удень, коли фотосинтез і дихання здійснюються одночасно, кількість кисню, що утворюється, зазвичай перевищує кількість виділеного вуглекислого газу. Уночі в повітря виділяється лише вуглекислий газ. Саме з цим пов'язано існування хибних уявлень про рослини-вампірів, які відбирають енергію (це пояснюють надмірним споживанням кисню і виділенням вуглекислого газу). Та чи доводилося вам ночувати колись у лісі в наметі? Напевно, що дихалося легко і ніхто не відчув нестачі кисню. Треба розуміти, що кількість виділеного рослиною вуглекислого газу чи поглинутого кисню вночі незначна, порівняно з тією кількістю кисню, яку вона виділяє вдень. Насправді люди, дихаючи, виділяють значно більше вуглекислого газу, ніж рослини. Для того, щоб утворилося стільки вуглекислого газу, скільки його виділяє звичайна людина, треба би було майже 10000 кг рослин! Якщо у вашій спальні їх саме стільки – відчиняйте двері і вікна. Стільки немає? Спіть спокійно!

Отже, кімнатні рослини – чудові постачальники кисню, особливо у зимовий період. Багато з них мають бактерицидні властивості, а один з кращих способів очищення повітря – правильне озеленення кімнати, зокрема використання рослин, які виділяють фітонциди (природні антибіотики). Встановлено, що люди, в яких удома багато рослин, набагато рідше хворіють, зокрема грипом.

*Співвідношення  
процесів фотосинтезу  
і дихання протягом доби*





*Продукти листка лаванди*

## ВІД ЧОГО ЗАЛЕЖИТЬ ДИХАННЯ РОСЛИН?

**Д**ихають усі частини рослин: листки, стебла, корені і навіть квіти. Цікаво, що корені дихають слабше, ніж фотосинтезуючі листки. А пелюстки квітів (видозмінені листки) дихають у 18–20 разів активніше, ніж листки. Листяні дерева дихають активніше, ніж хвойні, а у рослин посушливих земель – сукулентів – швидкість дихання дуже низька.

Інтенсивність дихання залежить від багатьох чинників: пори року, періоду доби, температури, інтенсивності освітлення та ін.

Загалом у процесі розвитку клітин, тканин, органів рослин інтенсивність дихання спершу зростає, досягає максимуму на час найбільшої швидкості росту, а потім поступово знижується. Людина також найбільше енергії потребує в період активного росту. Молоді дерева витрачають третину добових продуктів фотосинтезу на дихання. Частини рослин, що завершили ріст (старі листки, стебла, деревина чи дозріле насіння) мають невисоку інтенсивність дихання, але вона ніколи не падає до нуля. У рослин також бувають періоди короточасного і значного посилення дихання. У соковитих плодів перед повним дозріванням відбувається тимчасове (2–3 дні) активування дихання – клімактеричний підйом дихання. Прикладом прояву активного дихання рослин є високий вміст вуглекислого газу (до 13 %, у нормі – 0,03 %) в атмосфері елеваторів, де зберігають зерно. Внаслідок дихання утворюється вода, яка зволожує насіння, та виділяється тепло. Дихати в таких приміщеннях дуже важко. Температура насіння на елеваторах може досягати +60–90 °С, і тоді насіння „горить” і втрачає здатність проростати.

Дихання залежить і від атмосферного тиску. Американський біолог Френк Браун виявив, що дихання в клітинах вічок бульб картоплі посилюється за зростання атмосферного тиску і навпаки. Вічка картоплі на дві доби раніше, ніж барометр „передбачають” зміну погоди. Перед дощем, тобто за зниження тиску, вони затамовують подих.

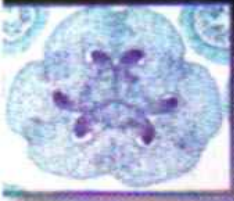




*Продукти  
латаття*



Дихання рослин відбувається за різних температур: від  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+50-60^{\circ}\text{C}$ . Для більшості рослин мінімальна температура дихання становить  $0^{\circ}\text{C}$ . У проміжку температур від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $30^{\circ}\text{C}$  з підвищенням температури на кожні  $10^{\circ}\text{C}$  інтенсивність дихання зростає аж у 2 рази. За температур понад  $40-50^{\circ}\text{C}$  дихання сповільнюється. Високі температури – одна із причин посиленого дихання тропічних рослин, які „спалюють”  $70-80\%$  добових продуктів фотосинтезу. Найсприятливіша температура для дихання  $35-40^{\circ}\text{C}$ , для фотосинтезу вона нижча на  $5-10^{\circ}\text{C}$ . Тому за високих температур рослина інтенсивно витрачає органічні речовини, а їхній синтез майже припиняється, що призводить до зниження врожаю багатьох видів рослин.



Що відбувається з рослинами взимку? Чи дихають вони тоді? Так, рослини продовжують дихати! Літніх запасів вуглеводів цілком достатньо для того, щоб пережити зиму та відновити ріст навесні. Бруньки плодових дерев дихають за  $-14^{\circ}\text{C}$ , а хвоя сосни – навіть за  $-25^{\circ}\text{C}$ !

Посилюються процеси дихання у рослин, уражених хворобою. Професор Каліфорнійського університету С. Е. Ярвуд вимірював температуру листків рослин, інфікованих вірусом або грибок, і порівнював її з температурою здорової рослини. Температура хворих частин рослини підвищувалася аж на  $2^{\circ}\text{C}$ ! Чи ж не нагадують вам рослини хворих дітей? Пригадайте себе із температурою  $38,6^{\circ}\text{C}$ ! Підвищена температура у стійких до захворювання рослин триває довше, ніж у нестійких. Виявляється, що в таких умовах у клітинах синтезуються захисні фенольні сполуки, отруйні для збудників хвороби. Посилено дихають і поранені рослини, що теж призводить до помітного підвищення їхньої температури в ділянках ушкодження.

*Переріз коренів  
кукурудзи за  
нормальних умов  
(а), помірної (б) та  
сильної (в) нестачі  
кисню (гіпоксії).  
Стрілочками показано  
міжклітинники  
аеренхіми*

Дихання – це не лише процес постачання енергії для росту і розвитку рослинного організму. Від дихання залежить поглинання води і поживних мінеральних елементів. На проміжних етапах дихання утворюються сполуки (органічні кислоти, цукри), що використовуються у різних реакціях обміну речовин. У посушливих умовах вода, що виділяється під час дихання, може вберегти рослину від зневоднення! Схоже до механізмів забезпечення водою верблюда, правда?







## ЯК ДИХАЮТЬ РОСЛИНИ?

Рослини не мають спеціальних органів дихання, схожих на наші легені. Кисень надходить до них крізь природні отвори. Окрім цього, рослини використовують той кисень, що утворюється в процесі фотосинтезу.

Надземні частини рослин отримують кисень з повітря безпосередньо через пори. Пори в листках – це продихи, пори на гілках дерев – сочевички. Як правило, продихи містяться з нижнього боку листочка. Вони утворені особливими замикаючими клітинами продиха, які містять зелений пігмент хлорофіл. Через продихову щілину в листочок надходить повітря і випаровується волога. На листочках водних рослин, листки яких плавають на поверхні води (наприклад, латаття), продихи розміщені лише на верхній поверхні листка. Кількість продихів на 1 мм<sup>2</sup> листка в середньому становить 300! Найменше продихів виявлено у листках традесканції – 14 на мм<sup>2</sup>, а найбільше – у листках дуба болотяного – 1200 на мм<sup>2</sup>. Корені рослин теж мають пори.

На берегах Південно-Східної Азії, Океанії, Австралії, Мадагаскару, Екваторіальної Африки на межі моря і суходолу ростуть мангрові рослини. До них належать приблизно 40 видів дерев і кущів, що пристосувалися до припливів, під час яких вони до верхівки крони занурюються у воду. Мангри називають рослинами-амфібіями. Під час відпливу оголюється мулистий



Продихи листка дуба





ґрунт, пронизаний коренями і майже без кисню. Як же мангрові рослини виживають у таких умовах? Мангри отримують кисень за допомогою особливих дихальних коренів-пневматофорів, які, на відміну від звичайних, ростуть угору, мають пористу будову і великі міжклітинники, заповнені повітрям. До умов нестачі кисню пристосовані і листки таких рослин. Так, авіценнія – рослина, названа на честь давнього перського вченого-енциклопедиста, лікаря і філософа Авіценни, – під час припливу майже уся вкривається водою, а нижня поверхня її листків густо опушена. Під водою між волосками затримуються пухирці повітря, кисень якого рослина використовує під час затоплення. А корені авіценнії – це прямостоячі вирости, що піднімаються на 20–25 см над поверхнею ґрунту. Завдяки добре розвинутій системі міжклітинників повітря легко надходить у корені.

Пневматофори є не лише у мангрів, але й у рослин, що ростуть на прісноводних болотах тропічних і помірних широт. У Новій Гвінеї вони є у ротангової пальми, яку використовують для виготовлення меблів.

Стебла цієї ліани досягають іноді 200–300 м.

У Північній Америці пневматофори є у болотного кипариса – дерева, що виростає до 35–45 м з діаметром стовбура до 2 м. Циліндричні пневматофори цього дерева виступають над поверхнею ґрунту, особливо у рослин, які ростуть неподалік від води. На болоті люди можуть ступати по пневматофорах, як по бруківці. Мексиканці влаштовують у них вулики.



## ЧИ МОЖУТЬ РОСЛИНИ ЖИТИ БЕЗ КИСНЮ?

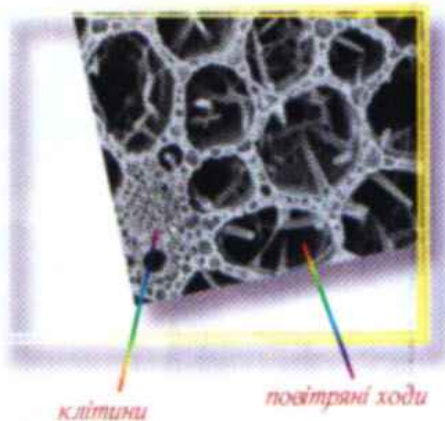
У повітрі міститься приблизно 21 % кисню. Цього цілком достатньо для нормальної життєдіяльності рослин. Правильний догляд за рослинами сприяє нормальному диханню. Регулярно мийте або протирайте листочки від пилу. Але пам'ятайте, що з опушеними листочками робити це потрібно дуже обережно, бажано використовувати спеціальний пензлик.

*Пневматофори – дихальні корені, які виступають з води*

Є випадки, коли рослини опиняються в умовах нестачі кисню. Найчастіше ця проблема стосується коренів. У добре аерованому ґрунті кисню трохи менше, ніж у повітрі – 7–12 %, у погано обробленому його вміст знижується до 2 %. Власне тому не варто переполювати кімнатні рослини. Блокування доступу повітря до коренів призводить до того, що рослина буквально тоне у воді; загнивають корені, листочки опускаються і жовкнуть. Як зарадити такій ситуації? Вийміть рослину з горщика, очистіть від ґрунту, промийте і огляньте корені. Якщо вони міцні й неушкоджені, пересадіть рослину у горщик зі свіжою, ледь зволоженою землею. На дно горщика насипте керамзит чи дрібні глиняні черепки (дренаж), що сприятиме кращому газообміну коренів. Помістіть горщик у затінене місце подалі від прямих сонячних променів і поливайте лише тоді, коли верхній шар ґрунту підсохне вглиб на кілька сантиметрів.

Ще менше кисню у дуже заболочених ґрунтах. У них корені пошкоджуються, відмирають, і ріст рослин сповільнюється або й зовсім припиняється. Мімоза сором'язлива, яка здатна моментально складати свої листочки у відповідь на дотик, в анаеробних умовах ціпеніє і не реагує на жодне подразнення.

Видатний французький учений Луї Пастер показав, що рослини у середовищі без кисню утворюють не лише  $\text{CO}_2$ , але й спирт. У природних умовах це можливо при вимоканні. Спирт виявляють навіть у воді біля рослин. Внаслідок частих розливів у басейні ріки Амазонки утворюються непроточні дрібні водойми, які дуже добре прогріваються і освітлюються. Затоплені рослини таких водойм перетворю-



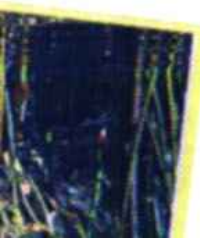
*Аеренхіма стебла  
платаття жовтого  
(*Nymphaea lutea*) Кисень  
рухається до затоплених  
частин рослини  
великими повітряними  
ходами, утвореними  
міжклітинниками*

ють цукри на спирт – відбувається процес бродіння. Місцеві жителі навчилися використовувати таку „воду” для приготування напоїв. Деякі види амазонських риб переходять до нересту лише тоді, коли у водоймах є певна кількість спирту. Незначні кількості спирту є у плодах яблук, мандаринів та ін.

Однак деякі рослини, які живуть в умовах постійного затоплення, пристосувалися до нестачі кисню. Так виникли дихальні корені або пневматофори у рослин мангрових заростей. Знайомий вам ситник має особливу тканину – аеренхіму, для якої властиві великі міжклітинники, заповнені повітрям. Аеренхіма утворюється і у коренях інших рослин у відповідь на нестачу кисню (див. мал.), формуються додаткові корені, які значно товстіші, мають добре розвинену аеренхіму і забезпечують процеси дихання.

Учені встановили, що рогіз, верба, інші болотні рослини в умовах нормального забезпечення киснем дихають у 2–3 рази слабше, ніж рослини, не пристосовані до кисневого дефіциту (горох, квасоля, пшениця чи тополя). Знижена інтенсивність дихання пов'язана з їхньою низькою потребою у кисні. Вміст цукрів у їхніх коренях вищий, а витрати за нестачі кисню економніші.

Цікаво, що болотні і водні рослини в умовах анаеробіозу нагромаджують не етиловий спирт, а менш отруйні для рослини молочну і яблучну кислоти. Таким чином, водні і болотні рослини пристосувалися до нестачі кисню двома способами: шляхом зміни обміну речовин і особливої будови. Незважаючи на корисні пристосування, тривала нестача кисню шкодить навіть таким рослинам. Проте завдяки аеренхімі та пневматофорам вони успішно заселяють субстрати, на яких інші організми не можуть рости.



Марія Надрага

# СМОКОВНИЦЯ ЗВИЧАЙНА, АБО ІНЖИР

*(Ficus carica L.)*Родина Шовковицеві  
(Moraceae)

## ПЛІД БЕЗ КВІТККИ?

**Ф**ігове дерево або смоковниця звичайна<sup>1</sup> – одна з найпопулярніших біблійних рослин. Це дерево (або кущ), переважно до 10 м заввишки з 3–5-лопатовими темно-зеленими листками. Як і в інших фікусів, тканини пагонів і листя інжиру містять густий білий молочний сік, який активно виділяється після ушкодження. Невибаглива смоковниця плодоносить щороку, однак складається враження, що її соковиті грушоподібні плоди (насправді – супліддя) виростають у пазухах листків без квітвання. Цей феномен здавна дивував людство, увівши в оману навіть великого вченого та прекрасного знавця рослин Карла Ліннея. Річ у тому, що запилення й утворення насіння в смоковниці відбувається приховано, а саме супліддя може утворитися і без запилення. Лише у XIX столітті ботаніки відкрили таємницю квіток смоковниці: їх запилює оса бластофага (*Blastophaga psenes*). У процесі еволюції між комахою-запилювачем та квітками смоковниці склалися надзвичайно цікаві



та тісні взаємовідносини. Квітки у інжиру є, але вони зібрані в дивного вигляду суцвіття, які нагадують за виглядом грушу з дірочкою на верхівці. Називається таке суцвіття сиконій<sup>2</sup>. Всередині вони порожнисті, а на їхніх внутрішніх стінках знаходяться малесенькі квіти. У цієї рослини розвиваються три типи квіток: чоловічі (тичинкові), жіночі короткостовпчикові (галові) та жіночі довгостовпчикові. У кожному суцвітті зав'язуються і чоловічі, і жіночі квітки. Проте на одних деревах короткостовпчикові жіночі квіти не плодоносять, і рослина виходить чоловічою, зате на інших (жіночих) особинах чоловічі квіти перетворюються на лусочки і функціонують жіночі довгостовпчикові квіти. Саме на жіночих особинах утворюються соковиті їстівні супліддя – фіги, або інжир. Сиконії, які розвиваються на чоловічих деревах, називають капріфігами. Вони менші за розміром, ніж жіночі, і з них у подальшому утворюються неїстівні тверді супліддя. Саме у цих сиконіях проходить личинкова стадія розвитку осі бластофаги та формується пилок рослин. Смоковниця впродовж року утворює кілька генерацій суцвіть: весняні, літні та осінні. Навесні самка осі бластофаги





проникає у суцвіття сиконій і відкладає яйця у насінних зачатках галових квіток. До початку літа тут розвиваються дорослі бластофаги. Тривалість життя чоловічих особин невелика: запліднивши самку, вони гинуть. Самки ос виповзають назовні, зачіпаючи чисельні пиляки. Навантажені пилком осі у пошуках нових галових квіток помилково проникають у жіночі довгостовпчикові квітки і запилюють їх. Оса даремно намагається відкласти тут яйця: довжина яйцекладу комахи значно коротша від стовпчика маточки цих квіток. Таким чином, оса або гине, або знаходить літні чи осінні суцвіття з галовими квітками і відкладає яйця там. Осінні суцвіття зимують разом з яйцями бластофаги, а навесні весь цикл повторюється знову. У дикорослих форм смоковниці обидва типи суцвіть сиконіїв (капріфіги та фіги) розміщені на одній рослині, а у культурних, як правило, на різних. Оскільки культурний інжир – дводомна рослина, то заради отримання смачних і корисних плодів вирощують жіночі екземпляри, в яких соковиті супліддя утворюються без участі чоловічих особин. Плодоносити інжир починає на 2–3-й рік, живе в середньому до 30–60 років, а в деяких випадках до 300 років.

Смоковниця поширена у Середній Азії, Північно-західній Індії, Ірані, Малій Азії, а також у всіх країнах Середземномор'я. Рослина невибаглива до ґрунтів, росте навіть на кам'янистих. Батьківщиною смоковниці є гірська область (Карія), розташована у Малій Азії (звідси і видова латинська назва рослини – *carica*). З Малої Азії інжир потрапив до фінікійців, а пізніше – у Сирію, Єгипет та Грецію.

## ОДЯТ ДЛЯ АДАМА І ЄВИ І НЕ ТІЛЬКИ

Фігове дерево – це одне з найстаріших плодових дерев на Землі, культивоване ще у V тис. до н. е. У Єгипті знайдені барельєфи, виготовлені за 2500 р. до нашої ери, на яких зображено процес збору фіг. Уже стародавні греки знали різноманітні сорти смоковниці, а кращі з них отримували навіть власні імена (про цей факт згадує у своїх працях Теофраст (III–IV ст. до н. е.)). Відповідно до Старого Завіту Адам і Єва, побачивши свою наготу, закрилися листками смоковниці: „Тоді відкрилися їм обом очі, й вони пізнали, що вони нагі; тим то позшивали смоківне листя і поробили собі пояси” (Буття 3, 7).

Люди здавна вирощували смоковницю заради її суплідь (фіг). Цей корисний харчовий та дієтичний продукт містить цукри (у свіжих плодах до 24 %, у сушених – до 37 %), органічні кислоти, білки, Ферум,







Фосфор, Кальцій, вітамін С, каротин. Калію у фігах так багато, що за його вмістом інжир поступається лише горіхам. Фіги вживають у їжу в свіжому вигляді, їх сушать, консервують, виготовляють з них варення, джеми, роблять сурогати кави, печуть солодкий на смак хліб. Здавна тістечка та хліб з плодів смоковниці особливо цінували мандрівники, про що знаходимо згадки і у Біблії (I Самуїл 25, 18–19; I Самуїл 30, 11–12; Юдита 10, 5 і ін.). Цьому є своє пояснення, адже хлібні вироби з фіг довго зберігаються та навіть у малих кількостях дають відчуття ситості, оскільки є висококалорійним продуктом (214 ккал/100 г). Як один з кращих постачальників енергії для нашого організму, супліддя смоковниці та продукти харчування з них дуже швидко відновлюють сили, усувають розумову і фізичну втому<sup>3</sup>.

М'якоть супліддя – чудовий засіб проти кашлю, бронхіту, хвороб печінки, селезінки, має гарну потогінну та жарознижувальну дію. Крім того, за кількістю Феруму інжир перевершує найвідомішого „залізного” постачальника – яблуко, тому його рекомендують хворим із залізодефіцитною анемією. Про лікувальні властивості суплідь смоковниці згадує і пророк Ісаїя, який маззю з фіг вилікував чиряк царя Єзекієва. „І сказав Ісаїя: „Принесіть фігової мазі”. І принесли й приклали до боляка, і він одужав” (IV Царі 20, 7). І лише нещодавно вчені виявили у молочному соці смоковниці фермент фіцин. Саме завдяки фіцину плоди смоковниці мають антимікробні властивості.





## СИМВОЛ ВИБРАНОВОГО НАРОДУ ТА РОДЮЧОСТІ

**Ф**ігове дерево у Біблії – символ вибраного народу. Саме тому найзаповітнішою мрією кожного єврея був відпочинок у тіні власного фігового дерева. Смоковницю часто садили поблизу будинку разом з виноградником, які вкупі створювали тінь. Під цими рослинами збиралася вся сім'я на обід чи вечерю. Улюблений вислів пророків „під своєю виноградною лозою та смоковницею” часто трапляється у Біблії, наприклад, у Міхея, Захарія тощо (Міхей 4, 4; Захарія 3,10).

Фігове дерево належало до благ обіцяної землі, про яку Мойсей розповідав євреям у пустелі (Второзаконня 8, 7–8), а нестача тут фіг не раз була приводом до нарікань: „І навіть ви вивели нас із Єгипту, – щоб завести нас у це погане місце, де нема ні землі на сівбу, ні смоковниць, ні винограду, ні гранатів, ні питної води” (Числа 20, 5). Неврожай чи знищення саранчею урожаю фіг вважали карою Божою, якою часто лякали пророки. „Спустошив він мій виноградник, мою смоковницю обломив; він облупив її геть і кинув, – лиш гілочки її біліють” (Йоїл 1, 7; Псалом 105, 33).

Про велике практичне значення фігового дерева для стародавніх євреїв свідчить і той факт, що плоди смоковниці використовували у жертвоприношеннях: „...і давав те все священикам. Потомкам Арона, на жертвник плодів; левітам, що тоді були при службі в Єрусалимі,





десятину хліба, вина, олії, гранатових яблук, смоков та інших плодів деревесних; а другу десятину я шість років рік за роком, відкладав грішми й ходив щороку в Єрусалим і там їх витрачав" (Товит 1, 7).

І у Старому (Єремія 29, 17), і у Новому Завіті плоди смоковниці часто порівнюють з людиною та її вчинками. Вислів „неплідна смоковниця" сягає своїми коренями у біблійні часи. Христос багаторазово говорить про добру і погану смоковницю. Останню каже вирубати і спалити: у переносному значенні це люди, віра яких є формальною і не підтверджена добрими вчинками та повсякденними справами милосердя. „І він розповів їм оцю притчу. Один чоловік мав смоковницю, посаджену в його винограднику. Прийшов він і почав плода на ній шукати, та не знайшов. Тоді він сказав до виноградаря: Оце три роки, як я приходжу, шукаючи плода на цій смоковниці, і не знаходжу. Зрубай її: нащо й землю займає ще? А той озвався до нього: пане, лиши її ще на цей рік: я обкопаю навкруг неї і обкладу гноєм. Може щось вродить нарік, а коли ні, то ти її зрубаєш" (Лука 13, 6–9).

Інша розповідь євангелістів про проклін Ісусом смоковниці доповнює образ глибоко віруючої людини. „Уранці, повертаючись до міста, Він зголоднів. Побачивши одну смоковницю край дороги, Він підійшов до неї, та не знайшов на ній нічого, крім самого листа, тож сказав до неї: „Нехай повік не буде з тебе плоду!" І негайно же смоковниця всохла. Побачивши це, учні здивувались і говорили: „Як це смоковниця в одну мить засохла?" Ісус у відповідь сказав їм: „Істинно кажу вам, що коли матимете віру й не завагаєтесь, ви зробите не тільки таке з смоковницею, але й коли горі цій скажете: Двигнись і кинься в море! – воно станеться. І все, чого проситимете в молитві з вірою, одержите." (Матей 21, 18–22). Ця притча навчає, що люди, у душі котрих є щира віра, можуть не тільки здолати будь-які труднощі, але й творити чудеса.

Про фігове дерево Біблія згадує понад 50 разів. Популярна смоковниця і в інших релігіях. У Стародавній Греції рослину присвячували Деметрі і Діонісу. У Римі довгий час шанували одне фігове дерево, під яким, за повір'ям народила вовчиця Ромула. У стародавніх римлян смоковниця була культом родючості. Єгиптяни вважали інжир священним деревом, втіленням богині неба Нут. В Індії і досі існує культ священної смоковниці. Тут її вважають престолом бога Вішну, який в образі хлопця сидить на гілках смоковниці. Сам Будда отримав просвітлення у тіні смоковниці, а Мухамед вважав її плоди найкращими у райському саду.



## ДОВІДНИК ЮНОГО ДОСЛІДНИКА БІВЛІ

<sup>1</sup>Смоковниця звичайна має декілька назв (фігове дерево, інжир, фіга тощо). Однак чи не найцікавішою є назва „винна ягода”. Інжир – дуже ніжний фрукт і у свіжому вигляді довго не зберігається. Стиглі супліддя заповнені солодким „желе” і дрібними круглими плодами, як у полуниці. Якщо стигла фіга трохи довше повисить на сонці, пресмачна її м'якоть починає бродити, перетворюючи супліддя у схожі на вино „винні ягоди”.

<sup>2</sup>Сиконій – суцвіття фікусів, яке розростається у кулясто-овальне утворення з отвором на верхівці і порожниною всередині, де розташовуються дрібні непоказні роздільностатеві квітки.

<sup>3</sup>У похідній сумці римського легіонера обов'язково були лише сухі плоди смоковниці та ізюму, яких вистачало дорослому чоловіку для багатоденних переходів. Не дивно, що воїни Олександра Македонського завоювали півсвіту! І сьогодні розумні люди беруть із собою в далекі походи не банки з тушонкою, а сухофрукти та горіхи. А найкраще – „чудо-суміш”!





# СИМ НОВИХ ЧУДЕС ПРИРОДИ

New seven wonders of nature



ПЕРШЕ ЧУДО ПРИРОДИ:

## АМАЗОНКА ТА АМАЗОНІЯ

(Болівія, Бразилія, Колумбія, Еквадор, Заморський департамент Франції – Гвіана, Гаяна, Перу, Суринам, Венесуела)

„Легені” нашої планети знаходяться в Амазонії. Тут зосереджено більше половини тропічних лісів, які залишилися на планеті, і ростуть вони у басейні найбільшої ріки світу – Амазонки. Багатство флори і фауни вражає: понад мільйон найрізноманітніших видів рослин і тварин! Учені підраховали, що на кожні 10 км<sup>2</sup> тутешніх тропічних лісів припадає півтори тисячі видів квітів, 750 видів дерев, 125 видів ссавців, 400 видів птахів і незліченна кількість комах.

На малесенькому островку посеред ріки Тамболпата (Перу) діти грають у футбол

44



Водоспад Сан Рафаель



Тропічні ліси Амазонки



Зірка амазонських вод – Вікторія Амазонська



Зубаста рибка піранья



Червоний ібіс – одна з найгарніших бразильських пташок



Амазонський ягуар



Трьохпаллий лінивцю



Ольга Возна

# ТЕСТ ДЛЯ АСТРОЕРУДИТІВ

1. В Ірані – це Стежка Арімана, у Скандинавії – Дорога Одіна, в арабів – Річка Пахри, в Індії – Русло Гангу, в Китаї – Небесна Ріка, в угро-фінів і слов'ян – Пташиний Шлях, в угорців і румунів – Циганський Шлях. А у нас?
2. Яку планету Сонячної системи у XVI ст. відкрив Микола Коперник?
3. За 27 днів Сонце здійснює повний оберт навколо ...
4. Римляни називали це сузір'я Сімкою, тувинці – Сімома Царями, казахи – Сімома Розбійниками. А як його називаємо ми?
5. Вугільний мішок, Кінська Голова, Сова, Равлик, Гантель – це ...





### 6. Індійські астрономи

вважали, що крім семи планет, відомих здавна, є ще дві величезні темні планети – Раху і Кету. Які два явища, на їхню думку, доводили їхнє існування?

7. Скільки всього супутників у планет земної групи?

8. Які надзвичайно важливі в космічній техніці прилади внесли до книги рекордів Гіннеса як найдосконаліші сфери, створені людством? Яке їхнє призначення?

9. Як астрономи називають планети в інших зоряних системах?

10. Назвіть сузір'я, названі на честь птахів (в тому числі - міфічних).

**ВІДПОВІДІ.** 1. Чумацький Шлях. 2. Землю. 3. Власної осі. 4. Велика Ведмедиця. 5. Туманності. 6. Замінення Сонця і Місяця. 7. Три: Місяць, Фобос, Деймос. 8. Тросколи для орієнтації космічного апарату в просторі. 9. Екзопланети. 10. Ворон, Голуб, Журавель, Лебідь, Орел, Лавиця, Райський Птах, Тукач, Фенікс.

УВАГА! У журналі "КОЛОСОК" № 8/2013 на с. 23 з технічних причин малюнки з формулами фруктози та глюкози помилково підписані навпаки.



ЗАПРОШУЄМО ДО УЧАСТІ У  
МІЖНОРОДНОМУ ПРИРОДНИЧОМУ  
ІНТЕРАКТИВНОМУ КОНКУРСІ

## „КОЛОСОК – ОСІННІЙ” – 2013

**ТЕМАТИКА ЗАВДАНЬ:**  
"ЕНЕРГІЯ У НЕЖИВІЙ ПРИРОДІ"  
"ЕНЕРГІЯ У ЖИВІЙ ПРИРОДІ"  
"ЕНЕРГІЯ І РЕЧОВИНИ"

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО КОНКУРСУ ТИ  
ЗНАЙДЕШ НА НАШОМУ САЙТІ [www.kolosok.org.ua](http://www.kolosok.org.ua)  
ТА В НАШІЙ ГРУПІ [uk.com/kolosokGroup](http://uk.com/kolosokGroup)

Міністерство освіти і науки України  
ЛМГО, Львівський інститут освіти\*

# КОЛОСОК ОСІННІЙ

22 ЛИСТОПАДА 2013 РОКУ  
МІЖНАРОДНИЙ ПРИРОДНИЧИЙ ІНТЕРАКТИВНИЙ КОНКУРС  
ДЛЯ УЧНІВ 1-11 КЛАСІВ



ЕНЕРГІЯ - ЦЕ ЖИТТЯ!

Заявки на участь надсилайте до 20 жовтня на адресу: м. Львів, а/с 9838, 79038.

Довроочинний внесок 12 грн.

Довідки за тел. 032-2367-123, 050-3732-983, 097-411-8100, тел. факс 032-2367-126.

e-mail: [dabida@nio.lviv.ua](mailto:dabida@nio.lviv.ua) [www.kolosok.lviv.ua](http://www.kolosok.lviv.ua)

Готуватися до конкурсу тепер можна і в соціальних мережах

[VK.COM/KOLOSOKGROUP](http://vk.com/kolosokgroup) [FACEBOOK.COM/KOLOSOKGROUP](http://facebook.com/kolosokgroup)

Долучайся до нас та бери участь у розіграві призів!

Кожен студент, який вивчає точні науки, сьогодні знає про природу більше, ніж знали Декарт і Паскаль. Але чи здатний він мислити, як вони?

*Антуан де Сент-Екзюпері*

# ЕНЕРГІЯ І ЖИТТЯ

Розжарена поверхня Сонця випромінює електромагнітні хвилі, які досягають Землі і визивають її.



**КОЛОСОК**

Передплатний індекс **92405** (українською мовою)  
Передплатний індекс **89460** (російською мовою)

Головний редактор: Дарія Біда, тел.: (032) 236-71-24, e-mail: dabida@mis.lviv.ua

Директор видавництва: Максим Біда, тел.: (032) 236-70-10, e-mail: maks@mis.lviv.ua

Підписано до друку 27.08.13. Формат 70 x 100/16. Папір офсетний. Наклад 12 000 прим.

Підготовка до друку: Максим Гайдучок

Адреса редакції: 79006, м. Львів, а/с 10216

Надруковано в друкарні ТОВ "Видавничий дім "УКРПОЛ", Зам. 1856/13

Адреса друкарні: Львівська обл., м. Стрий, вул. Новаківського, 7; тел. (03245) 4-13-54, 4-10-90

Усі права застережені.

Передрук матеріалів дозволено тільки за письмової згоди редакції та з обов'язковим посиланням на журнал.

ISSN 2221-2256

