

СЕРІЯ «ШКІЛЬНА БІБЛІОТЕКА»

АНДРІЙ ЗАМОРОКА  
МАРІЯ ДРАГУЛЯ  
ЛЯГУДРА

# ТВАРИНИ ЛІКУЮТЬ



7  
КЛАС

Серія «Шкільна бібліотека»

АНДРІЙ ЗАМОРОКА  
МАРІЯ ДРАГУЛЯН



ПОСІБНИК СЕРІЇ «ШКІЛЬНА БІБЛІОТЕКА»  
ДЛЯ 7 КЛАСУ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

Харків

Творче об'єднання

**Соняшник**

2020

УДК 59(075.3)

З-26

*Розділи про безхребетних тварин — Заморока А. М.;*  
*розділи про хребетних тварин — Драгулян М. В.*

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*  
*(лист Міністерства освіти і науки України*  
*від 12.10.2020 № 1/11-6963)*

**Видано за рахунок державних коштів.**  
**Продаж заборонено**

### **Заморока А.**

З-26 Тварини лікують: посібник серії «Шкільна бібліотека» для 7 класу закладів загальної середньої освіти / Заморока А. М., Драгулян М. В. — Харків: Соняшник, 2020. — 224 с., іл. — (Серія «Шкільна бібліотека»).

ISBN 978-617-7673-56-8

Як тварини допомагають у лікуванні й реабілітації після хвороб і травм? Що корисного для медицини можуть запропонувати плоскі хробаки, павуки чи жаби? Відповіді на ці та подібні запитання містяться в посібнику. А також у ньому багато цікавих досліджень — спостережень, експериментів, експедицій, що допоможуть краще зрозуміти особливості будови, поведінки та співіснування тварин у живій природі. І всі вони можуть бути реалізовані в побутових умовах і не потребують складного наукового обладнання.

Книга призначена для учнівства 7 класу й учительства закладів загальної середньої освіти в якості додаткового джерела інформації та цікавих досліджень тварин.

УДК 59(075.3)

ISBN 978-617-7673-56-8

© Заморока А. М., Драгулян М. В., 2020  
© Творче об'єднання «Соняшник», 2020

# Передмова

Наша планета сповнена життя. Воно вирує всюди — від найвищих гір до найглибших океанічних западин. На Землі нема такого місця, де б не було живих істот. Учені вказують на майже два мільйони відомих видів. Тільки одних тварин науці відомо понад півтора мільйона: від мікроскопічних хробаків, що копірсаються в ґрунті, до велетенських китів, які розтинають простори океану!

Людина, самоусвідомивши себе, виокремилась зі світу тварин, але не розірвала свого зв'язку з ним. Ще з кам'яного віку тварини залишаються поруч: одні з них одомашнилися, а інші були піднесені до рангу божеств. Люди спостерігали за тваринами, підмічаючи їхні дивовижні властивості, яких не мали самі. Поважне ширяння орла, холодна стриманість змії, прудкість кішки, ефемерна краса метелика, величність лева... Віра в те, що ці сили можна отримати від тварин, так глибоко укорінилась в людській уяві, що тварини-тотеми були невід'ємними атрибутами культури давніх племен. Шамани й знахарі своїми магічними ритуалами лише утверджували думку про те, що тварини є оберегами, поводитирями крізь життєві негаразди, рятівниками й друзями людини.

То чи дійсно бджолина отрута є ліками? Чи справді коти — чудові психотерапевти? Чи можуть коні вилікувати церебральний параліч, краби — жовтяницю, а медузи — астму? У цій книзі ми спробуємо надати відповіді на ці та інші запитання, що ґрунтуються на наукових дослідженнях та доказовій медицині. Спробуємо познайомити тебе з різними тваринами, пояснити їхню поведінку. Ти зрозумієш, чому вчені вивчають тварин та що знання про цих істот і любов до них дає нам, людям.

Численні дослідження, представлені в посібнику, навчать тебе не тільки вивчати природу, як це роблять дорослі учені, але й задумуватися над тим, що ти бачиш довкола, планувати експерименти та робити обґрунтовані висновки із власних спостережень. Окремі експерименти можуть видатися тобі складними в реалізації. У таких випадках не бійся просити допомоги в дорослих — вчителів чи родичів. Ба більше, ці люди є прекрасними порадиниками не лише під час організації досліджень, але й на етапі аналізу результатів та формулювання висновків.

У книзі ти зустрінеш численні питання: як у тексті, так і кінці окремих розділів. Звісно, найкраще було б пошукати відповіді на усі з них. Але якщо ти думатимеш лише над окремими з них, ти вже матимеш зиск — отримані тобою біологічні знання міцніше закарбовуватимуться у свідомості, а навички наукового мислення — розвиватимуться та удосконалюватимуться, стаючи частиною твого світогляду.

*Схоже тепер усе готове, тож до справи — гайда досліджувати тварин, які лікують!*

## Основні правила безпеки під час спостережень та експериментів

*Що б не сталося — не панікуйте! Не бігайте, не плачте, не кричіть. Якщо щось іде не так, вам страшно чи ви відчуваєте небезпеку, гучно покричіть дорослих на допомогу.*

1. Перед початком роботи сховайте зайві предмети зі столу, щоб вони вам не заважали.
2. Під час роботи із землею, ґрунтом чи іншими сипкими речовинами застеляйте газетою чи плівкою робоче місце, щоб згодом було легко прибрати розкидані грудочки.
3. Поводьтесь надзвичайно обережно з різальними інструментами (ножем, лезом, ножицями), щоб не поранитись. Кладіть їх на віддалі від робочого місця, щоб випадково не зачепити.
4. Нагрівання здійснюйте лише з дозволу дорослих. Ніколи не залишайте увімкнені нагрівальні прилади без нагляду!
5. Обережно поведіться з електричними приладами. Пам'ятайте про небезпеку ураження електричним струмом!
6. Не торкайтесь брудними руками очей, носа й рота.
7. Не вживайте їжу безпосередньо під час проведення досліджень.
8. Не пробуйте на смак речовини, організми та їх частини, що використовуються під час досліджень, якщо це не потрібно для роботи.
9. Уникайте контакту між використовуваними хімічними речовинами й шкірою. Якщо сполуки чи розчини потрапили вам на шкіру, негайно промийте її великою кількістю протічної води.
10. Якщо у вас чутлива шкіра чи ви схильні до алергії, то краще працюйте в гумових рукавичках та захисній масці на обличчі.
11. Якщо скляний посуд розбився, то не збирайте уламки незахищеними руками. Найкраще зметіть їх віником чи щіткою в совок.
12. Помийте руки милом після завершення роботи.
13. Після завершення дослідження обов'язково приберіть робоче місце.
14. Під час досліджень на природі одягайте закрите взуття, щоб не поранитися.

**15.** Після повернення з дослідження, проведеного на природі, перевірте поверхню свого тіла на наявність кліщів.

*Не нехуйте порадами дорослих, дослухайтеся до учителів і дорослих родичів та звертайтеся до них за допомогою за необхідності. Повідомляйте родичів про потрібні для дослідження мандрівки в дику природу, їх цілі та маршрути й залучайте дорослих до них.*

## Умовні позначення



**СПОСТЕРЕЖЕННЯ**



**ПОЯСНЕННЯ**



**ЕКСПЕРИМЕНТ**



**ЗАВДАННЯ**



**ЕКСПЕДИЦІЯ**

# ЖАЛКІ





## Жалкі лікують

**М**едузи й морські анемони традиційно використовуються в китайській народній медицині, як стверджується, супроти гіпертензії (застаріла назва — гіпертонії, тобто підвищеного кров'яного тиску), поліартриту, астми й виразки шлунку. З цією метою китайські знахарі використовують мацальця вогняної їстівної медузи. Хоча ця медуза, зокрема, є традиційним морепродуктом у східноазійській народній кухні.

Доказова медицина жодним чином не підтверджує лікувальних властивостей вогняної їстівної медузи. Однак, зважаючи на розмаїття токсинів у кишковопорожнинних, учені намагаються розробити методи їх використання для боротьби з раковими пухлинами, бактеріальними інфекціями, паразитарними інвазіями та іншими важкими захворюваннями.

Зокрема із жалких клітин мацалець звичної в Чорному морі кінської морської анемони вчені виділили біологічно активну речовину, яку назвали «еквістатином». У численних лабораторних дослідженнях виявилось, що еквістатин блокує роботу декількох ферментів, відповідальних за розщеплення та руйнування білків у клітинах. Ці ферменти задіяні в розвитку цілої низки важких захворювань центральної нервової системи в людини (зокрема пухлин мозку, хвороби Альцгеймера, окремих форм епілепсії, інсультів, автоімунних захворювань мозку, а також раку молочної залози в жінок). У лабораторних експериментах еквістатин успішно блокує роботу ферментів, зупиняючи молекулярні механізми розвитку пухлин і руйнування зв'язків між клітинами мозку. Сьогодні еквістатин розглядають як один із потенційних і перспективних препаратів проти раку.

А от із мезоглеї вухатої медузи, дуже поширеної в Чорному й Азовському морях, вчені виділили протибактеріальну речовину, назвавши її «аурелін». Це білок, який захищає медузу від бактеріальних інфекцій. Аурелін надзвичайно перспективний, оскільки діє на дуже широке коло бактерій, знищуючи їх. Науковці впевнені, що він може стати альтернативою антибіотикам, до багатьох



Вогняна їстівна медуза

з яких бактерії розвинули стійкість. У лабораторних експериментах аурелін продемонстрував дуже високу антибактеріальну дію за низької концентрації, що дає підстави сподіватись на швидку появу ефективних і безпечних ліків нового покоління.

## Життя медуз

У фавні України найпоширенішими є чотири види медуз. Чорне й Азовське моря замешкують три з них: вухата медуза (аурелія) (*Aurelia aurita*), коренерот (*Rhizostoma pulmo*) та морський ліхтарик (*Calvadosia campanulata*). А от у прісних водосховищах Дніпра, озерах і ставах півдня України і на Закарпатті широко розповсюдилася китайська пухириця (крапедакуста) (*Craspedacusta sowerbii*), чужинський вид завезений до нас із Китаю. Назагал, медуза — це лише одна з двох життєвих стадій цих неймовірних істот. На цій стадії відбувається статеве розмноження, а сама медуза утворюється на поліпі. Масове розмноження медуз є біологічним індикатором того, що екосистема розбалансована, головним чином, через надмірний вилов риби. Екологічна роль медуз полягає в регулюванні чисельності планктону. Дослідимо життя медуз детальніше.



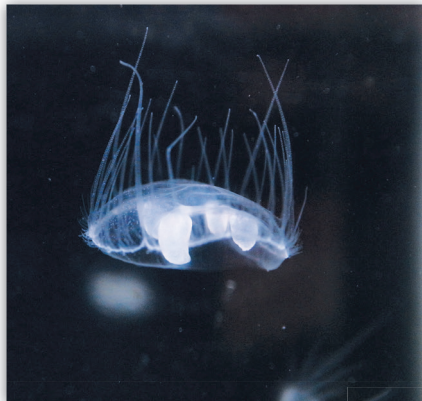
Вухата медуза (аурелія)



Морський ліхтарик



Коренерот



*Китайська пухириця*

Для цього нам знадобиться обладнаний фільтром акваріум на 50–100 л із морською (для вухатої медузи) або прісною водою (для китайської пухириці), пластикові відра з кришками, водяний сачок, 3–5 медуз, морожені корми для акваріумних риб (науплії артемії, циклоп або дафнія), харчовий барвник синього або червоного кольорів (можна придбати в супермаркеті), діодовий ліхтарик, пара латексових рукавичок та лабораторний

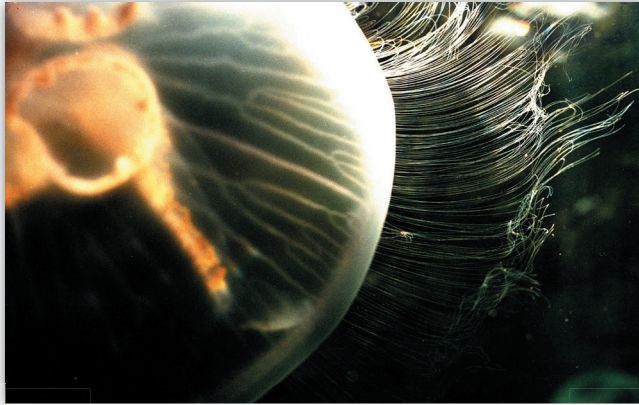
журнал. Усі експерименти та спостереження знімаємо, монтуємо й публікуємо в інтернеті та в соціальних мережах. Тож почнімо!

Акваріум ретельно миємо й готуємо для заселення медузами: для вухатої медузи наповнюємо морською водою, а для китайської пухириці — прісною. В акваріумі повинен бути фільтр, який перемішуватиме й очищуватиме воду, насичуватиме її киснем. Однак зауваж, що медузи не люблять течії, то ж потік води від фільтра має бути слабким. Коли акваріум готовий, час заселити його медузами! Сачок і пластикові відра з кришками нам у цьому допоможуть: виловлюємо в природних водоймах 3–5 медуз і поміщаємо їх у підготовлені відра. Відзначмо, що медузи в дикій природі масово з'являються в липні, то ж наше дослідження краще проводити в цей час. Вилов і перенесення медуз здійснюємо в латексових рукавичках, щоб уникнути їх жалких клітин, а також під наглядом батьків чи інших дорослих: безпека — понад усе! Випусти медуз до акваріума. Поспостерігай за цими тваринами 2–3 дні, поки вони звикатимуть до нового дому. І не забувай їх годувати розмороженими артемією, циклопом або дафнією (продаються в зоомагазинах). Після завершення спостережень, випусти медуз у їхнє природне середовище.



Детально розглянь медуз в акваріумі. Вони складені із дзвона й десятків або ж сотень волосоподібних мацалець по його краю. У центрі нижньої сторони знаходиться рот із чотирма широкими мацальцями, якими тварини захоплюють їжу. Тіло медуз майже цілком прозоре, однак жодних органів у ньому не видно. Чому? Поспостерігай за тим, як медузи плавають: їм притаманний реактивний рух. Тварина, скорочуючи густу мережу кільцевих епітеліально-м'язових клітин, різко виштовхує воду із дзвона, рухаючись вперед. Що відбувається, коли

медуза досягає поверхні води? А коли дна? Свої спостереження занотуй до лабораторного журналу, зніми коротке відео, опублікуй в інтернеті й розповсюдь у соціальних мережах. На третій день спостережень за медузами перейдімо до експериментів.



*Мацальця вухатої медузи (аурелії)*

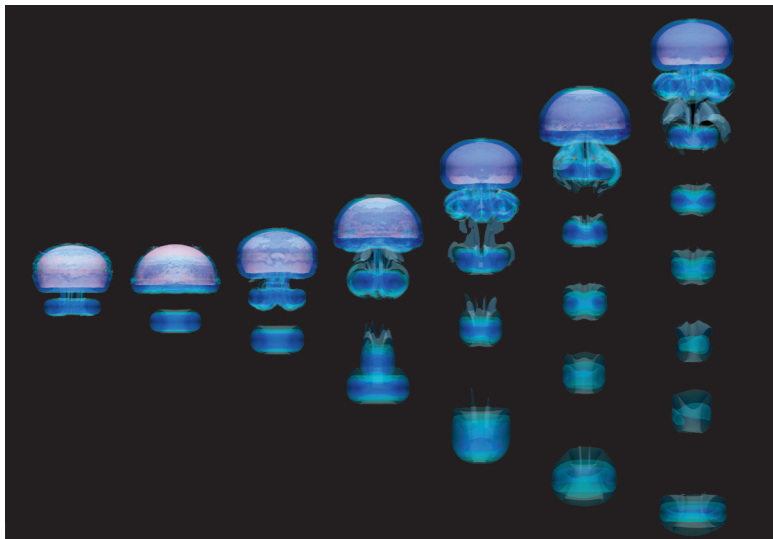


Тіло медузи нагадує дзвін: зовні опуклий — це передній бік, та увігнутий зсередини — це задня частина тіла.

Медузи, як і всі інші кишковопорожнинні, належать до двохшарових тварин. Це означає, що їх тіло складене лише із зовнішнього (ектодерми) та внутрішнього (ентодерми) шарів. Зовнішній шар клітин виконує функцію шкіри, м'язів і нервів, а внутрішній — дуже розгалуженої травної системи. Проте жодних органів чи якихось порожнин у їхньому тілі, як в інших тварин, немає. Проміжок між енто- та ектодермою заповнений драглистою речовиною — мезоглеєю, яка нагадує ґаляретку. Так чи інак, проте що ектодерма, що ентодерма, що мезоглея медуз є цілковито прозорими, тому світло безперешкодно проходить крізь їхнє тіло.

На противагу поліпам, у медуз шар мезоглеї надзвичайно товстий і знаходиться під тиском, утворюючи своєрідний гідростатичний скелет. Цей скелет підтримує форму тіла медузи, не дозволяючи йому злипатись до купи. А після скорочення м'язових клітин дзвона під час руху, гідростатичний скелет повертає тіло медузи до первинної форми без жодних зусиль з боку тварини. Таким чином, медуза рухається дзвоном вперед за принципом реактивного двигуна, виштовхуючи воду під час скорочення м'язових волокон і знову набираючи завдяки пружності мезоглеї. А в просторі медуза орієнтується за допомогою спеціальних видозмінених мацалець — ропалій, що містять мікроскопічний камінець (статоцист)

та нервову клітину із чутливою війкою. Ропалії медуз попри просту будову діють так само, як і вестибулярний апарат людини. Коли тварина пливе вгору, тостатоцист не торкається чутливої війки, а коли вниз, то під дією гравітації, вони дотикаються. Таким чином тварина відчуває, де верх і низ, і може визначити напрямок руху.



*Модель реактивного руху медузи (бузкового кольору) шляхом виштовхування води (синього кольору) з-під парасольки<sup>1</sup>*



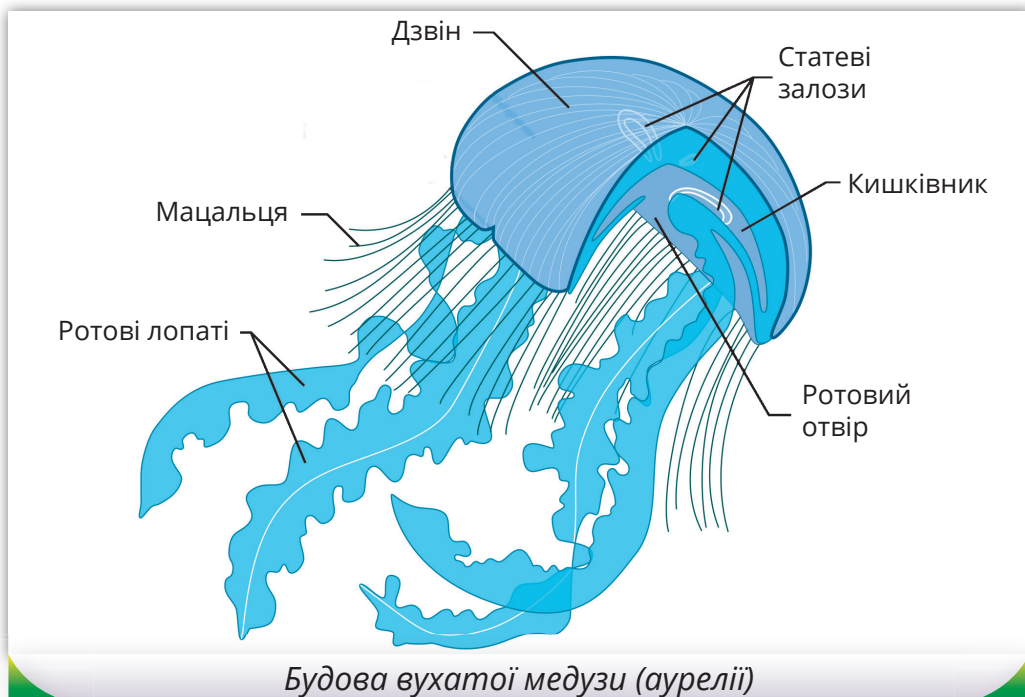
То ж як медузи харчуються? Спробуймо експериментально дослідити це питання. Для цього візьми 30–50 г замороженої артемії, циклопа чи дафнії і залий 50 мл води кімнатної температури. Допоки корм розморожується, підготуй концентрований розчин харчового барвника і долий його до розмороженого корму. Акуратно перемішай і залиш на 30 хв. Опісля проціди корм крізь щільну тканину, акуратно промий у чистій воді. Корм має забарвитись. Якщо він не набув необхідного кольору, операцію треба повторити. Готовий підфарбований корм тепер згодовуємо медузам: маленькими порціями за допомогою піпетки або чайної ложки вносимо його в акваріум. Уважно спостерігай за тваринами. Де у них спершу зібрався зафарбований корм? Де він концентрується одразу після споживання? Як забарвлений

<sup>1</sup> Зображення адаптовано з Hoover A., Miller L., Griffith B. P0057: Steering and Maneuvering in Jellyfish Bell. 67th Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics. 2014.

корм розподіляється в тілі медузи? Як можна пояснити твої спостереження? Результати спостережень і свої ідеї занотуй до лабораторного журналу, зніми відео й опублікуй в інтернеті. Запитай своїх подруг і друзів, що вони думають про це.



Травна система медуз є замкненою. Це означає, що вона має лише рот, через який тварина споживає їжу й виводить назовні неперетравлені рештки. Але на противагу іншим кишковопорожнинним, у медуз травна система дуже розгалужена. У вухатої медузи та в китайської пухириці вона складається з великого мішка з чотирма глибокими кишнями — це «шлунок». Від них, наче промені сонця, відходять численні канали, що несуть розчинені поживні речовини до краю дзвона. Знизу дзвона медузи помітні чотири широкі ротові лопаті або «руки». Саме ними тварини захоплюють своїх жертв. Їжа спершу накопичується на ротових лопатях, а тоді поволі переміщується до рота, а далі в шлунок. Якщо згодувати медузі підфарбовану харчовим барвником їжу, то можна побачити процес її переміщення від ротових лопатей до «шлунку». Розчин перетравленої їжі далі надходить до каналів і до краю дзвона. Зрештою, можна спостерігати, як медузи виводять неперетравлені рештки назовні, адже вони також будуть підфарбованими, хоча й не так інтенсивно.



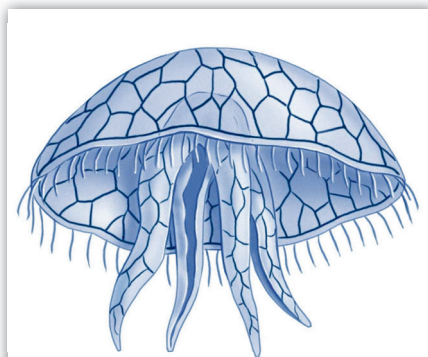


Чи бачать медузи? У тропічних кубомедуз є очі, а от у сцифомедуз нашої фавни — немає. Та чи здатні наші медузи сприймати світло? Нумо експериментувати!

Цей експеримент буде нічним. Напередодні зафіксуй діодовий ліхтарик так, щоб він освітлював лише пів акваріума зверху, а інша половина залишалась затемненою, наприклад листком картону. Коли стемніється, увімкни ліхтарик і спостерігай за поведінкою медуз. Де більше часу вони проводять: на освітленій чи в затемненій частинах акваріуму? Чи активно рухались медузи до джерела світла і чи не реагували на нього? Який висновок можна зробити з поведінки медуз: вони здатні сприймати світло чи ні? Спостереження запиши в лабораторний журнал, а зняте відео завантаж в інтернет.



Нервова система медуз є надзвичайно простою, адже в них немає ані мозку, ані нервових гангліїв. Натомість нервові клітини розкидані в екто- й ентодермі та з'єднані між собою за допомогою окремих відростків. Така нервова система називається дифузною або нервовим плетивом (плексусом). Будь-який подразник призводить до збудження відразу всієї нервової системи медузи. Так збудження поширюється в тілі, наче хвиля. Проте в медуз є скупчення нервових клітин, що розташовуються вздовж краю дзвона у вигляді зовнішнього і внутрішнього нервових кілець. Ці нервові кільця виконують функцію «центральної» нервової системи, із якою пов'язане усе нервове плетиво. І найважливіше, нервові кільця знаходяться в безпосередній близькості до ропалій — органів чуття медузи. Окрім органів рівноваги, тут також є клітини зі світлочутливими пігментами, здатні розпізнавати наявність чи відсутність світла. Якщо в кубомедуз є добре розвинені повноцінні очі, які, щоправда, не здатні сприймати зображення, бо позбавлені кристалика, то у сцифомедуз, наприклад, вухатої медузи, очей немає, а лише декілька чутливих клітин. У природі медузи здійснюють добові міграції: вночі вони опускаються на глибину, а вдень підіймаються на поверхню, орієнтуючись на рівень освітлення. Якщо правильно поставити експеримент зі світлом, то можна виявити позитивний фототаксис у медуз.



*Схема нервової системи медузи*



1. Які переваги і недоліки гідроскелету, порівняно із твердим внутрішнім скелетом, як у людей?
2. Як думаєш, навіщо медузи здійснюють добові міграції (вгору — вдень, униз — вночі)? Де їм вигідніше живитися? А де безпечніше жити?

## Рибка для морських анемонів

На прибережних каменях Чорного й Азовського морів дуже часто трапляються морські анемони, яких ще називають актиніями. Вони належать до кишковопрожнинних тварин, а їхньою особливою рисою є сидячий спосіб життя та декілька кілець мацалець із жалкими клітинами. Незважаючи на свою непримітність, ці чудові тварини є хижаками, що із засідки полюють на необачну жертву. Вони розгортають свої мацальця, які рівномірно розгойдуються хвилями морського прибою, часом нагадуючи скупчення хробаків — улюбленої їжі риб. Обманута риба, спокушена смачними на вигляд хробаками, підпливає до анемони і в той же момент сама стає обідом цього тихого хижака. Реакція анемонів на дрібну рибку чи рачка, що торкнулись їх мацалець, миттєва: десятки жалких клітин вистрілюють мікроскопічними гарпунцями, уп'явшись у шкіру жертви, запомповують у неї паралітичні токсини. Жертва знерухомлена, от тепер можна й пообідати. Нумо підглянемо за тим як анемони полюють!



Морська анемона  
(актинія) кінська



Морська анемона  
(актинія) смугаста



Отож, для морських анемонів нам знадобиться акваріум об'ємом 20–50 л, наповнений морською водою та обладнаний фільтром, що створює течію. Окрім цього, необхідними будуть прозорі пластикові відерця (згодяться теж і скляні банки) з кришками, пара товстих гумових рукавичок, довгий пінцет, розморожена або свіжа риба та лабораторний журнал. Як завше, усі експерименти та спостереження знімаємо на відео, монтуємо й публікуємо в інтернеті та в соціальних мережах. Почали!

Спершу готуємо акваріум. Його слід ретельно вимити й наповнити морською водою. Оскільки анемони — донні істоти, то для них слід насипати гравію та поставити декілька великих каменів. Коли акваріум буде готовий прийняти мешканців, вирушаймо на пошуки анемонів та гідр. Пошук і збір тварин можна робити лише під наглядом дорослих. Анемони є звичними на морських прибережних каміннях та скелях, у зоні прибою. Обережно, у гумових рукавицях (пам'ятай про жалкі мацальця!), відчіплюємо тварин від субстрату і поміщаємо до пластикового відерця з морською водою та закриваємо кришками на час перевезення. Удома виймаємо анемони та переселяємо в акваріум. За декілька годин, як тварини освоються, починаємо спостереження.



Коли ми збирали морських анемонів і поселяли їх до акваріума, то вони згортались у маленький м'ясистий клубочок. Як гадаєш, чому вони так поведились? Поспостерігай за тим, як тварини, заспокоївшись, розгортають свої мацальця. Скільки часу минуло з моменту поміщення анемонів в акваріум і до їх розгортання? Чи активно тварини пересуваються? Чи змінилось їх розташування за добу? Надалі довгим пінцетом, або довгою паличкою спробуй легенько доторкнутись до мацалець. Щось відбулось? Як це можна пояснити? А тепер сильніше торкнись пінцетом чи мацальцем до тіла анемони. Чи була реакція? Вона відрізнялась від попередньої? А як це можна пояснити? Спостереження занотуй до лабораторного журналу, а відео розмісти в інтернеті.



Тіло морських анемонів просте за своєю будовою та складене з підошви, стебла й ротового диску. Пласкою і дуже м'язистою підошвою анемона кріпиться до субстрату, наче присоском. Тому іноді їх дуже складно відчепити від скель та інших підводних об'єктів.



Будова морської анемони

Це важливо, адже багато з них замешкують зону прибою, де потужні хвилі могли б їх легко змити. Попри те, підошва анемонів дуже гнучка і еластична, вона може змінювати свою форму, завдяки чому тварина, хоча й повільно, проте пересувається по субстрату. Це дуже їй потрібно, оскільки, змінюючи своє становище у просторі, анемона відшукує краще місце для життя й полювання. Стебло — це основна частина тіла анемони, усередині якої міститься травна порожнина і органи розмноження. Ротовий диск знаходиться на верхній частині тіла, і він містить, зрозуміло, рот, оточений декількома кільцями м'язистих мацальців із жалкими клітинами. Саме мацальця є тією смертоносною зброєю анемони як для нападу на жертву, так і для захисту від хижаків.

Як і всі інші кишковопорожнинні, анемони є двохаровими істотами, однак вони мають певні відмінності від інших поліпів. Перш за все, це дуже добре розвинені м'язові волокна в епітеліально-м'язових клітин, одні з яких спрямовані від рота до підошви, а інші – об'єднані в кільця на периметрі стебла. Потужне м'язове кільце розміщене довкола ротового отвору. Так само, як і в медуз та інших кишковопорожнинних, в анемонів усе тіло обплутане нервовим плексусом. Однак нервові клітини скупчуються в довколоротове кільце, що надає особливої чутливості ротовому отвору та мацальцям. Завдяки такій нервовій системі та потужним м'язовим волокнам анемони дуже чутливі до зовнішніх подразників. Якщо подразник слабкий, анемона може й не відреагувати на нього, але якщо анемону штрикнути паличкою, то її м'язи миттю скорочуються, згортаючи тварину в маленький щільний м'язистий клубочок.



Морські анемони — хижачки, тож будемо їх годувати. Візьми свіжу чи розморожену рибу і відріж від неї декілька (для кожної анемони по одному) маленьких шматочків. Довгим пінцетом піднеси шматочок риби до мацалець тварини так, щоб вони торкались одне одного. Поспостерігай, що робитиме анемона. Якщо риба впала на дно, то підійми її пінцетом і знову запропонує анемоні. Чи допомагає анемона своїми мацальцями підігнати чи заштовхати їжу до рота? Як анемона заковтнула шматочок риби? Скільки часу їй знадобилось на це? Наступного дня зміни умови експерименту: відріж великий шматок (завбільшки майже як сама анемона) від риби і постав пінцетом на ротовий диск анемони. Чи змогла тварина проковтнути його? Скільки часу їй знадобилось на це? У анемонів немає анального отвору, а їх травна система — мішкоподібна. Поміркуй: куди діваються неперетравлені рештки? Чи вдалось спостерегти, як анемони позбуваються неперетравлених решток? Спостереження, звично, занотуй до лабораторного журналу, а відео розмісти в інтернеті.



Травна система анемонів, як і в усіх кишковопорожнинних, є замкненою, маючи лише ротовий отвір. Через рот анемони як поглинають їжу, так і виводять неперетравлені рештки. Їх кишкова порожнина утворена ендодермою, що має велику кількість складок (септ). Така будова покращує травлення, адже площа внутрішньої поверхні кишки є набагато більшою, ніж площа поверхні тіла. Окрім усього, перегородки також містять м'язові валики, які забезпечують як рух самих перегородок, так і скорочення тіла назагал. Завдяки численним і потужним м'язовим волокнам рота і перегородок, анемона має фантастичну здатність до розтягування. Тому може поглинути жертву більшу, значно більшу, за власні розміри. Мацальця анемони виконують не лише функцію паралізування жертви, а й активно підтягують її до рота. Цей процес суттєво відрізняється від того, як головоногі молюски (як-от восьминоги і кальмари) активно оперують своїми мацальцями. Морська анемона так не може через не настільки функціональну м'язову і нервову системи. Однак, вони «заякорюють» свою жертву нитками жалких клітин і підтягують її до рота уже мацальцями. Заковтування їжі анемоною нагадує натягування шарпетки — м'язистий рот просто натягується на жертву. Якщо

жертва дрібна, то цей процес протікає вельми швидко, а от проковтування великої жертви потребує багато часу і зусиль від анемони.



1. Чому анемони при подразненні згортаються в щільний клубок? Які ще тварини подібно поведуться в небезпеці?

2. Замкнену травну систему вважають примітивнішою за наскрізну, в якій їжа потрапляє в тіло через один отвір, а рештки виводяться через інший. Чим же краща, прогресивніша наскрізна?

## Полювання з лупою на гідру

Гідри, як і медузи та анемони, належать до кишковопорожнинних тварин, проте вони — прісноводні істоти, що замешкують озера й ставки, густо порослі водяними рослинами. Їхнє маленьке прозоре тільце підшоною кріпиться до підводних предметів чи рослин, а з ротового боку озброєне шістьма чи вісьмома мацальцями. Тіло гідри здатне розтягуватися до півтора сантиметра, а мацалець — ще більше, до трьох і навіть чотирьох сантиметрів. Поверхня мацалець густо всіяна жалкими клітинами, які вистрілюють у необачну жертву мікроскопічними гарпунцями на білкових нитках, паралізуючи її. Полює гідра так само, як і морська анемона, от лише її здобич — інфузорії, мікроскопічні хробаки та личинки гіллястовусих раків. Що ж, поспостерігаймо за гідрою.



Гідра прісноводна

Отож, нам знадобиться невеликий акваріум на 3–10 літрів із прісною водою. Окрім цього, необхідними будуть: прозорі пластикові відерця (згодяться й скляні банки) з кришками, водяний сачок із дуже дрібним вічком (зроблений, наприклад, із млинарського газу або капрону), ківта і 5–6 м линви, поліетиленові смітникові пакети, довгий пінцет, лупа з п'ятикратним збільшенням, а також пара латексових рукавичок та лабораторний журнал.

І звичайно, усі експерименти та спостереження знімаємо на відео, які публікуємо в інтернеті та в соціальних мережах. Вперед до відкриттів!

Акваріум слід вимити й наповнити водою, ґрунт створювати не потрібно, адже гідри віддають перевагу зануреним у воду рослинам. Коли акваріум буде готовий прийняти мешканців, вирушаймо на їх пошуки. Гідр слід шукати в озерах та на ставках. Оскільки це надзвичайно дрібні істоти, то потрібно зібрати рослини, на яких вони можуть бути. Може трапитись так, що з першого разу не вдасться наловити гідр і їх пошук потрібно буде повторити. Водяним сачком на довгій ручці водимо по водяних рослинах: гідри часто відчіплюються від рослин, тож їх можна виловити сачком із дрібним вічком. Улов витрушуємо до пластикового відерця з водою. Операцію повторюємо декілька разів. Далі закидаємо невеличкий якір (кітву), прив'язаний до кінця линви, у гущу водяних рослин і витягуємо їх на берег. Рослини розподіляємо в поліетиленові смітникові пакети й забираємо із собою.

Уже вдома, підсвітивши відерце настільною лампою, з допомогою лупи шукаємо гідр. Для зручності маркером розграфи відерце на сектори й позначай кожен із переглянутих секторів. Гідри — дрібні, їх розміри близько 1 см. Вони прикріплюються до дна або стінок відерця і в спокої розпрямляють свої мацальця. За уважного розглядання їх легко помітити. Якщо гідр не знайдеться, не біда. У нас є ще рослини, які ми виловили із озера. Почергово занурюй одну за одною гілку до акваріума і, давши заспокоїтись воді, уважно оглядай їх з лупою. Як тільки гідру буде виявлено, подальші пошуки можна припинити. Вилов із відерця перелий в акваріум до гідри, адже це її їжа.



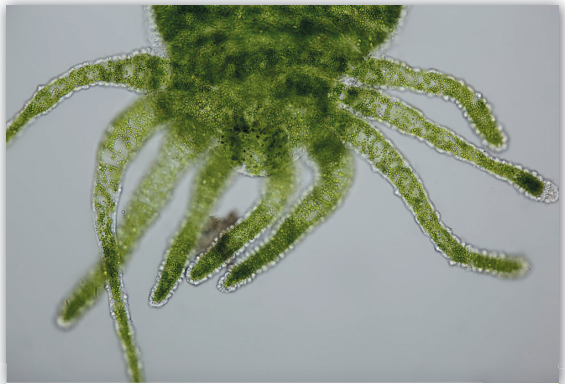
Розглянь гідру зі збільшуваним склом. Зверни увагу на форму та забарвлення її тіла. В одних випадках тіло гідри блідувато-прозоре, а в інших — зелене чи ледь блакитне. Як гадаєш, із чим може бути пов'язане таке розмаїття кольорів? Зауваж мацальця гідри. Скільки їх і якої вони форми? Поспостерігай за поведінкою гідри. Чи є активною ця тварина? Чим вона займається впродовж дня? Кінчиком довгого пінцета або довгою паличкою доторкнись до мацалець гідри. Як тварина зреагувала на твою дію? А тепер доторкнись до тіла гідри. Яка реакція тварини цього разу? Усі свої спостереження й міркування занотуй у лабораторний журнал, зніми коротке відео та опублікуй в інтернеті з короткою розповіддю про гідру.



Зовні гідра нагадує дуже спрощену та мініатюрну модель морської анемони з такими ж підшовою, стеблом і ротовим диском із мацальцями. Однак, на противагу морській анемоні, гідра в тисячу разів менша, а її тендітне тіло — прозоре з молочним відтінком. Дуже часто гідри можуть мати зелене чи синьо-зелене забарвлення, що зумовлюється численними одноклітинними водоростями, які можуть замешкувати мезоглею і міжклітинний простір тварини. Такий симбіоз водоростей і гідр є не обов'язковим, хоча трапляється часто. Важливою умовою для цього є яскраве освітлення. Гідра від водоростей отримує маскування й цукри, а водорості — вуглекислий газ і «дім». Тіло гідри та її мацальця здатні розтягуватись і скорочуватись у декілька разів. Тварини чутливо реагують на коливання води й різні подразники. У них, як і в морських анемонів, дифузна нервова система — тіло обплетене мереживом поодиноких нервових клітин. Однак довоколаторове нервове кільце розвинене дуже слабо. Якщо доторкнутися до тіла гідри, то вона миттю скоротиться, перетворившись на невиразний клубочок. А після того, як заспокоїться, знову розпустить свої мацальця.



*Зелена гідра*



*Водорості у тілі зеленої гідри*



Гідра — хижак, отож поспостерігаймо за її полюванням. Пригадуєш свій вилов водяним сачком, випущений із відерця до акваріума? Зауваж, скільки там усіляких дрібних тварин, з поміж яких є ледь-ледь помітні. Це потенційні жертви гідри. Усі вони плавають у товщі води, декотрі сідають на водяні рослини. Уважно поспостерігай, що відбувається, коли якась тваринка торкається мацалець гідри. Як гідра реагує на такий дотик? Що стається із тваринкою, яка торкнулася мацалець? А що трапляється, якщо до мацалець гідри потрапляє велика

жертва, наприклад, гіллястовусий чи веслоногий рак? Занотуйте свої спостереження в лабораторний журнал, а відзняте відео розмісти в інтернеті.



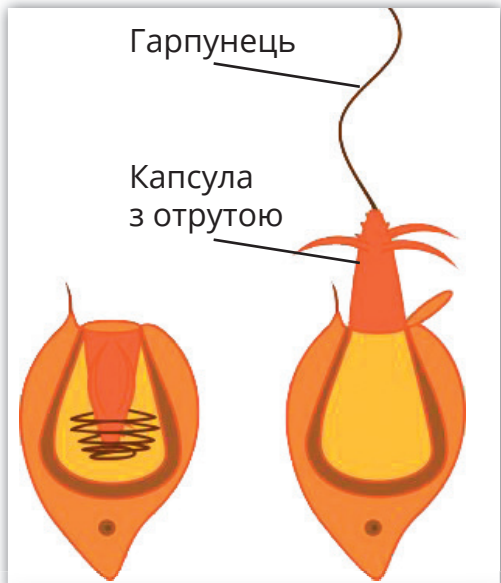
*Гідра під час перетравлювання здобичі*



*Гідра, яка вполювала гіллястовусого рачка дафнію*



У гідри, як і в усіх інших кишковопорожнинних, наявні жалкі клітини. Вони розташовані на мацальцях й озброєні довгою порожнистою ниткою з гарпунцем всередині, що з'єднана з отрутовмісною капсулою. Гідра розставляє врізнобіч свої отруйні мацальця, вичікуючи необачну жертву, що випадково торкнеться їх. Миттєве спрацьовування жалких клітин має два наслідки: перший — жертва «заякорена» гарпунцем, а другий — жертва паралізована або мертва. Після цього гідра, як і її морські родичі, підтягує жертву до рота, поглинаючи її. Слід зазначити, що гідра може проковтнути жертву такого ж розміру, як вона сама, або й значно більшу за неї. Травна система гідри дуже проста, мабуть, найпростіша з-поміж кишковопорожнинних — це мішкоподібна сліпа



*Вигляд жалкої клітини до (ліворуч) та після (праворуч) спрацьовування*

кишка, вистелена клітинами, що виробляють і виділяють травні ферменти. Усі неперетравлені рештки виводяться гідрою назовні через рот.



Гідри дуже добре розмножуються брунькуванням, але для того, щоб побачити цей процес, потрібно створити добрі умови для їх проживання. Тому гідри мають бути забезпечені їжею. Необхідно вносити в акваріум або свіжу їжу, зібрану сачком у водоймі, або ж підгодовувати уже наявну розтертим сухим кормом для акваріумних риб. За достатньої кількості їжі гідри швидко почнуть розмножуватись, заселивши увесь акваріум. Власне, це нам і треба. Уважно поспостерігаймо за брунькуванням гідри. Оглянь гідру з лупою. Чи наявні на її тілі бруньки — невеликі горбики у нижній частині? Якщо так, то будемо спостерігати за їх розвитком. У лабораторному журналі записуй дату спостереження та ступінь розвитку бруньки: появу в неї мацалець, початок самостійного живлення, відшнурування від материнської гідри. Зроби схематичні малюнки і підписи до них. Увесь процес зафільмуй і змонтуй у короткий ролик для публікацій в інтернеті.



*Гідра із брунькою*



Кишквопорожнинні розмножуються статевим шляхом, проте більшості колоніальних поліпів властиве рідкісне у тваринному царстві вегетативне розмноження. Цей спосіб створення потомства отримав назву «брунькування». І хоча гідра є самітним поліпом, у неї дуже добре представлене розмноження брунькуванням. В умовах великої кількості їжі гідра утворює бруньки протягом 2–3 днів. Розмноження протікає вельми швидко, й іноді на одній дорослій гідрі може бути 2–3 невеличкі дочірні гідри. Процес починається з того, що в нижній частині тіла, одна з інтерстиціальних (проміжних) клітин починає активно ділитися, утворюючи «бруньку» в мезоглеї тварини. Ця брунька росте, зливається з ектодермою материнського організму і виростає в дочірню маленьку гідру. Увесь цей час дочірня гідра живиться за рахунок поживних речовин, що надходять від материнської гідри.



Згодом на передньому кінці «бруньки» утворюються мацальця і розкривається ротовий отвір. Тепер дочірня гідра живиться самостійно, хоча ще кілька днів приєднана до материнського організму. Та невдовзі вона відривається і переходить до самостійного життя. Якщо їжі стає мало, то гідри перестають брунькуватись, а переходять до статевого розмноження. Одні з них роздільностатеві (тобто серед них і самки, і самці), а інші — гермафродити. Як тільки статеві клітини були вивільнені у воду, дорослі гідри гинуть. Мікроскопічні зародки опускаються на дно, де перецікують несприятливі умови, наприклад, зиму.



1. З огляду на спосіб та місце життя гідри у водоймі спрогнозуй риси тварини-хижака, яка нею харчується. Хто б це міг бути серед відомих тобі істот? Обговори свої припущення з вчителькою чи вчителем біології.
2. Отрута жалких клітин гідри — це хімічна зброя живого світу. У кого ще в українській фавні є така «зброя»?
3. Чим вигідне розмноження брунькуванням? Чому лише прості організми здатні до нього?

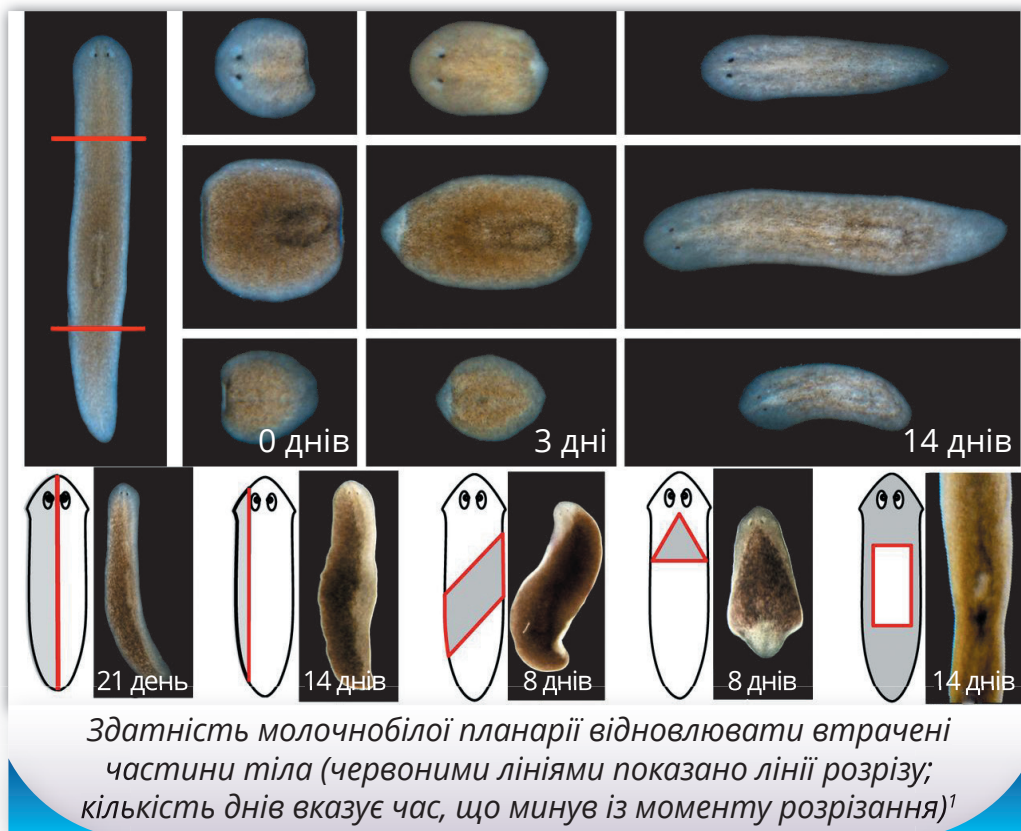
# ПЛАСКІ ХРОБАКИ



## Пласкі хробаки лікують

Позаяк більшість плоских хробаків є паразитами тварин і людини в тому числі, основні зусилля медицини спрямовані на боротьбу з ними. Однак, усім плоским хробакам властива здатність до регенерації — відновлення втрачених частин тіла, що, власне, уже давно зацікавило вчених. Пласкі хробаки, а особливо непаразитарна група війчастих (до них належать планарії), можуть цілковито виростити собі нове тіло з маленького шматочка попереднього тіла. Війчасті хробаки мають змогу відновлювати дуже складні структури високоспеціалізованих нервової і м'язової тканин.

Дослідження в цій галузі й застосування результатів на людях спричинилися до появи й бурхливого розвитку в XXI столітті нових, передових галузей медицини: регенераційної медицини і тканинної інженерії.



<sup>1</sup> Зображення адаптоване з Model systems for regeneration: planarians. Development. 2019. P. 2.

Ці галузі спеціалізуються на розвитку технологій використання стовбурових клітин (вони здатні безмежну кількість разів ділитися, утворюючи при цьому нові клітини) з метою лікування важких фізичних травм і паралічів, процесів руйнування в нервовій системі, цукрового діабету й вад серця, а однією з моделей для них є саме планарії. Учені виявили в тілі планарій величезну кількість стовбурових клітин, що дозволяє їм відновлювати будь-яку частину свого тіла. У лабораторних дослідженнях встановлено, як і чому відбувається регенерація, яким чином вона контролюється і як визначається, яка частина тіла буде добудовуватись. У геномі (сукупності спадкової інформації) планарій виявлено кілька генів, що відповідають за пригнічення злякисних пухлин, які можуть з'являтися в процесі регенерації. Ба більше, планарії здатні до самоомолодження. Дослідження й розуміння цього процесу є одним із напрямків боротьби зі старінням, його сповільнення або й цілковитої зупинки. Практичне використання знань про пласких хробаків відкриває значні перспективи в медицині вже недалекого майбутнього.

## Хижаківання планарії

Пласкі хробаки з класу вйчастих — планарії — є звичними, а часом масовими видами в більшості водойм України. Вони трапляються як у затишних ставках і старицях, так і в стрімких гірських ріках й потоках Криму й Карпат. У фавні України налічується понад 200 видів планарій із різних рядів і родин. Це дрібні істоти розмірами до 3 см. Більшість видів заселяють добре прогріті сонцем та порослі водяними рослинами мілководні місця озер і ставків. Улітку чисельність планарій може сягати декількох тисяч особин на квадратний метр дна водойми, тому виявити їх дуже легко, зібравши трохи рослин і донних відкладів. Прісноводні планарії — усеїдні істоти, тому живляться всім, що надібають: детритом, водоростями, мікроскопічними хробаками, веслоногими і вусоногими дрібними раками тощо. Багато з них є активними хижакими, адже вони полюють на планктонних раків, на кшталт дафній і циклопів. Вони легко ковзають по водяних рослинах і занурених предметах, часто плаваючи в товщі води. Планарії є гермафродитами, які розмножуються статевим способом, проте поміж них є види, здатні

розмножуватись безстатево, надзвичайно швидко заселяючи вільні ділянки водойм. Що ж, вирушаймо на пошуки планарій.



*Різноманіття планарій*

Нам знадобиться акваріум на 3–10 л із прісною водою. Цілком згодиться той, у якому ми розплоджували і досліджували гідр. Однак разом їх тримати не варто, адже планарії активно хижакують і з легкістю з'їдять свою здобич. Також необхідними будуть: прозорі пластикові відерця (згодяться і скляні банки) з кришками, 3–4 пластикові пляшки, довгий пінцет, лупа із п'ятикратним збільшенням, корм для акваріумних риб, харчовий барвник (бажано синього кольору), а також пара латексових рукавичок та лабораторний журнал. Усі експерименти та спостереження, звично, знімаємо на відео, які публікуємо в інтернеті та в соціальних мережах. Тепер можна розпочинати.

Акваріум слід вимити, на дно засипати грубий річковий пісок або дрібний гравій і заповнити водою. Після приготування акваріума вирушаймо на лови планарій. Для цього змайструймо пастки з пластикових пляшок: дуже обережно, цвяхом у дні пляшки робимо 5–10 маленьких отворів, засипаємо небагато корму для риб, заповнюємо пляшки водою й ставимо їх вертикально на мілководді. Наступного дня в пастках будуть планарії, які сповзуться на запах їжі. Як було сказано вище, планарії замешкують мілководдя озер і ставків із густими заростями рослин. Їх можна віднайти на дні в опалому листі й відмерлих рослинних рештках, або на

рослинах. Дуже часто планарії причіпляються до нижнього боку листків рослин, що плавають на поверхні води, наприклад, латаття, глечиків, рдесників. Наловлених планарій поміщаємо в пластикове відерце, а вдома акуратно переносимо їх в акваріум. Усі маніпуляції здійснюємо в латексових рукавичках. Тепер усе готове для наших спостережень.



Віднайди випущених до акваріума планарій і розглянь їх з допомогою лупи. Удень вони можуть не проявляти активності й ховатися між донними рослинами, тому затіни акваріум, наприклад, аркушем паперу чи тканиною. Поспостерігай за віднайденою твариною. Зауваж форму тіла планарії, знайди її передній і задній кінці. Зверни увагу на голову цього хробака та розташовані на ній очі — це одні з найпримітивніших очей у тваринному царстві. Вони розпізнають лише світло й тінь. Посвіти на планарію ліхтариком. Чи змінилась якість її поведінка? Зверни увагу на рух планарії — вона ковзає на поверхні. Які частини її тіла беруть у цьому участь і як? Усі спостереження занотуй у лабораторний журнал, зроби короткий ролик й опублікуй в інтернеті.



Тіло планарії видовжене й сплющене в спинно-черевному напрямку. Його передній кінець розширений у вигляді великого ромбу — це голова. Зверху на голові розташовані очі, які добре проглядаються як дві чорні цятки, а ось рот у них розташований на череві.

Їхні очі дуже прості за своєю будовою. Якщо порівнювати із оком людини, то в планарій очі навиворіт: сітківка знаходиться зовні, а нерви входять в очний келих знизу. Жодного кришталіка, який міг би фокусувати світло на сітківку, у них немає, тому планарії не можуть бачити у звичному для нас розумінні. Проте їхні очі чутливі до світла. Розрізняючи його наявність чи відсутність, планарія «вирішує», куди їй рухатись. Якщо присвітити яскравим світлом на планарію, то вона спробує сховатись або ж скоротить розміри свого тіла. Рух планарій на поверхні різних предметів однаково легкий і спритний. Він нагадує ковзання — і виникає враження, що вони не витрачають жодних зусиль для цього. Це зумовлено тим, що тіло планарій вкрите міриадами мікроскопічних війок, що ритмічно коливаються, забезпечуючи плавний рух. У цьому процесі, хоч і менше, беруть участь м'язи, що розтягують тіло тварини. А от плавання в планарій забезпечується переважно м'язами, які почергово скорочуються — і тварина хвилеподібно пливе в товщі води. У планарій добре розвинена м'язова система, адже в них є три зародкові листки: екто-, мезо- та ентодерма. Це означає, що з ектодерми розвивається шкіра, мезодерми — м'язи і паренхіма, а з ентодерми — кишківник. М'язи планарій представлені трьома групами: кільцевих, поздовжніх та косих. Кільцеві м'язи розташовуються відразу під шкірним епітелієм у вигляді поперечних до осі тіла кілець і регулюють ширину тіла планарії. Під ними — поздовжні м'язи, що простягаються від переднього до заднього кінців тіла. Ці м'язи регулюють довжину тіла тварини. Косі ж м'язи навскісно з'єднують спинний і черевний боки тіла планарії, регулюючи її товщину. Синхронна робота всіх трьох груп м'язів забезпечує швидкі й точні рухи цих тварин.



Хоча планарії і всеїдні істоти, вони понад усе віддають перевагу тваринній їжі. Тому в нас є гарна нагода для спостереження за процесом живлення планарій. Для цього розморозь невеличкий шматочок риби або ж креветку, вимочи в харчовому барвнику. Пінцетом постав їжу на дно акваріума так, щоб тобі було зручно спостерігати й знімати відео. За якийсь час із усього акваріуму сповзуться планарії на запах поживи. Як поведуть себе ці тварини на шматку їжі? Чи вдалось тобі побачити процес поїдання висувним ротом, а також виведення неперетравлених решток? Травну систему можна розгледіти крізь напівпрозоре тіло планарії, особливо коли вона буде

наповненою підфарбованою їжею. Який вигляд вона має? Не забудь записати спостереження до лабораторного журналу і відзняти ролик!



Травна система планарій є сліпою, тобто має лише ротовий отвір, через який і поглинається їжа, і виводяться неперетравлені рештки. Це означає, що наступний прийом їжі буде лише після того, як травна система цілком спорожниться. Травлення може зайняти від кількох годин до кількох діб, залежно від температури води — у теплій його швидкість вища. Рот планарій розташований посередині черева і може висовуватись на довгій трубці-глотці далеко за межі самого тіла. Глотка веде до кишківника, який у планарій розділений на три великі гілки: одну передню, що веде до голови, та дві задні, спрямовані до хвоста і статевої системи. Кожна з гілок травної системи галузиться ще на цілу низку дрібних сліпих каналів. Такий складний галузистий кишківник у цих тварин є компенсацією відсутності кровоносної системи, яка в інших, більш розвинених, організмах розносить поживні речовини в тілі. Травна система проглядається крізь напівпрозоре тіло планарії, однак її добре можна розгледіти, якщо нагодувати тварину зафарбованою харчовим барвником їжею. Живлення планарій відбувається шляхом всмоктування окремих часток їжі у водній суспензії, висмоктування вмісту жертви або ж поглинання її цілою, оскільки в них відсутні щелепи, зуби чи інші пристосування для її подрібнення. Коли планарія полює, то її жертвами часто стають істоти більші й прудкіші за неї, наприклад, дрібні раки, мальки риб, личинки комах тощо. Тому планарії спершу вбивають свою жертву потужним тетродотоксином, який виділяється численними залозами, розташованими по краю тіла. До речі, планарій не поїдають інші тварини саме через їх отруйність. Заковтування жертви цілою нагадує такий же процес у гідри — глотка планарії натягується, наче шкарпетка, огортаючи їжу. Цікаво, що планарія може проковтнути жертву, більшу за власні розміри, при цьому її травна система і тіло загалом значно розтягуються.



Планарія під час трапези





1. Як можна довести наявність війок у планарії? Сплануйте етапи дослідження, яке дозволило б довести участь війок у русі хробака.
2. Чи «кусятиме» планарія людину за палець, якщо його занурити в акваріум із твариною? Якщо «укус» відбудеться, то чи є він небезпечним?



# КІЛЬЧАСТІ ХРОБАКИ

## Кільчасті хробаки лікують

З давніх-давен люди використовували медичних п'явок для лікування чи не всіх захворювань. Така терапія ґрунтувалась на вченні античного лікаря Гіппократа про баланс рідин (гуморальний баланс): крові, слизу, чорної та жовтої жовчі. Якщо людина здорова, то в неї всі рідини в гармонії, а якщо хвора, то якась із рідин — не в нормі. Особливо популярним це вчення стало в середні віки, коли лікування зводилось не просто до накладання п'явок, а більше — кровопускання. І лише в сучасності доказова медицина продемонструвала, що ані накладання п'явок, ані кровопускання не мають істотного терапевтичного ефекту й не надто покращують стан здоров'я хворого. Хоча, подекуди (наприклад, в мікрохірургії чи відновлювальній хірургії) їх і використовують з метою стимулювання відновлення тканин тіла.



*П'явка, що ссе кров під час лікувального сеансу*

Таких помилкових, а почасти абсурдних практик використання кільчастих хробаків у медицині безліч. Наприклад, у народній медицині М'янми дощових черв'яків використовували для лікування смертельного захворювання віспи (завдяки сучасній вакцинації вірус віспи цілковито зник на Землі). Іранські знахарі заліплювали дощового хробака в кульку з хліба й давали проковтувати її хворому на жовчнокам'яну хворобу. Вони вважали, буцімто хробак допоможе вивести камені із жовчного міхура. Шамани індіанських племен нантикоків прикладанням протухлих дощових хробаків намагались знімати ревматичні болі. Подібне використання дощових хробаків є і в китайській народній медицині, де, щоправда, використовують спиртові настоянки. Проте, ніяка з цих практик немає жодного ані наукового, ані медичного підґрунтя.

Сучасна доказова медицина використовує результати наукових досліджень для пошуку біологічно активних речовин у кільчастих хробаків, які в перспективі можна використовувати

як ліки. Наприклад, зі шкіри дощового хробака дослідники виділили речовину, яку назвали «ломбріцин». У лабораторних експериментах на мишах встановлено, що ломбріцин здатен зупиняти ріст ракових пухлин молочної залози. Тобто, це один із можливих препаратів, спрямованих на припинення розвитку ракового захворювання, але, на жаль, не на знищення уже наявної пухлини. Інша виділена з тканин дощових хробаків білкова речовина — фібринолітичний фермент. Вона продемонструвала високу ефективність у боротьбі з раком печінки в лабораторних експериментах на мишах і тканинних культурах. Загалом, імунна система дощових хробаків здатна виявляти й ефективно руйнувати вже наявні пухлини. Їхні амебоподібні клітини здатні розпізнавати ракові клітини й запускати механізм руйнування. Учені досліджують рецептори цих клітин, щоб зрозуміти, яким чином вони розпізнають злоякісні утворення. Результати цих досліджень у майбутньому можуть стати корисними для розробки й доставки ліків безпосередньо в ракові клітини.

Найбільшу зацікавленість наукової спільноти, звичайно, викликають п'явки. Особливо речовини, які вони виділяють у жертву під час укусу, адже він є безболісним і при цьому кров не згортається — ці ефекти відомі ще з античних часів. Сучасна наука далеко просунулась у їх вивченні та виокремленні таких речовин, що уже сьогодні мають широке застосування. По-перше, це антикоагулянти крові, що запобігають передчасному чи надмірному утворенню тромбів, а по-друге, — це знеболювальні сильної дії. Чи не найвідомішими речовинами, виділеними зі слини п'явок, є гірудин та гепарин, здатні запобігати згортанню крові. У ХХ сторіччі їх мало використовували, хіба лише в наукових лабораторіях, оскільки необхідно було дуже багато слини. Проте після розшифрування відповідних генів і пересадження їх лабораторним бактеріям стало можливим виробляти гірудин і гепарин в промислових масштабах. Сьогодні ці препарати є основними в боротьбі з утворенням тромбів у судинах хворих, профілактиці інфарктів міокарду та інсультів. Зі слини п'явок також виділена низка токсинів, один з яких — HSTX-I — має знеболювальні властивості, діючи на закінчення чутливих нервових клітин. Цей токсин сьогодні активно досліджується з метою розробки потужних знеболювальних ліків. Ще низка токсинів слини п'явок здатні пригнічувати розвиток раку легенів і тестуються як ймовірні ліки замість чинної хіміотерапії, або як підсилювачі її результатів.

## Що любить дощовий хробак?

У фауні України налічується декілька десятків видів дощових хробаків, які заселяють найрізноманітніші умови: від гнилої деревини до боліт. Вони повсюдні, і віднайти їх не проблема. Особливістю їхньої будови є сегментоване на кільця видовжене тіло. Зовні тіло дощового хробака вкрите слизом, що дозволяє йому легко рухатись у ґрунті. Живляться ці тварини відмерлими рослинними рештками. Одні дощові хробаки вночі вилазять зі своїх ґрунтових нірок, знаходять опалі листочки і затачують їх під землю, де їм поїдають. Їх відносять до групи первинних деструкторів. Інші ж живляться вже частково розкладеною органікою,



Дощовий хробак

на кшталт компосту чи гнилої деревини, — це вторинні деструктори. Однак і перші, і другі є надзвичайно важливими компонентами ґрунтової фауни, беручи участь у ґрунтоутворенні і підвищенні його родючості. Проекспериментуймо з дощовими хробаками, щоб дізнатись про їх уподобання та спосіб життя.

Для наших експериментів необхідними будуть пластиковий контейнер 20×30 см, паперові рушники, пульверизатор із водою, кухонна сіль, велика картонова коробка (розміром не менша, ніж контейнер), настільна лампа, пластикове відерце з кришкою (згодиться й скляна банка), 3 великі дощові хробаки, пара латексових рукавичок та лабораторний журнал. Усі експерименти записуємо на відео та розміщуємо в інтернеті й в соціальних мережах.

Контейнер слід ретельно вимити й просушити. У ньому ми проводитимемо наші експерименти, однак, спершу наловимо хробаків. Хробаків легко знайти в природі під предметами, що тривалий час лежать на ґрунті, або ж після дощу на вулиці. Якщо не вдалось наловити хробаків, то їх можна просто купити в рибальському магазині. Зібраних тварин поміщаємо у пластикове відерце і забираємо з собою. Тепер можна почати експерименти.



Дно контейнера повністю вкриваємо двома-трьома паперовими рушниками й рясно зволожуємо їх із пульверизатора так, щоб вони намокли. Два сухі паперові рушники стелимо на мокрі, проте так, щоб ними закрити половину дна контейнера. У результаті отримуємо пів контейнера із мокрими рушниками, а половину — із сухими. Тепер беремо хробаків і поміщаємо в контейнер поперечно до мокрих і сухих паперових рушників: одна половина тіла повинна бути на мокрому, а інша — на сухому. Й уважно спостерігаймо за їх поведінкою. Що роблять тварини? Куди поповзли хробаки: на сухий чи мокрий паперовий рушник? Скільки часу минуло з початку експерименту і до того, як тварина переповзла на певну сторону контейнеру? Як пояснити побачене? Свої спостереження та міркування занотуй до лабораторного журналу, а відео розмісти в інтернеті. Запитай у своїх друзів й подруг, що вони думають з цього приводу.



Дощові хробаки населяють вологі умови, тому їх тіло вкрите слизом, що виробляється величезною кількістю залоз. Слиз є надзвичайно важливим для дощових хробаків, оскільки виконує кілька важливих функцій. По-перше, він залишає поверхню їх шкіри вологою завдяки чому відбувається газообмін. У дощових хробаків відсутня дихальна система, тому кисень вони поглинають усією поверхнею шкіри, під якою міститься густа мережа капілярів. Тому якщо шкіра висохне, тварина просто задихнеться. Однак якщо дощовий хробак потрапляє у воду, то він просто гине від утоплення, адже газообмін у цьому випадку також порушується. По-друге, слиз важливий для руху дощового хробака в ґрунті. З одного боку слиз зменшує тертя між тілом хробака та ґрунтом, а з іншого — укріплює стінки дірок у землі, і вони не обвалюються. Таким чином, ходи хробаків слугують шляхом руху, так і вентиляційними каналами, що сприяють газообміну тварини. Якщо під час дощу ходи затоплюються, то тварина виповзає на поверхню ґрунту, рятуючись від утоплення. А в часи посухи, дощові хробаки закопуються глибоко в ґрунт, де є достатньо вологи. Уміст вологи дощові хробаки визначають за допомогою численних рецепторів у шкірі, визначаючи як напрямок свого руху, так і найбільш придатні умови середовища проживання.



Дно контейнера вкрий двома-трьома паперовими рушниками, але так, щоб їхні краї були припідняті вгору, утворюючи «бортик». Добре змочи їх із пульверизатора. Контейнер наполовину помісти в картонну коробку так, щоб вона була добре затінена. А іншу частину контейнера яскраво освітлюй настільною лампою. На освітлену частину контейнера поклади дощових хробаків і спостерігай за їхньою поведінкою. Куди поповзли тварини? Чому? Чи реагують дощові хробаки на світло, адже у них немає очей? Яке це має значення для їх життя? Усе ретельно запиши в лабораторний журнал і зафільмуй для публікації в інтернеті.



*Просвічений дощовий хробак*



У дощових хробаків, на противагу багатьом іншим кільчакам, відсутні очі. Ці тварини є цілком сліпими, адже від очей мало користі, якщо все життя проводити під землею в темряві. Але дощові хробаки здатні «відчувати» світло. Це дуже важливо, адже тварині потрібно «знати», вона перебуває у темряві під землею чи опинилась на поверхні на світлі, де може стати легкою здобиччю для багатьох хижаків, або обсохнути й загинути від задухи. Їхнє «відчуття» світла зумовлене спеціальними видозміненими нервовими клітинами, які називають клітини Геса. Ці клітини розкидані в усьому тілі тварини, тому світло вони дійсно сприймають, наче відчуття дотику чи смаку (людині таке відчуття світла недоступне). Хоча клітини Геса наявні на всьому тілі, їх значно більше на спинній і бокових частинах, ніж на черевній. А найбільше — на передньому члену тіла — на простомії. Саме він і є найчутливішим до яскравості освітлення. Тварина, опинившись на світлі, одразу шукає спосіб сховатись у темряву або ж закопатись у ґрунт.

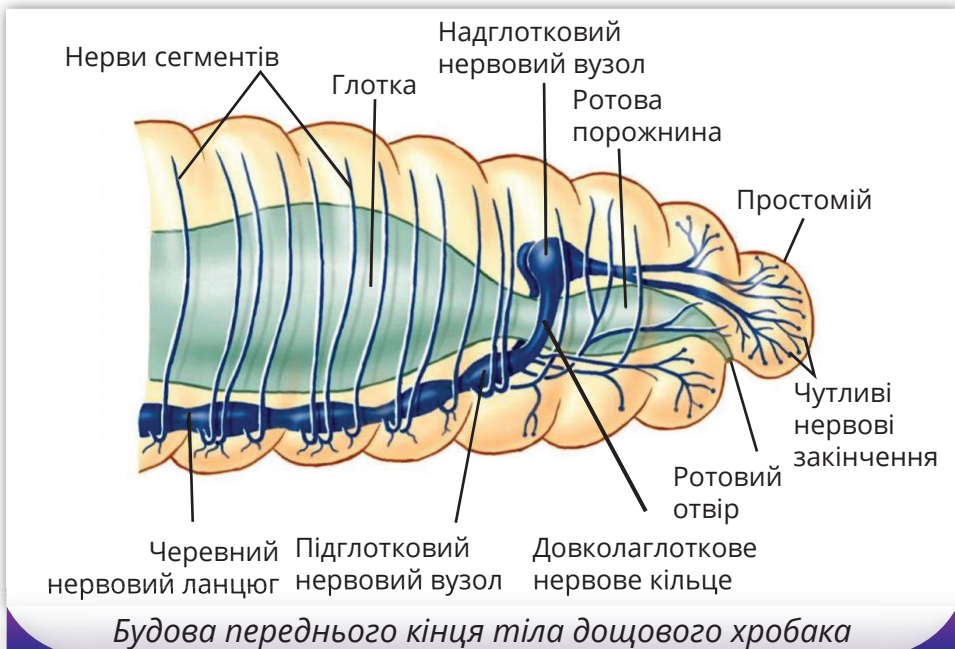


На дно контейнера розстели 2-3 паперові рушники і добре їх попшикай водою із пульверизатора. Двома іншими сухими паперовими рушниками закрив половину дна контейнера. У склянці розчини 3 чайні ложки кухонної солі й акуратно із пульверизатора намочи постелені в контейнер

сухі паперові рушники. Таким чином, маємо середовище, де половина солоня, а інша — прісна. Як і в першому експерименті, поміщаємо хробаків у контейнер поперечно до солоня і прісного середовищ так, щоб одна пів тіла розташувалася на солоня, пів — на прісному. Яка поведінка у тварин? Як вони реагують на хімічний контраст середовища? Куди і наскільки активно вони повзуть? Усе детально занотуй до лабораторного журналу і зніми відео.



Шкіра дощових хробаків усіяна тисячами хімічних рецепторів, які сприймають найрізноманітніші запахи і смаки. Хімічне чуття є надзвичайно важливим, адже дає змогу тварині віднаходити придатну для неї їжу. Крім того, це дає можливість дощовому хробакові «оцінити» якість середовища життя, уникаючи небезпечних для нього умов. Як і світлочутливі клітини Геса, хімічні рецептори розсіяні на поверхні усього тіла тварини (а ось у людини вони знаходяться лише на язичі). Проте найбільше їх на передній частині тіла хробака — на перших трьох члениках, де розташовуються з усіх їх сторін. Це й не дивно, адже саме тут знаходиться «мозок» тварини — надглотковий та підглотковий нервові вузли (ганглії), що з'єднаний із усіма рецепторами. Окрім цього, з обох боків кожного сегменту тіла тварини розташований однаковий набір хімічних рецепторів, і зв'язані вони з ганглієм цього членика.





Тобто смак і запах дощовий хробак відчуває відразу всім своїм тілом. За будовою хімічні рецептори майже ідентичні з світлочутливими клітинами Геса — це видозмінені кінцеві нервові клітини (нейрони) нервових волокон, які різняться лише набором рецепторних білків на своїх поверхнях. Дощовий хробак, на якого діє хімічний подразник (приваблює, як от їжа, чи відлякує, наприклад, тетрадотоксин) майже миттєво «вирішує», куди йому повзти — до джерела подразника чи від нього.



1. Які інші гіпотези, крім наведеної в тексті, пояснюють виповзання дощових хробаків на поверхню землі після сильного дощу?
2. Поясни закономірності розміщення клітин Геса на поверхні тіла дощового хробака.
3. Чому смакове і нюхове чуття називають хімічними? Припусти, яке з них більш потрібне, а тому й більш розвинене в дощового хробака.

## *Тварини проти бактерій*

Літні канікули — чудовий час для закладання тривалого експерименту. Усі погоджуються, що бактерії та гриби є основними організмами, що розкладають рештки мертвих організмів й повертають мінеральні речовини до ґрунту. Однак дедалі більше вчених схиляються до думки, що це не зовсім так. Левову частку рослинних решток розкладають безхребетні тварини. Хто ж має рацію? Пропонуємо експеримент, щоб відповісти на це цікавезне питання.

Отож, нам знадобляться два однакові невеликі акваріуми на 3–5 л (згодитися можуть також прозорі пластикові контейнери або 3-літрові слоїки), 0,5 кг садового ґрунту, перепріле опале листя, пульверизатор з водою, 3–5 дощових хробаків, декілька пар одноразових латексових рукавичок, харчова плівка або пергамент, лабораторний журнал. Щоб наш експеримент не пройшов намарно, а про нього дізнався світ, нам знадобляться також веб-камера або інша цифрова камера (згодиться й смартфон чи планшет), програма для монтажу відео. Гайда до роботи!

Акваріуми слід ретельно вимити й пронумерувати цифрами «1» та «2». У акваріумі «1» житимуть бактерії та гриби, а в акваріумі

«2» — тварини. У лісі, садку чи парку слід зібрати цілий пакет опалого минулорічного листя, а також 1 кілограм ґрунту. Листя розсортуємо, вибираючи найбільш цілі листки й розкладаємо на харчову плівку чи пергамент. Ґрунт рівномірно розсипаємо тонким шаром на харчовій плівці чи пергаменті, подрібнюючи його. Листя й ґрунт просушуємо на відкритому повітрі впродовж 2–3 днів, періодично перемішуючи їх. Потім розподіляємо їх на дві рівні частини та поміщаємо до обох акваріумів: спершу шар ґрунту, а зверху рівномірно накриваємо його товстим шаром листя. Усе щедро зрошуємо звичайною водою з пульверизатора так, щоб ґрунт і листя увібрали в себе багато вологи й просіли. Назовні скла акваріума робимо помітки рівня ґрунту й листя маркером, записуючи поруч дату початку експерименту. Усі маніпуляції, скільки й чого поміщено до акваріумів, які зміни спостерігались, коли збризкували водою — ретельно записуємо до лабораторного журналу, не забуваючи вказувати дати.



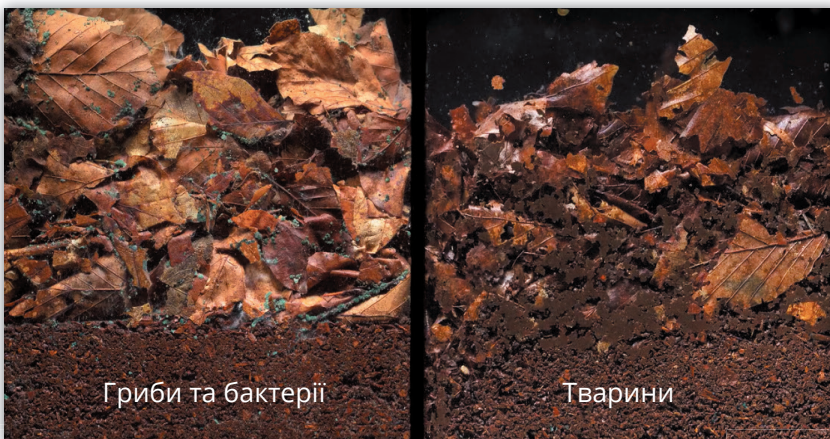
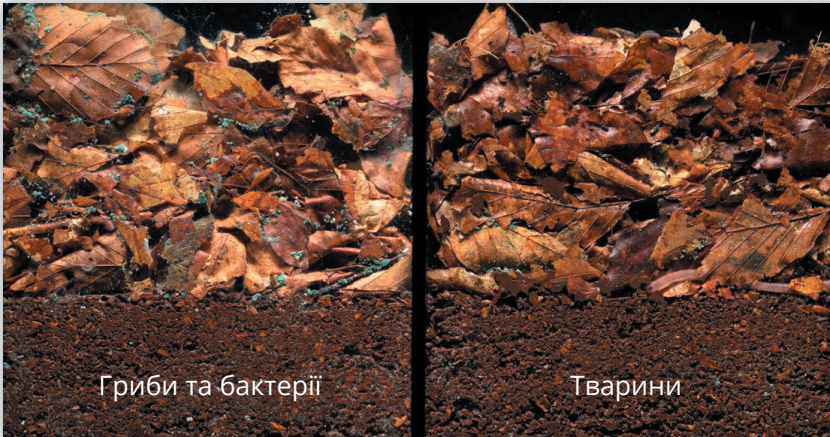
Акваріуми «1» і «2» розміщуємо впритул один до іншого. В акваріум «1» нікого навмисно не підселяємо, оскільки в ґрунті та на опалому листі містяться міриади спор бактерій і грибів, то ж вони проростуть самостійно. А от в акваріум «2» слід поселити тварин. Для цього у вологих місцях, під каменями, пеньками чи іншими лежачими предметами відшуковуємо дощових хробаків, збираючи їх у банки. Зібраних тварин поміщаємо в акваріум «2». Обидва акваріуми накриваємо склом — і з цього моменту наш експеримент розпочався.

На початку експерименту зміни в акваріумах будуть малопомітними неозброєним оком. Тому необхідно здійснювати щоденну відеозйомку впродовж 2–3 годин або й довше. Дуже важливо, щоб камера завжди знаходилась в одному й тому ж положенні. Відеофайли слід називати за днями спостережень, наприклад, «день1», «день2», «день3» ... Наприкінці першого тижня змонтуй усі відео разом у єдиний відеоролик і вистав швидкісний перегляд. Відео розмісти в інтернеті та розповсюдь у соціальних мережах.

Чи є зміни в акваріумах? Гадаю, що ти їх помітиш одразу! Зверни увагу на появу плісняви в акваріумі «1» і її майже цілковиту відсутність в акваріумі «2». Як гадаєш, із чим це може бути пов'язано? Чи змінився рівень листя в акваріумах? Свої міркування записуй до лабораторного журналу, а також запитай своїх друзів

і подруг у соцмережах, що вони думають про це. Хай запропонують власні ідеї стосовно цього явища.

Після першого тижня експерименту підсели в акваріум «2» ще кілька дощових хробаків (нових тварин слід підселити щотижня, оскільки їх розмноження є набагато повільнішим, ніж у грибів і бактерій) і не забувай зволожувати листя кожні 4–5 днів. Воно не має бути сухим, оскільки тварини загинуть від нестачі води.



*Приблизний вигляд акваріумів на початку (згори) й у кінці експерименту (знизу)*

Через місяць змонтуй усі тижневі відео до купи і проглянь у прискореному режимі. Чи помітні зміни? А як змінився рівень листя в обох акваріумах? А як щодо цілісності листків — вони такого ж розміру як були чи менші? Усе занотуй у журнал і прокоментуй на відео.

Експеримент слід завершити до кінця канікул, а тварин випустити у садку чи парку. Що трапилось з листям в обох акваріумах? Як змінився розмір листків та рівень їх шару в акваріумах? І головне питання: хто є більш ефективним у розкладанні мертвої органіки — гриби з бактеріями чи безхребетні тварини? Відповіді на ці запитання будуть настільки очевидними до кінця експерименту, що стане зрозумілим, хто є основним перетворювачем у природі.



Уже майже століття дослідники вивчають, із чого складаються і як працюють екосистеми. Вони ставлять важливе питання про те, що забезпечує стабільність екосистем; якими є межі, коли екосистема може відновитись, а коли уже ні; які «послуги» людина може отримати від них. Усі ці питання неймовірно важливі для виживання людини як виду і частини екосистеми та людської цивілізації як явища. Однією з важливих проблем у всьому цьому є колообіг речовин в екосистемах: як і ким він підтримується і що буде, якщо його порушити. Дослідження виявили, що приблизно половина всієї органічної речовини екосистем — це відмерлі рештки живих істот, які поступово розкладаються, утворюючи ґрунт. Тобто ґрунт є продуктом життєдіяльності екосистеми і водночас потрібен для підтримки колообігу речовин у ній.

Утворення ґрунту відбувається під дією незліченної армії найрізноманітніших істот. Тривалий час визначальними в його утворенні вважалися бактерії та мікроскопічні гриби, хоча майже два століття тому Чарльз Дарвін звернув увагу на важливу роль дощових хробаків у цьому процесі. Сучасні екологи проводять безліч досліджень як у природі, так і в лабораторіях, визначаючи роль різних істот у процесі перероблення органіки й утворенні ґрунту. Хоча бактерії та гриби й вивільняють доступні для рослин солі азоту та фосфору, однак виявилось, що мурашки й терміти це роблять не менш ефективно за мікробів. Те ж стосується дощових хробаків, молюсків, мокриць, ківсяків, жуків, ногохвісток та багатьох-багатьох інших істот. Одна важлива перевага у тварин-перероблювачів мертвої органіки — вони перемішують її, чим ще більше прискорюють розклад, включно з бактеріями та грибами. Тож, роль тварин у колообігу речовин у екосистемах є безсумнівно важливішою, ніж ґрунтових бактерій і грибів. Проте не слід забувати про їхню спільну працю.



*Мокриця (ліворуч), ківсяк (по центру)  
й ногохвістка (праворуч)*



1. Звідки беруться азот і фосфор у мертвих рештках рослин? Тварин?
2. Чому колообіг речовин в екосистемі є запорукою її тривалого існування? Звідки екосистема за потреби може «позичити» необхідні їй речовини?



**М'ЯКУНИ**

## М'якуни лікують

Люди використовують молюсків із терапевтичною метою ще з античних часів. Гіппократу приписують рецепт ліків для гоєння опікових ран шкіри з розчавлених равликів. Знахарі Італії намагались лікувати виразки шлунку слимаками — хворий мусив проковтнути декількох живих слимаків. А з 2010-го року світом шириться «чудодійний молодильний крем», начебто виготовлений зі слизу равликів і слимаків. Разом з цим популярними в косметологічних та спа-салонах стали сеанси «молодильної равликотерапії» з використанням ахатинів — велетенських африканських равликів. М'якунів при цьому розкладають на обличчі й по тілу, вони повзають залишаючи слизовий слід. Пацієнти вірять у те, що цей слиз має молодильні властивості. Хоча реальний терапевтичний ефект від цього є більш, ніж сумнівним, хоча б з тієї причини, що шкіра є непроникною для сполук слизу, особливо білків. А що з цього приводу кажуть доказова медицина й наука?

Слиз ахатинів на 97 % складений з води, а на 3 % з білків та їх комплексів із цукрами, жирами й металами. Важливим компонентом слизу є муцин — суміш різноманітних речовин, що захищає равлика від інфекцій. У лабораторних експериментах муцин знищував широке коло найрізноманітніших бактерій, зокрема патогенних. З цього боку використання ахатинів у «равликотерапії» може мати певний терапевтичний ефект, однак медичні дослідження такого явища відсутні.

Досліджуючи антибактеріальну й антивірусну дію різних біологічно активних речовин, виділених із морських і наземних равликів, учені встановили високу ефективність гемоціаніну — сполуки білка й міді. Гемоціанін є основним пігментом крові м'якунів і, як виявилось, здатен дуже ефективно знищувати різноманітні бактерії. Особливо високий результат продемонстрував гемоціанін, отриманий від морських равликів рапан, який, окрім бактерій, зупиняв розмноження вірусу Епштейна-Барр та вірусу простого герпесу в лабораторних умовах. Такі результати є дуже обнадійливими, адже



*Равликотерапія*

супроти більшості вірусів не існує ефективних ліків. Низка досліджень також продемонстрували наявність протизапальної і протипухлинної дії великої кількості біологічно активних речовин, виокремлених із різних видів равликів. А от із задньозябрового слимака морського зайця (аплизії) вчені виокремили білок доластанін, який уже пройшов успішні доклінічні випробовування як ліки проти раку, зупиняючи ріст пухлин і утворення метастазів.

Окрім цього, учені дослідили білки бісусу («шовку моллюсків») й розробили на їхній основі хірургічний клей, який надзвичайно міцно склеює живі тканини. Цей клей використовують під час операцій для новонароджених дітей, а в перспективі він може замінити хірургічні нитки.



Моллюск морський  
заяць (аплизія)

## Навіжений гребінець

У заростях морської трави зостери від піщаних мілководь і аж до 20-метрових глибин Чорного моря трапляються цікаві двостулкові м'якуни (моллюски) — морські гребінці. Ці тварини вирізняються з-поміж усіх інших двостулкових м'якунів фавни України тим, що здатні плавати. Звичайно, вони далеко не такі спритні плавці, як головоногі м'якуни чи риби, однак така здатність робить їх унікальними у своєму класі. Черепашки морських гребінців вирізняються віялоподібною формою, з численними ребрами на поверхні, дуже тонкими стінками й двома «вухами» при основі: більшим і меншим. Верхня стулка пласка, а нижня — опукла. Потривожений м'якун швидко утікає, різко розкриваючи і закриваючи стулки черепашки. При цьому виникає

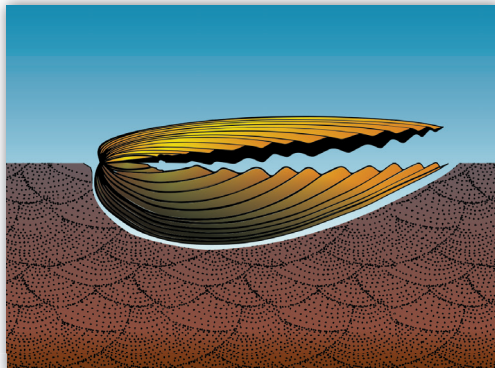


Схема будови мушлі морських  
гребінців у профіль



реактивний потік води, що штовхає тварину вперед. Ще однією особливістю морських гребінців є декілька сотень довгих і коротких мацалець по краю мантиї, якими вона обмацує довколишній простір, визначає потік води, запах і смак. А ще в них є декілька десятків різних за розмірами й складних за будовою очей, що розташовані на окремих ніжках-мацальцях. За цією твариною цікаво поспостерігати як у природі, так і в акваріумі, то ж вирушаймо на дослідження.

Для спостережень нам знадобляться маска для пірнання, дихальна трубка, сачок на довгій ручці, садок для зразків, пластикові відерця з кришками, акваріум на 40–60 літрів із морською водою, лупа, піпетка або довга пластикова соломка, харчовий барвник, морожена артемія, діодовий ліхтарик, дерев'яна паличка (50 см), лабораторний журнал. Звісно, усі свої спостереження записуємо на відео й розміщуємо в інтернеті.

Спершу приготуємо акваріум. На дно шаром 5 см слід засипати дрібний пісок й акуратно залити морську воду. Акваріум слід обладнати фільтром, який перемішуватиме й фільтруватиме воду, насичуючи її киснем. Після того, як акваріум буде готовим прийняти мешканців, рушаємо на пошуки морських гребінців. А пірнальна маска й сачок нам у цьому допоможуть. Гребінців треба шукати на морському мілководді не глибше 1–3 м із піщаним дном і заростями морської трави, хоча вони трапляються значно глибше. Вони не утворюють таких скупчень, як, наприклад, мідії, а поодинокі й непомітно лежать на дні, часто всипані піском. Потурбований м'якун миттю здійснюється з дна і стрибкоподібно утікає.



*Зовнішня (ліворуч) і внутрішня (праворуч) сторони стулки мушлі морського гребінця*

Саме в такий момент їх можна виловити сачком і посадити у садок. Уже на березі м'якунів перекладаємо із садка в пластикові відерця і переносимо в домашній акваріум.



Уважно поспостерігай за морським гребінцем. У стані спокою тварина розмикає стулки черепашок і назовні визирають сотні дрібних мацалець. Зауваж, що вони бувають різних розмірів — довгі та короткі, поспостерігай за ними. Чим він відрізняється їхній рух, як поводяться короткі мацальця, а як довгі? Як таку різницю в поведінці можна пояснити? Зауваж, що між мацальцями подекуди розташовані дрібні чорні або темно-сині очі. Чи є закономірність у розташуванні на тілі довгих та коротких мацалець та очей? Спробуй посвітити ліхтариком в очі морському гребінцю. Як зреагувала тварина на яскраве світло? Як гадаєш, чому це відбулось? Усі свої спостереження занотуй до лабораторного журналу й зніми відео для публікації в інтернеті.



*Очі й мацальця морського гребінця*



Особливістю морських гребінців, що вирізняє їх з-поміж інших двостулкових м'якунів, є утворення їхньою мантиєю численних придатків — мацалець. Вони утворюють дуже складну сенсорну систему цих істот. Цікаво, що нервова система морських гребінців також вирізняється незвичною складністю та централізацією (натомість у більшості двостулкових м'якунів нервова система спрощена через малорухливий спосіб життя й редукцію голови), що забезпечує обробку величезного потоку інформації від органів чуття. До них належать різні типи мацалець та очі. Одні мацальця в морських гребінців розташовані по краю масивної складки мантиї — велюму, всередині черепашки. Інші — на краю мантиї під самими стулками черепашки. Мацальця виконують кілька надзвичайно важливих функцій. По-перше, вони є органами механічного чуття — сприймають найменші вібрації та рух води. По-друге, мацальця містять скупчення хімічних рецепторів і розпізнають смаки й запахи. По-третє, на мацальцях розташовані очі, а де очей немає, то фоторецептори дуже схожі на клітини Геса в кільчастих хробаків. Часто

можна спостерігати, як окремі мацальця видовжуються і підіймаються над черепашкою молюска — тварина, наче «принюхується» і куштує на смак воду довкола. Крім того, вони часто обмацують довколишні предмети, «визначаючи» і «досліджуючи» їхню природу.

А ось очі морських гребінців — це унікальний витвір еволюції, що не трапляється більше в жодних тварин. Їхні очі здатні бачити об'єкти, хоча в них немає кришталика, який міг би фокусувати світлові промені. Процес формування зображення дійсно унікальний: кривизна скловидного тіла, яке заповнює око, направляє світло на параболічну дзеркальну підстилку сітківки, яка водночас відбиває і фокусує зображення на сітківці — шарі світлочутливих рецепторів ока. Більше того, в очі морських гребінців є дві різні сітківки: ближня й дальня. Як вважають вчені, ближня сітківка сприймає нерухомі об'єкти, а дальня — рухомі. При цьому вони ще й сприймають різну інтенсивність світла: ближня — яскраве світло, а дальня — слабе (наприклад, реагує на тінь хижака, що проплив повз). Найцікавіше те, що таких очей може бути від десятка до сотні й більше, і крихітний мозок морського гребінця опрацьовує інформацію отриману від кожного з них, визначаючи, як поводитись: закрити черепашку і зачітись або пливати утікаючи.



Морський гребінець, що заховався під шаром мулу



Будова ока гребінця

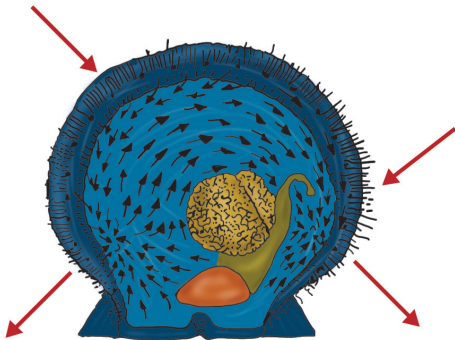


Для того, щоб з'ясувати, як саме живиться морський гребінець, слід приготувати зафарбований харчовим барвником корм. Розморозь невелику порцію артемії і помісти її в концентрований розчин барвника. Через 30 хвилин проціди підфарбовану артемію крізь тканину і поклади її в невелику кількість води. Піпеткою чи пластиковою

соломиною акуратно піднось підфарбовану артемію до при- відкритих стулок черепашки гребінця. Зауваж, у якій частині черепашки відбулось усмоктування їжі. Результати занотуй у лабораторний журнал і зніми спостереження для розміщен- ня в інтернеті.



Морський гребінець — це фільтратор, що живиться найрізноманітнішими дрібними тваринами й органічною суспензією. Але, на відміну від інших двостулкових м'якунів, у морських гребінців немає сифонів — трубчасті утворення молюсків, крізь які рідини потрапляють усередину та виводяться назовні мушлі. Засмоктування ж води відбувається завдяки ритмічним рухам мантиї та в'їчкового епітелію. Слід зазначити, що всмоктування відбувається не всією мантиєю, а лише в декількох місцях. Зокрема вода активно всмоктується з лівого боку черепашки, починаючи з центра отвору й аж до виросту у нижній частинці мушлі — «вуха». Ще одна зона всмоктування розташована поруч правого «вуха» черепашки. А виведення води відбувається біля обох «вух». Усередині черепашки вода також рухається за дуже складною траєкторією. Усмоктана з лівого боку черепашки, вода рухається до лівого «вуха», де вона частково виштовхується назовні, однак, течія розвертається на 180° і колом рухається до правого «вуха». Основне виведення води відбувається саме біля правого «вуха», навіть тієї, що була всмоктана саме тут. Течія води в черепашці проходить крізь зябра, збагачуючи їх киснем. Тут же відбувається відфільтровування часточок їжі, які скеровуються до рота.



*Рух води в тілі морського гребінця: із місць всмоктування (показані ввідними червоними стрілками) вода розтікається тілом заплутаними шляхами (показані короткими чорними стрілками) й, зрештою, вивільняється біля лівого і правого «вух» (показані вивідними червоним стрілками)*



Збираючи гребінців у природі, ми вже зауважили, що вони вміють плавати і рятуються від небезпеки саме втечею. Придивімось ближче до такої поведінки. За допомогою дерев'яної палички торкнись до тварини. Як вона зреагувала на це: закрилася в черепашці чи поплила? Торкнись ще раз до м'якуна. Скільки разів відкрились і закрились стулки черепашки під час перепливання тварини на інше місце? Які з розкриттів і закриттів стулок були сильнішими: перші чи останні? Чим можна пояснити? Чи відрізняється поведінка тварини в спокої та тривозі: рух мацалець, ширина розкриття стулок черепашки, пульсація мантиї? Якщо так, то запиши ці відмінності в лабораторний журнал.



Тварина в стані спокою лежить на дні майже нерухомо, зайнявши зручну позу для фільтрування води. На противагу іншим двостулковим м'якунам, у морських гребінців геть зредукована нога, тому повзати вони не можуть, а їх рух забезпечується унікальною серед двостулкових молюсків здатністю до плавання. Розрізняють декілька основних типів рухової активності в морських гребінців: плавання, стрибки, закопування та зміна пози. Під час плавання молюск набирає воду, розтягуючи велюм (масивну складку мантиї) і різко скорочуючи єдиний у нього, але масивний м'яз-замикач, виштовхує воду біля «вух» черепашки, рухаючись уперед отвором. З боку це виглядає, наче клацання кастаньєтами у іспанському танці фламенко. Однак таке плавання є нетривалим, адже м'яз дуже швидко втомлюється й відстань, яку пропливає тварина, між кожним наступним відкриттям і закриттям стулок черепашки зменшується. При цьому, коли молюск випливає з дна, потік води з мантиї скаламучує осад, що виконує роль своєрідної «димової завіси». Це на якусь мить дезорієнтує потенційного хижака, чого цілком достатньо для втечі.



**1.** Схарактеризуйте процес реагування гребінця на яскраве світло ліхтарика: як світло сприймається оком, де приймається рішення про реакцію, що забезпечує така реакція.

**2.** Які недоліки має схема живлення двостулкового молюска-фільтратора, за якої він всмоктував би і виводив назовні воду по усьому периметру мушлі, а не в окремих місцях, як гребінець?

## Бісус — підводний шовк

Більшість двостулкових м'якунів мають особливу залозу, яка здатна до синтезу дуже тонких і надзвичайно міцних білкових ниток — бісусу. Така нитка на кінці має клейку краплинку, здатну приклеюватися до будь-яких поверхонь. Бісусні нитки зазвичай є в личинок двостулкових м'якунів, а в дорослих вони не утворюються. Проте є види, які й дорослими здатні до синтезу бісусу у великих кількостях. До них належать широко розповсюджена в Чорному морі мідія середземноморська та мешканка рік і Азовського моря дрейсена річкова. Ці м'якуни утворюють величезні колонії, приклеюючись за допомогою бісусу до найрізноманітніших підводних об'єктів: скель, пірсів, паль, затоплених дерев і кущів, гідротехнічних споруд, днищ кораблів тощо. Завдяки бісусу стало можливим створення мідієвих ферм у відкритому морі, адже тварини міцно приклеюються до конструкцій, на яких їх вирощують. А от античний історик і натураліст Геродот описував, що в Давньому Єгипті з бісусу пряли нитки й виготовляли особливу тканину — морський шовк, яким загортали мумії вельмож. Щоправда, його добували не з мідій, а із середземноморського м'якуна — піни (наголос на перший склад) шляхетної. Крафтарство морського шовку збереглося до наших днів в Італії, де поодинокі майстрині все ще прядуть бісус. А сучасна наука пішла далі — вчені, дослідивши білки бісусу, розробили на їхній основі хірургічний клей, що надзвичайно міцно склеює живі тканини. Цей клей використовують під час операцій для новонароджених дітей, а в перспективі він може замінити хірургічні нитки. То ж нумо ближче придивимось до бісусу — незвичного феномену природи.



Мереживо, сплетене з бісусу



Мушля дрейсени річкової

Для спостережень нам знадобляться акваріум на 5–10 літрів із морською (для мідій) або прісною (для дрейсен) водою, маска для пірнання, дихальна трубка, гострий ніж, садок для зразків, пластикові відерця з кришками, лупа, ножиці, дерев'яна зубочистка, пластикова пляшка (2–5 л) із ручкою, лійка, склянка (250 мл), лабораторний журнал. Як завжди, усі свої спостереження записуємо на відео й розміщуємо в інтернеті.

Спершу готуємо акваріум. Його слід ретельно вимити й заповнити водою. Грунт ставити у акваріум не потрібно. Для акваріуму необхідний фільтр, що перемішуватиме і насичуватиме киснем воду. Коли акваріум буде готовим прийняти мешканців, вирушаймо на їхні пошуки. Молюсків слід збирати на мілководді, у місцях, де мідії чи дрейсени утворюють колонії. За допомогою гострого ножа перерізаємо бісусні нитки, якими тварини прикріплюються до субстрату, і складаємо молюсків у садок. На березі тварин слід перенести із садка в пластикові відерця з водою й закрити кришками. Окрім того, на мілководді нашукуємо та збираємо порожні черепашки молюсків, на яких є пучки бісусу. Удома молюсків слід акуратно розкласти поодиноці на дні акваріуму. Тепер усе готове до спостережень.



*Пучок ниток бісусу*



У стані спокою молюски, розкладені на дні, відкриють стулки своїх черепашок, висунувши назовні сифони та краї мантиї. Разом із тим тварини виставлять із черепашки свою довгу вузьку ногу, якою обмацають поверхню довкола й навіть спробують кудись поповзти. Уважно поспостерігай за допомогою лупи за поведінкою ноги молюска, адже саме за її допомогою тварина утворює й розтягує бісусові нитки. Зауваж, як саме та з якою швидкістю молюски утворюватимуть їх. У якій послідовності тварини причіплятимуть бісус до дна акваріуму? Полічи, скільки ниток утворив кожен молюск. Усі спостереження занотуй у свій лабораторний журнал, а також записуй на відео.

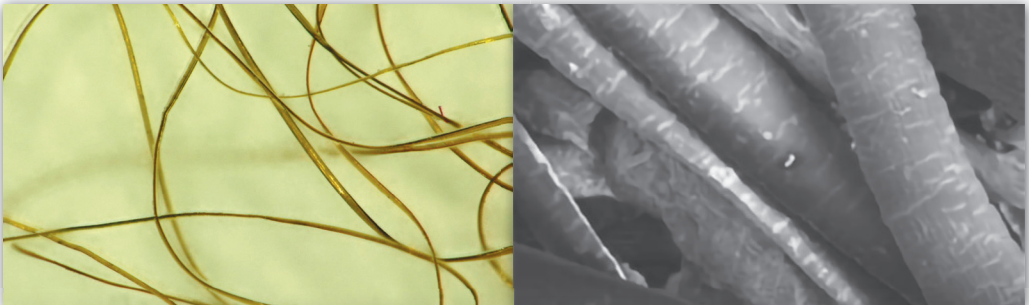


За своєю природою бісус є білковим полімером, що синтезується більшістю двостулкових м'якунів на личинковій стадії життя. Проте деякі групи видів зберігають

здатність до його синтезу впродовж усього життя. Як було сказано вище, бісус дозволяє м'якунам міцно прикріплюватись до підводних поверхонь, міцно утримуючи їх на місці під дією хвиль. Нитки бісусу синтезуються залозами, розміщеними на нозі двостулкового м'якуна. Бісусових залоз — три: стеблова, ниткова та платівкова. Стеблова залоза синтезує товсте бісусове стебло, що розміщується всередині черепашки мідії. Саме з ним з'єднуються бісусові нитки, які синтезує ниткова залоза ноги м'якуна. Платівкова залоза утворює білок платівки, яка приклеює нитку до підводного предмету. Хімічно бісус є подібним на колаген білком, схожим на той, що міститься, наприклад, у людській шкірі, нігтях, волоссі тощо. З цього білка складена нитка бісусу. Платівка побудована з шести різних білків, які називають ноговими білками, оскільки вони синтезуються ногою молюска. Утворення бісусу відбувається завдяки тонкій нозі мідії, яка витягується, знаходить предмет і виділяє на нього рідку суміш платівкових білків. Білки затвердівають, а тоді нога поволі виділяє колагеноподібний білок, тягнучи тонку нитку бісусу від платівки всередину черепашки, де уже є готове стебло. М'якун витрачає на це всього лиш близько 5 хвилин. Цей процес повторюється, аж поки черепашка не буде міцно приклеєна до підводного предмету.



*Мідія, прикріплена до каменю нитками бісусу*



*Нитки бісусу під оптичним (ліворуч) та електронним (праворуч) мікроскопом*





Для цього спостереження-експерименту нам потрібен цілий пучок бісусу, тому ножицями акуратно зістрижи нитки бісусу із зібраних на мілководді черепашок мідій. Частину волокон обережно склади в маленький пучок і почни сукати їх пальцями, скручуючи в тонку нитку. Злегка розтягуй її, не перестаючи сукати. Прив'яжи кінець нитки до зубочистки і продовжуй сукати, докладаючи нові пучки волокон бісусу. В міру подовження нитки, намотуй її на зубочистку. Коли увесь бісус буде використано, розмотай нитку із зубочистки і спробуй її розтягти. Якщо нитка зсукана добре, то вона не розірветься, а буде розтягуватися, оскільки білки бісусу дуже еластичні. Тепер переверни нитку на розрив. Одним кінцем прив'яжи нитку до гачка (наприклад, для рушників чи одєжі), а до другого — порожню пластикову пляшку з ручкою так, щоб вона висіла (знизу під пляшку слід підкласти відро). Поміряй довжину нитки від гачка до ручки пляшки. Тепер крізь лійку вливай до пляшки склянку води. Поміряй довжину нитки. Чи змінилася вона? Знову доливай склянку води й знову поміряй довжину нитки. Доливай воду, поки не буде заповнена пляшка або нитка не обірветься. Зауваж, на скільки розтяглась нитка і яку масу води вона витримала. Усі результати занотуй до лабораторного журналу і зними коротке відео зі своїми коментарями.



Оскільки бісусові нитки призначені для утримання мідій у дуже складному за своєю динамікою середовищі, наприклад, на скелях у зоні прибою, то його міцність повинна бути винятковою. Механічні властивості бісусу полягають у його міцності та еластичності. Як довели численні дослідження, нитки більш еластичні у вологому стані, аніж у висушеному. Дослідження на розрив нитки продемонстрували, що для цього необхідно прикласти тиск від 70 до 150 МПа. Це означає, що якби бісусова нитка мала товщину 1 м, то вона могла б витримати вантаж до 150 т! Звичайно товщина бісусових ниток близько 0,5 мм і площа перерізу приблизно 0,2 мм<sup>2</sup>. За такої товщини одна нитка бісусу, не розриваючись, витримує приблизно від 0,3 до 0,7 кг.



1. Які ще тварини здатні утворювати волокна? Чи відрізняється їх функція від тієї, яку виконує бісус молюсків?

2. Способом, що описаний у експерименті, порівняй міцність бісусових ниток із міцністю текстильних ниток з різних матеріалів (бавовни, шовку, синтетики). Чи є сенс, з огляду на забруднення довкілля, замінити в майбутньому текстильні нитки бісусовими?

### *Беззубки – неvgамовні копачі й фільтратори*

На противагу гребінцям, мідіям і дрейсенам, більшість двостулкових м'якунів ведуть підземний спосіб життя, закопавшись у донний мул. Наприклад, м'якуни морські бритви (бамбукові молюски) закопуються в пісок і мул на глибину до 1 метра, звідки їх не може дістати жоден хижак, а над поверхнею дна вони виставляють лише вхідний та вихідний сифони. Але це радше виняток, а як правило, м'якуни закопуються лише частково або на дуже малу глибину — до кількох сантиметрів. Така особливість дає можливість їм убезпечитися від потенційного хижака, але разом еволюція цих істот призвела до втрати ними багатьох частин тіла, наприклад голови. У ріках та озерах України найчастіше трапляються великі двостулкові молюски — беззубки, або жабурниці. Вони, як годиться, ведуть закопаний спосіб життя, виставивши назовні лише край черепашки та обидва свої сифони. Поспостерігаймо за ними.



*Беззубки*



*М'якун морська бритва*

Для спостережень нам знадобляться акваріум на 5–10 літрів із прісною водою (цілком згодиться той, у якому утримували дрейсен — їх можна утримувати разом), пісок, маска для пірнання,

дихальна трубка, садок для зразків, пластикові відерця з кришками, тонка дерев'яна паличка (30–40 см), харчовий барвник, морозена артемія або циклоп, лабораторний журнал. Як завжди, усі свої спостереження записуємо на відео і розміщуємо в інтернеті.

Спостереження вестимемо як на природі, так і в акваріумі. Акваріум слід підготувати: ретельно вимити, насипати 6–8 мм піску й заповнити водою. Для насичення води киснем та її перемішування, в акваріумі треба встановити фільтр. Після приготування акваріуму відправляємось на пошуки беззубок. Цих м'якунів слід шукати на ділянках ріки зі спокійною течією, мулистим або піщаним дном. Проте найбільше беззубок можна віднайти у старицях — давніх руслах рік, які втратили зв'язок із основним водотоком. Трапляються беззубки на глибині від 0,5 метра й більше, тож на мілководді їх можна буде просто назбирати, не занурюючись у воду, а де глибше — знадобиться пірнальна маска з дихальною трубкою. Зібраних м'якунів складаємо в садок, а на березі перекладаємо їх до пластикових відерець із водою та закриваємо кришками. Слід зібрати 10–15 беззубок. Перше спостереження слід здійснити ще в природних умовах, а решту — в акваріумі.



Візьми п'ять беззубок різного розміру й розклади їх на відстані приблизно 10 см одна від іншої на вільній від рослин ділянці мулистого або піщаного дна біля берега. Засічи час і спостерігай за поведінкою тварин. Скільки знадобилось часу, аби беззубки розкрили свої черепашки і виставили ноги? Які з них, малі чи великі, першими проявили активність? Поспостерігай за тим, як беззубки закопуються в пісок (чи землю). Які з них (великі чи малі) швидше й спритніше це зробили? Тепер візьми найбільшу беззубку й постав на березі на плаский камінь, пеньок чи іншу горизонтальну поверхню. Поспостерігай, як тварина буде поводитись за межами свого середовища існування. Власні спостереження занотуй у лабораторний журнал, а також зніми відео. Запитай своїх подруг і друзів, що в них на думці після побаченого.



Беззубки ведуть донний спосіб життя, майже цілковито закопавшись у мул. У таких прихованих умовах вони забезпечені від більшості хижаків. Хоча це не рятує беззубок від великих донних риб, наприклад, сомів, які легко їх викопують і заковтують, а висока концентрація кислоти в шлунку риб цілковито розчиняє черепашки м'якуна. Однак хижаків,

що можуть уполювати беззубку, не так уже й багато, тому самозакопування — один з елементів стратегії їхнього виживання. М'якун, що з якихось причин опинився на поверхні землі, майже відразу починає зариватись. Він спершу висовує краї мантиї з-під стулок черепашки, а слідом і м'язисту ногу. Нога визначає, де міститься субстрат, опирається на нього і різким рухом розвертає черепашку тупим (переднім) кінцем донизу. Достатньо декількох копальних рухів ногою, щоб м'якун сховався в землі.

Учених завжди цікавило питання: яким чином беззубка, яка не має очей, визначає, що вона не в ґрунті, а на його поверхні? Зрозуміло, що тут важливу роль відіграють і відчуття гравітації (органи рівноваги), і тактильне чуття, і хімічне чуття — більшість розташовані в її ніжці. Однак виявилось, що краї мантиї беззубки містять розсіяні поодинокі клітини-фоторецептори, здатні сприймати світло. За численних наукових експериментів досліджено, що фоторецептори беззубки не чутливі до яскравого світла взагалі, а сигналізують тварині лише про зниження інтенсивності світла (аналогія з дальньою сітківкою ока морського гребінця). Тобто фоторецептори беззубки передають «інформацію» мозку тварини, що вона закопана. Зарившись у ґрунт, беззубка назовні виставляє лише гострий (задній) кінець черепашки із двома сифонами: ввідним і вивідним, які постачають тварині розчинений у воді кисень та їжу і виводять вуглекислий газ та рештки життєдіяльності.



*Процес закопування беззубки*



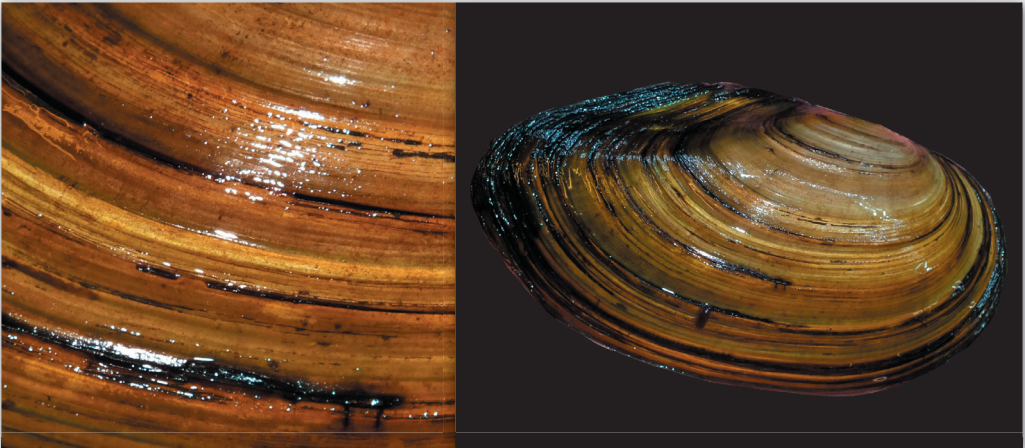
Розглянь уважно черепашку беззубки зовні. Знайди передній (тупий) і задній (гострий) кінці, а також черевний (там де стулки розкриваються) та спинний (місце з'єднання стулок) краї тіла. На спинній стороні знаходиться маківка (верхівка) черепашки — це найстаріша і найтовща її частина,

а край стулок — наймолодша і найтонша. Зверни увагу на забарвлення й текстуру черепашки — вони не однорідні. На її поверхні помітні кільця: одні знаходяться відносно далеко від сусідніх, а інші — майже зливаються між собою. Кожне кільце — це щоденний приріст черепашки. За ними можна визначити вік беззубки, для цього полічи кількість місць, де кільця дуже щільно зібрані до купи. Таким чином встановиш вік тварини в роках. Скільки років беззубці, яку ти розглянув? Порівняй її вік з іншими — більшими і меншими. Чи є залежність між віком і розміром черепашок? Усе ретельно запиши до лабораторного журналу і зроби відео.



Черепашка беззубки має гладку обтічну форму без будь-яких реберець чи виростів, що дозволяє тварині легко закопуватись і зменшувати тертя, спричинене течією річки. Як і в інших двостулкових м'якунів, черепашка беззубки є асиметричною: один її кінець тупий (це передній — тварина ним рухається вперед), а інший — загострений (задній). Черепашка має опуклу форму з маківкою — найстаріша частина. Від маківки рівномірно розходяться тонкі й товсті концентричні кільця, які показують приріст тварини за певний час. Тонкі й широкі кільця — це денний приріст черепашки влітку, а скупчення тонких і вузьких (виглядають, наче грубе кільце) є приростом у холодну пору, здебільшого восени. За кількістю грубих кілець можна визначити вік беззубки в роках.

Обидві стулки черепашки з'єднані на спинній стороні за допомогою еластичної та пружної конхіолінової зв'язки. Ця зв'язка постійно натягнута, таким чином утримуючи стулки м'якуна в напіврозкритому стані. На березі ріки легко віднайти вже порожні черепашки зі з'єднаними разом привідкритими стулками. Тобто для того, щоб відкрити стулки черепашки, беззубці не потрібно прикладати жодних зусиль — вони самі розкриваються завдяки натягу конхіолінової зв'язки. А от щоб закрити й утримувати їх у такому стані, необхідне зусилля, яке забезпечується м'язами-замикачами. Таких у м'якуна два, розташованих біля переднього й заднього кінців. М'язи-замикачі кріпляться до стулок черепашки, тому, розглядаючи внутрішній бік черепашки, добре видно по дві заглибини від м'язів. За їхнім діаметром можна визначити товщину самих м'язів. Будова мушель в усіх двостулкових м'якунів є однаковою, хоча вони дуже різняться за формою, текстурою та забарвленням (порівняй із черепашками мідій, дрейсен чи морських гребінців).



*Мушля беззубки та кільця на ній*

Мушля має три шари: зовнішній органічний, середній призматичний та внутрішній перламутровий. Зовнішній шар містить органічні волокна конхіоліну й пігменти, що надають забарвлення черепашці. Призматичний шар — найтовщий і найміцніший, складається з вапнякових кристалів, які мають форму призм, розташованих вертикально. Перламутровий шар складений із тонких розташованих горизонтально платівчастих вапнякових кристалів, на яких світло зазнає інтерференції, тому перламутровий шар перебивається усіма кольорами веселки. Усі три шари черепашки є продуктом синтезу мантиї: її передній край продукує конхіолін та призматичні кристали вапняку, а вся її поверхня — платівки перламутрового шару.

Багато двостулкових м'якунів можуть утворювати перлини, проте в беззубок це рідкісне явище. Перли утворюються, коли в порожнину між мантиєю та мушлею потрапляє піщинка чи камінець. Якщо м'якуну не вдається позбутись піщинки, то він починає її вкривати шарами перламутру, перетворюючи на коштовну перлину. Цю властивість використовують на перлових фермах, де штучно м'якунам поміщають частинки-зачатки перлів. Увесь процес вирощування перлин залежно від розміру триває 2–7 років.



*Внутрішній перламутровий бік мушлі двостулкового м'якуна і перлини*

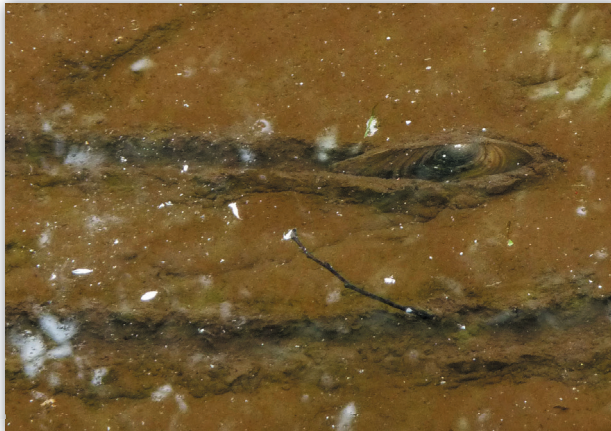


Зі спостережень у природі зрозуміло, що велика мускулиста ніжка беззубки відіграє важливу роль у її житті, дозволяючи закопуватись у донний ґрунт. У спостереженні в акваріумі ми повинні з'ясувати інші важливі елементи поведінки м'якуна. Для цього поскладай усіх наловлених беззубок в одному з кутів акваріума і спостерігай, як вони поводитимуться. Визнач, за який час вони активізувались і скільки часу знадобилось для того, аби закопався в ґрунт перший м'якун й останній. Наступного дня з'ясуй, чи залишилися молюски на тому ж місці, що й минулого разу. Зверни увагу на те, у яких позиціях розташовані черепашки беззубок, яка з їхніх частин знаходиться в ґрунті, а яка над ним.

Візьми дерев'яну паличку й торкнись напіврозкритої мушлі беззубки, поспостерігай за реакцією тварини. Спробуй дуже обережно й неглибоко (щоб не травмувати тварину!) пропхати кінчик палички в щілинку між відкритими стулками черепашки, а коли беззубка закриє їх — спробуй вийняти паличку. Чи легко це дається? Чому? Свої спостереження додай до лабораторного журналу, а весь процес зафільмуй.



Нога у двостулкових м'якунів — це основний орган пересування. В одних вона велика і дуже добре розвинена (серцевидки їстівні), а в інших — слабко (мідії) або й втрачена зовсім (морські гребінці). У беззубки нога має середній ступінь розвитку: вона не надто сильна та й довжина її є невеликою.



*Рівчаки, які лишають за собою беззубки в мулі*

Якщо у звичної в Чорному та Азовському морях серцевидки нога може видовжуватися на 2, а іноді й 3 діаметри всієї черепашки, то в беззубки — лише на один діаметр. За допомогою цього органа м'якуни не лише закопуються, а й регулюють положення свого тіла в просторі й переміщуються на дні, відшукуючи більш сприятливі умови для життя та живлення. Вони віддають перевагу м'якому мулистому або піщаному дну водойм, уникаючи кам'янистих ділянок. Нога, окрім руху, виконує роль дотикового органа, який розпізнає предмети. Активно копаючи, беззубка поволі переміщується, залишаючи за собою ривчачок, за яким легко визначити напрямок руху і навіть швидкість (знаючи час і вихідне місце) тварини. Натрапляючи на кам'янистий ґрунт, тварина розвертається та продовжує копати в іншому напрямку. Це тому, що на мулистих ділянках зазвичай більше різноманітної органіки, якою живляться беззубки, однак тут і більша конкуренція. Тому тварини намагаються розповзтись урізноміч.



Дуже важливо перед початком експерименту вийняти фільтрувальні елементи (губка, біокераміка та інше) з акваріумного фільтра, проте сам фільтр повинен працювати на повну потужність і перемішувати воду. Розморозь в посудині з водою (100 мл) порцію артемії або циклопа й добавь туди небагато харчового барвника. Добре все перемішай і невеликими порціями вилий до акваріума з беззубками. Вода в скляній посудині забарвиться відповідно до кольору барвника. Візьми прозору склянку і зачерпни води з акваріуму — це буде початкова контрольна рідина, з якою ми будемо порівнювати наступні зміни. Занотуй час, коли розпочався експеримент. З інтервалом 2 години порівняй колір води в акваріумі з першою склянкою (перед порівнянням перемішай воду в склянці ложкою чи паличкою). Як змінюється інтенсивність забарвлення води в акваріумі? Скільки часу необхідно, щоб вода в акваріумі знову стала прозорою? Як це можна пояснити і чи є в цьому заслуга беззубок? Спостереження і висновки запиши в лабораторний журнал, зніми і змонтуй відео в прискореному режимі для розміщення в інтернеті.



Беззубки, як і всі двостулкові м'якуни, не здатні до активного полювання, що пов'язано з наявністю в них масивних захисних черепашок, малорухливим і замаскованим способом життя на дні водоймищ. Це все впливає на здатність здобувати собі їжу.



Беззубки еволюціонували шляхом удосконалення фільтрувального способу живлення. Вони поїдають завислі у воді часточки мертвої органіки, бактеріальні й водоростеві суспензії, дрібних раків та хробаків. Усе це беззубки поглинають шляхом усмоктування води через ввідний сифон. Сифонів у двостулкових два: ввідний і вивідний. Ввідний — запомповує воду в мантийну порожнину, а вивідний — вивільняє її назовні. Таким чином, у мантийній порожнині беззубки наявний постійний потік води. Вода тече з ввідного сифона, усіяного численними мацальцями з рецепторами смаку та нюху, у підзяброву порожнину, омиваючи зябра, які і є цідильним апаратом для збирання часточок їжі. Пожива далі спрямовується до рота, а вода — у надзяброву порожнину, згодом виходячи назовні через вивідний сифон. Потік води забезпечується як рухами мантиї, так і неперервним хвилеподібним рухом мікроскопічних ворсинок війчастого епітелію мантиї та зябер. Між клітинами війчастого епітелію містяться залозисті клітини, які ослизнують і склеюють до купи часточки їжі, а війчастий епітелій зябер спрямовує їх до рота.

Травна система беззубки має вигляд трубки, химерно зібраної в декілька петель, вона проходить крізь основу ноги, а також крізь серце м'якуна. У середній частині до кишківника приєднана велика зелена травна залоза — печінка. Анальний отвір відкривається в надзябровій порожнині неподалік від вивідного сифона. Таким чином, неперетравлені рештки їжі виводяться з черепашки разом із потоком води крізь вивідний сифон. Беззубки, як і всі двостулкові м'якуни, є чудовими фільтрувальниками води від завислих часточок, прискорюючи природне очищення води. Вони також є важливим елементом у регулюванні цвітіння водойм — масового розмноження одноклітинних водоростей, яких ці тварини поїдають великими порціями.



*Сифони беззубки*



1. Проаналізуй розміри кілець щоденного приросту мушлі влітку та восени. Коли м'якун росте інтенсивніше? Чим це зумовлено?

2. Висунь гіпотези, що могли б пояснити різний розмір ніг в представників різних видів м'якунів. Обговори їх із вчителькою / вчителем біології та визнач найправдоподібнішу.

3. Як вважаєш, що сталося з харчовим барвником у останньому досліді? Спрогнозуй, які мешканці природної водойми страждатимуть наперво, якщо у воду потрапить токсична речовина. Чим у такій ситуації можуть зарадити м'якуни-фільтратори?

## Виноградний равлик

Виноградний равлик, відомий також за назвою бургундський равлик, є одним із найбільших наземних черевоногих м'якунів у фауні України. Виноградні равлики найчастіше трапляються в листяних лісах на всій території нашої країни. Хоча частіше все ж у лісовій та лісостеповій зонах, а от у степу та горах — значно рідше. Вони можуть замешкувати міські парки, сквери, лісосмуги та сади. Дуже часто виноградного равлика плутають із його найближчими родичами: жовтуватим равликом, строкатим равликом, білуватим равликом. Усі вони схожі між собою і за розмірами, і за формою черепашки, і навіть забарвленням. Проте між ними все ж таки є відмінності в будові, тонкощі яких можуть розрізнити хіба малакологи — учені, які вивчають м'якунів. Ми ж далі будемо вести мову про виноградного равлика в широкому розумінні, пам'ятаючи, що його можна сплутати з іншими видами.

Виноградний равлик значиться в Європейському червоному переліку та охороняється Середовищною Директивою Європейського Союзу, тому їх збирання заборонене. Це пов'язано з тим, що виноградні равлики традиційно вживалися в їжу у Франції, зокрема в Бургундії (звідси й походить назва равлика — його збирали на бургундських виноградниках). Оскільки кулінарна традиція цього регіону розповсюдилась за межі Франції та Європи, то виноградний равлик у багатьох країнах став рідкісним, а в окремих регіонах — вимер.



Виноградний  
(бургундський) равлик

Саме тому загальним світовим трендом є равликові ферми, де вирощують цих м'якунів. На сьогодні, виноградних равликів подають не лише у вишуканих рестораціях, але також у продажі з'явилися консервовані, мариновані, морожені равлики й навіть равликова ікра... Позаяк нас цікавить не кулінарія, а біологія, то пропонуємо придивитись пильніше до виноградних равликів й поекспериментувати з ними.

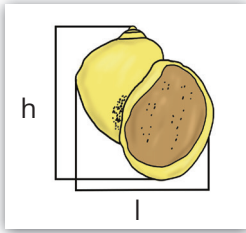
Отож для наших експериментів буде необхідно: скляний тераріум (акваріум) із кришкою на 10 і більше літрів (згодиться й прозорий пластиковий контейнер з кришкою), 2–3 виноградні равлики, пластикове відерце з кришкою, пульверизатор з водою, порожні черепашки виноградних равликів, пісок, свічка, мірна склянка 250–500 мл (цілком згодиться й побутова), кухонна сіль, оцет, лимонна кислота, рідина для миття посуду або рідке мило, пекарські дріжджі, цукор, піпетка, пінцет, морква, капуста, 9-вольтова батарейка, 2 метри неізолюваного мідного дроту, ізоляційна стрічка, діодовий ліхтарик, лупа з 5-кратним збільшенням, паперові рушники, штангенциркуль, плоскогубці, дерев'яна паличка (30–40 см), пара латексових рукавичок, лабораторний журнал. Усі спостереження й експерименти слід зафіксувати та розмістити в інтернеті.

Спершу слід підготувати тераріум: ретельно вимити й просушити, ґрунту класти не потрібно, оскільки це ускладнить догляд. Коли все готове, можна вирушати на пошуки виноградних равликів. Найкращий час для пошуків — ранок після дощу. У цей період виноградні равлики найбільш активні. Їх можна надібати на лісових дорогах і стежинах, у лісових ярах та балках. Зібраних равликів слід помістити у відеречко з кришкою. Також збирай порожні черепашки равликів (10–20 шт.). Випусти равликів у тераріум і побризкай їх водою з пульверизатора.



Розглянь уважно черепашку виноградного равлика. Зауваж його форму, кількість завитків і напрямок цих завитків (ліво- чи правосторонній). Зверни увагу на форму устя — входу до черепашки. Визнач об'єм черепашки. Для цього вимірй за допомогою штангенциркуля чи лінійки відстань від краю устя до краю першої повної завитки (величина  $l$ ). Далі вимірй висоту черепашки: від краю устя до верхівки (величина  $h$ ). Підстав дані у формулу ( $\pi = 3,14$ ):

$$V = \frac{1}{3} \pi \left(\frac{l}{2}\right)^2 h$$



Це формула призначена для визначення об'єму конуса, тому дає лише наближене значення об'єму черепашки. А тепер перевірмо, наскільки точно розрахунковий об'єм відповідає справжньому. Для цього наповни порожню черепашку піском, а отвір ретельно залий розплавленим парафіном від свічки. Набери в мірну склянку 150 мл води

(якщо склянка широка, то доведеться набрати більше — рівень води в склянці повинен бути не меншим, аніж висота черепашки) і зроби маркером позначку на склянці. Тепер опусти черепашку до склянки з водою, щоб вона цілком потонула й відзнач маркером новий рівень води в склянці. Різниця між цими двома рівнями й буде справжнім об'ємом черепашки. Однак зауваж, що формула дає значення в сантиметрах кубічних, а мірна склянка — у мілілітрах. Утім, ці одиниці виміру рівні. Чи є різниця між розрахунковим і справжнім об'ємами черепашки? Чи суттєво вони відрізняються? Як гадаєш, чи можна користуватись формулою об'єму конуса для визначення приблизного об'єму черепашок равликів?

Зверни увагу на те, що черепашка вкрита поперечними кільцями — це денний приріст равлика. Розглянь їх за допомогою лупи. Одні кільця пласкі й відносно широкі, а от інші дуже вузькі, зібрані до купи й утворюють заглиблений рівчак. Останні належать до осіннього приросту, коли холодно й мало їжі, а равлик готується до зимового стану спокою (анабіозу). Полічи глибокі вузькі кільця — це буде вік равлика. Загляньмо усередину черепашки — за допомогою плоскогубців акуратно зруйнуй стінки порожньої черепашки з одного боку. Зверни увагу на стовпчик — вісь черепашки, довкола якої нарастають завитки. Усі спостереження й думки занотуй у лабораторний журнал.



*Черепашка виноградного равлика ззовні*



*Переріз через черепашку виноградного равлика*



Черепашка виноградового равлика, у першому наближенні, має кулясту форму, проте за детального її розглядання стає зрозуміло, що це дуже широкий і низький спіральний конус. У мушлі, як правило, п'ять завитків, закручених у правий бік, а от лівобічні завитки трапляються зрідка. Поверхня гладенька, без жодних виростів і зовнішніх утворів. Черепашка виноградового равлика є суцільним утворенням із одним єдиним отвором — устям, крізь яке тварина висоує своє тіло. Усередині «хатинка» — це довгий спіральний канал для тіла м'якуна, порожнистий, без жодних перегородок. Черепашка закручена довкола центральної осі — стовпчика, який зазвичай також порожнистий усередині, хоча може бути складеним із кількох різних за розмірами відокремлених камер. Вхід до порожнини стовпчика знаходиться поруч із устям черепашки. Як і мушля двостулкових м'якунів, черепашка червононогих складена з трьох шарів: зовнішнього органічного конхіолінового, середнього призматичного й внутрішнього перламутрового. Перламутровий шар у наземних червононогих м'якунів, зокрема й у виноградового равлика, розвинений слабо і є дуже тоненьким. На противагу їм, у морських червононогих перламутровий шар може бути дуже товстим і мати гарний відтінок. Наростання черепашки відбувається так само, як і мушлі у двостулкових м'якунів, — мантия на краю устя утворює спершу конхіолін, далі на його основі нарощує призматичний шар, а відтак — перламутровий. Ріст виноградового равлика відбувається періодично, залежно від температури й наявності їжі, залишаючи поперечні кільця на черепашці. Тонкі кільця — денний приріст, а скупчення вузьких — осінній. За кількістю таких скупчень і встановлюють вік равликів. Виноградів равлики можуть прожити до 20-ти років у неволі, а в природі не більше 8–10 років. У неволі був зафіксований равлик-довгожитель, вік якого становив 35 років! При цьому статевої зрілості виноградові равлики досягають у 3–5 років.



*Вигляд поверхні черепашки зблизька*



Поспостерігай за поведінкою виноградних равликів у тераріумі. Зверни увагу на їхні чотири мацальця: на двох довших містяться очі, а коротші виконують роль органів смаку й нюху. Спробуй легенько, щоб не зашкодити тварині, доторкнутись паличкою до котрогось із них. Як тварина зреагувала на подразнення? А тепер обережно короткочасно посвіти ліхтариком на довгі мацальця. Чи є реакція з боку равлика? Зверни увагу на те, як равлик рухається: під шкірою видно скорочення м'язів ноги. Опиши цей рух. Усі спостереження внеси до лабораторного журналу й не забувай фільмувати.



*Мацальця равлика*

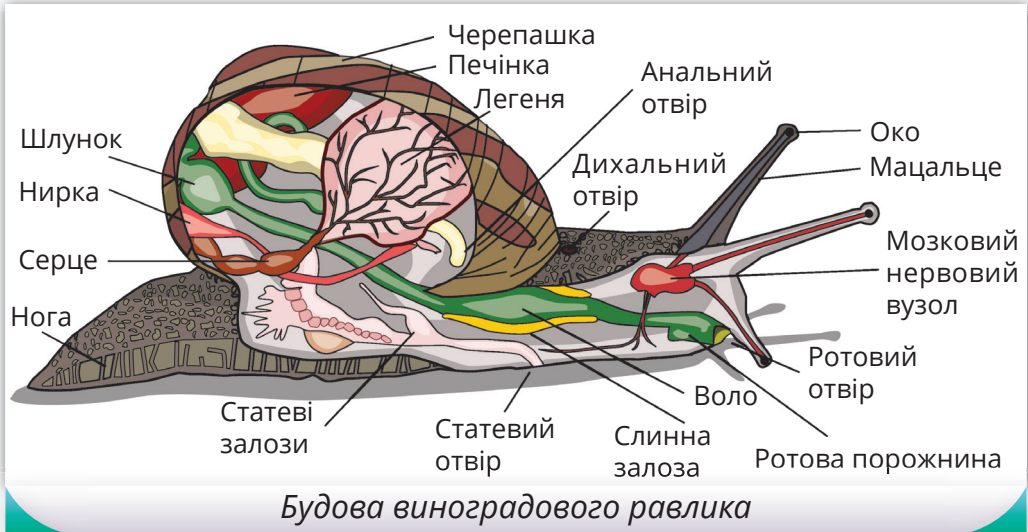


Тіло виноградного равлика поділене на дві відмінні частини: мішок із внутрішніми органами та м'язисту ногу з головою. Органовий мішок завжди знаходиться в черепашці, він закрученої форми й огорнений мантиєю. У ньому містяться усі системи органів: травна, кровносна, видільна й статева. М'язи органового мішка розвинені вкрай слабо і представлені здебільшого гладенькими, хоча вздовж стовпчика черепашки розташовуються окремі пучки стовпчикових м'язів, які міцно з'єднують тіло равлика із його хатинкою. Стовпчикові м'язи — це аналог м'язів-замикачів у двостулкових м'якунів. А от дихальна система — легеня — є утворенням мантиї і не входить до органового мішка. Нервова система равлика складена з кількох окремих вузлів, що містяться в голові та нозі.

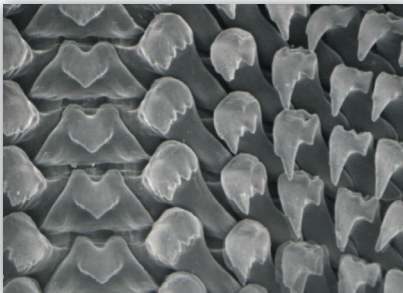
Нога й голова виноградного равлика плавно переходять одна в іншу й розташовані в тій самій площині. За своїм об'ємом вони в рази більші за органовий мішок і складені лише зі м'язів. Голова розташована на передньому кінці тіла й містить дві пари мацалець: верхні, довші, несуть очі, а нижні, коротші, відповідають за нюх і смак. На нижньому боці голови розміщений рот, частиною якого є радула, або тертка, — язик равлика,



*Радула (оранжева тертка по центру)*



усіяний тисячами хітинових зубів. Тертка виноградового равлика здатна розгризати різні за твердістю рослинні тканини. Тварина здійснює радулою рухи лизання, відділяючи дрібні частинки їжі від цілого шматка. Таким чином виноградовий равлик дуже швидко й ефективно поїдає їжу.



*Зубчики радули при дуже великому збільшенні*

Нога равлика є наймасивнішим органом тіла, складеним із поділених на сегменти (метамерних) м'язів, які по чергову скорочуються під час руху. Цей процес найкраще спостерігати, коли тварина повзе на склі. Скорочення м'язів відбувається хвилеподібно від кінця ноги до голови, штовхаючи тварину вперед. Тобто після скорочення першої пари м'язів з кінця, скорочується друга пара, а перша — розслаблюється, далі скорочується третя пара, а друга розслаблюється, і так до кінця ноги. Через кілька секунд розслаблення перша пара м'язів знову скорочується. Одночасно на нозі виноградового равлика можна спостерігати до десятка хвиль скорочення. Чим швидше тварина рухається, тим більше таких хвиль.



За день до початку експерименту підготуй розчин пекарських дріжджів: дві чайні ложки цукру розчини в половині склянки води та додай пів чайної ложки

дріжджів. Розчин постав у тепле місце, щоб дріжджі почали бродити. Наступного дня помий і наріж кільцями морквину. У кожному кільці зроби невелику ямку (не дірку!) посередині. Підготуй в окремих склянках розчини кухонної солі та цукру, а до третьої вливай кілька ложок оцту. По 3 нарізані кільця моркви (всього 12) на 30 хвилин замочи в кожному з розчинів, включно з дріжджовим.



*Хвилі руху на нижній поверхні ноги виногородового равлика*

Пінцетом вийми вимочені кільця моркви та запропонує їм равликам. В одному кінці тераріума постав поруч 3 кільця, вимочені в кухонній солі, неподалік — у оцті. А на протилежному кінці — групу кілець із дріжджового розчину, поряд — у цукровому. Кільця став вирізаними ямками вгору. Піпеткою в кожену ямку накрапай того розчину, у якому вимочувалась морква. Для контролю в тераріум на однаковій відстані від усіх інших кілець, поклади три кільця просто свіжої моркви. Помісти в центр тераріума одного чи кількох равликів і почни спостерігати. Дослід треба повторити декілька разів у різних комбінаціях, наприклад, контроль та морква із дріжджами; контроль та морква із оцтом тощо. Які із запропонованих кілець моркви равлики їли, а які — ні? Як можна пояснити отримані результати? Усі подробиці експерименту запиши в лабораторний журнал, а сам дослід зафілюй і опублікуй в інтернеті.



Органи смаку та нюху у виногородового равлика сконцентровані на нижній (коротшій) парі мацалець голови. Поверхня мацалець усяяна різноманітними хімічними рецепторами, які сприймають дуже широкий спектр запахів і смаків. За допомогою них равлик визначає джерело їжі, її придатність та смак. Рухаючи ними вгору-вниз, тварина вловлює молекули різноманітних речовин, що розносяться повітрям, визначає сам запах, напрямок до нього й навіть відстань до його джерела. В експериментах на відкритому повітрі встановлено, що виногородів равлики відчувають запах їжі на відстані близько півметра. Уловивши запах, равлик повзе в його напрямку, періодично підіймаючи передню частину тіла над ґрунтом, наче приношується. Хоча виногородів равлики вважаються рослиноїдними,





солону та зброджену їжу. У більшості випадків тварини обирають зброджену, солодку та кислу, рідше свіжу і майже ніколи — солону.



Підготуй в окремих склянках розчини кухонної солі, а також лимонної кислоти: 3 чайні ложки кристалів на чверть склянки води. Від паперового рушника відріж дві смужки шириною 5 см. Постели їх на дно тераріума на відстані 15 см одна від іншої. За допомогою піпетки змочи ці смужки розчином кухонної солі так, щоб вони стали мокрими. Тепер між смужками постав виноградного равлика і спостерігай за реакцією тварини, коли вона виповзе на солону смужку. Так само дослід повтори із лимонною кислотою та рідиною для миття посуду (рідким милом). Як тварина реагувала на кожен із хімічних речовин? Де реакція була бурхливішою і як це проявлялося? Які висновки з цього можна зробити? Усі спостереження й міркування запиши до лабораторного журналу й зніми відео.



Попри те, що хімічні рецептори (запах і смак) сконцентровані на нижніх мацальцях виноградного равлика, вони також наявні на всьому тілі м'якуна, зокрема й на носі. Окрім цього, нога багата на нервові закінчення, які є рецепторами дотику й болю. Дія різних хімічних речовин на нічим не захищену тонку й вологу шкіру тварини викликає подразнення рецепторів. Причому різні подразники сприймаються по-різному, і відповідь на них є різною. Одні подразники викликають скорочення тіла у відповідь, а інші, наприклад, хімічні, — сильне ослизнення й утворення піни. Це пов'язано з тим, що равлик намагається великою кількістю слизу змити хімічний подразник. Особливо сильне подразнення викликає мило (пригадай відчуття, коли воно потрапляє в очі), у зв'язку

з чим реакція равлика є надзвичайно бурхливою — виділяється велика кількість слизу, піни, а сама тварина рефлекторно ховається в черепашку.



1. Чому у неволі виноградний равлик живе довше, ніж у дикій природі? Чи справедлива така закономірність для інших тварин?

2. Дізнайся навіщо овочі солять на зиму і спробуй пояснити, з огляду на причину появи збродженого чи кислого смаку, чому равлики гребують солоною їжею.

## З лопатою за скам'янілостями

М'якуни є надзвичайно давньою групою тварин на Землі. Перші достовірні знахідки викопаних м'якунів датовані кембрійським періодом — понад півмільярда років тому. Однак учені припускають, що ці тварини є значно старішими, адже їх предки були схожими на кільчастих хробаків (м'якуни й кільчасті хробаки — найближчі родичі у тваринному світі) без черепашок, мушель чи інших скелетних утворень, а м'які тканини, як відомо, дуже зрідка зберігаються в землі. Саме тому безпосередніх викопаних решток безчерепашкових м'якунів немає. Але слід зазначити, що в палеонтологічних колекція багатьох музеїв та університетів світу зберігаються рідкісні відбитки м'якотілих істот, яких досі не вдалось класифікувати. Можливо з-поміж них криються найдавніші предки всіх сучасних м'якунів. Та попри це на теренах України є безліч місць виходу на денну поверхню давніх морських порід наповнених міриадами скам'янілих залишків м'якунів. Переважно це відкладення крейдового періоду (давністю 65–100 млн років), на які можна натрапити майже повсюдно: від крейдових схилів над Осколом на Слобожанщині, до верховин Кримських гір і до Вулканічних Карпат. Проте подекуди можна знайти й рештки інших часів. Наприклад, на Поділлі розповсюджені скелі і товтри міоценового періоду (давністю 5–20 млн років); на Донецькому кряжі — кам'яновугільного періоду (300–360 млн років тому); у Дністровському каньйоні — девонського періоду (360–420 млн років) тощо. Що ж, дізнайся, де в найближчих околицях на поверхню виходять вапняки, і гайда копати скам'янілості!



*Набір інструментів професійного палеонтолога  
 1 – велике долото, 2 – рація, 3 – GPS-навігатор,  
 4 – скельний молоток, 5 – дрібні долота, 6 – пензлик,  
 7 – швейцарський ніж, ложка і виделка, 8 – клей,  
 9 – маркери і мішечки для зразків, 10 – рулетка*

Для пошуків і видобування скам'янілостей знадобляться пара робітничих рукавичок, каска або роверовий шолом, пластикові окуляри, наколінники, молоток для каменів, долото, дротяна щіточка, набір великих і малих пензликів, пакувальний папір, коробки та сумка або наплічник для зразків, клей ПВА, водостійкий маркер, польовий щоденник. Уперед, у експедицію!



Уважно оглянь відшарування гірських порід на наявність у них вапняків. Вони зазвичай білого кольору з можливими відтінками від сірого до жовтого. Щоб переконатися, що перед тобою саме вапняк, а не, наприклад, гіпс, лийни на нього оцтовою або лимонною кислотами. Якщо відбувається реакція з виділенням бульбашок газу, це вапняк. Отже, у цьому місці можна шукати скам'янілих м'якунів. Найчастіше, це не складає жодних труднощів, адже мушлі двостулкових м'якунів є звичайними у вапняках. Дуже часто

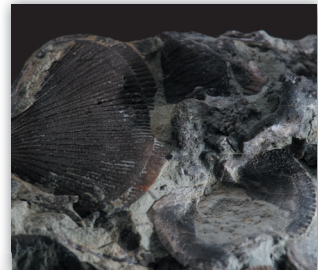
черепашки просто лежать уже відділені природними силами від породи, тому їх можна просто позбирати. Якщо ж черепашка міцно з'єднана з породою, то її можна відколоти за допомогою загостреного кінця молотка для каменів або за допомогою долота й молотка. Працюй обережно, щоб не покалічитись, в рукавичках, касці і пластикових окулярах. Кожен зібраний зразок загортай у пакувальний папір і складай у коробки.



*Вапнякова скеля*

Завжди методично й ретельно оглядай відшарування порід. На окремих поверхнях оголень чи у товщах шарів можна надбати скам'янілі залишки дуже цікавих м'якунів: черепашки вимерлих головоногих белемнітів та амонітів, а іноді й морських равликів. Їхні черепашки, як правило, великих розмірів. Черепашки белемнітів мають вигляд довгих конусів із порожниною всередині, а ось в амонітів вони закручені в пласку спіраль.

Часом можна натрапити на велетенських амонітів, черепашка яких сягає метра й більше в діаметрі. Черепашки морських равликів мають вигляд конічної спіралі, як і сучасні, часто з різноманітними чудернацькими виростами.



*Скам'янілі черепашки белемніту (ліворуч), амонітів (по центру) і мушлі морських гребінців (праворуч)*

Окрім решток м'якунів, можна знайти скам'янілі губки, корали, морські їжаки, морські зірки, ходи різноманітних хробаків, зуби акул, плезіозаврів і навіть відбитки риб та іхтіозаврів, але це вже зовсім інша історія. Усі експедиційні вилазки, їх дати, погоду, місця та знахідки акуратно задокументуй у польовому щоденнику. Зроби відео про свої пошуки скам'янілостей і розмісти його в інтернеті.

Удома акуратно очисти зразки від зайвої породи за допомогою дротяної щітки і пензлика. Зібраний зразок необхідно убезпечити від руйнування, пов'язаного з перепадами температури і вологості повітря. Професійні палеонтологи для цього використовують паралоїд — ацетоновий розчин акрилу, який до того ж є токсичним. Ми скористаємося клеєм ПВА — водним розчином полівініл-ацетату, який має дуже схожі до паралоїду властивості. Отож, широким пензликом рівномірно і дуже тонким шаром нанеси ПВА на очищений і підготовлений зразок. Після висихання, клей утворить дуже тонку прозору полімерну плівку, яка захистить зразок від руйнування і негативного впливу середовища. Знизу зразка маркером розбірливо напиши дату й місце його знайдення, а також своє прізвище — це важливо для подальшого впорядкування колекції та визначення зразків.

Визначення видів скам'янілих м'якунів має свої особливості, тому, щоб його опанувати, слід прочитати велику кількість літератури. На початках звернись до найближчого краєзнавчого або природознавчого музею, де тобі підкажуть, що та як треба робити. У соціальних мережах є безліч різноманітних груп, де любителі й професіонали-палеонтологи обговорюють та допомагають визначати викопних істот. Тут же можна виставити свої фото, відео, домовитись про спільні експедиції й обміняти колекційними зразками.



1. Чому черепашки молюсків добре зберігаються протягом мільйонів років, а м'які частини тіла ні?
2. Дізнайся у вчителя / вчительки хімії, що за бульбашки газу виділяються з вапняка під час обробки його кислотою. Перевір, чи виділятимуться вони за дії кислоти на скам'янілу черепашку. Про що це свідчить?

# РАКОПОДІБНІ



## Ракоподібні лікують

Використання ракоподібних у народній медицині на європейському континенті практично не стало традицією. Однак у багатьох тропічних країнах їх широко застосовували як лікарські засоби, а подекуди й досі використовують у знахарстві. Наприклад, в африканських країнах Танзанії та Кенії дуплового краба застосовували для запобігання проблем із вагітністю, а в Єгипті — для боротьби з безпліддям. У Непалі з товчених карапаксів гімалайського краба досі виготовляють знахарські порошки для подолання дизентерії, а з норového краба — для покращення пам'яті. В Індії відварами з раків знахарі намагаються лікувати жовтяницю та інші гепатити, а попелом зі спалених раків — астму. Мангрових крабів у Південній Америці шамани застосовують для подолання епілепсії.



*Мангровий краб*



*Гімалайський краб*

У сучасній доказовій медицині використовується декілька продуктів, отриманих від ракоподібних, із доведеною ефективною дією. До таких належить, зокрема, хітозан — біополімер, отриманий із хітинових карапаксів крабів і креветок. З 2003 року хітозан використовується як кровоспинний препарат у пов'язках, головно, у військовій медицині. Ця речовина, як виявилось, зумовлює миттєве згортання крові й зупинку кровотеч. У найзапекліші часи воєнних дій на Донбасі саме завдяки хітозановим кровоспинним пов'язкам було врятовано сотні українських солдатів.

Сьогодні в медицину входить нове покоління кровоспинних препаратів — хітозанові спреї та пінки зі ще вищою ефективністю, ніж пов'язки. Окрім того, хітозан має ще й антибактеріальну дію й одночасно є антисептиком.

## Суходільні раки, або як живуть мокриці

Мокриці — одні з найрозповсюдженіших суходільних рівноногих раків. Рівноногими їх називають тому, що всі їхні кінцівки мають однакову форму й будову. Знайти мокриць дуже просто: варто підняти плаский камінь чи заглянути під кору гнилого дерева. Ці дрібні й схожі на панцерники істоти завжди намагаються розбігтись урізнобіч, а в разі небезпеки можуть і згорнутися в кульку, підставляючи хижаків тверді броньовані хітинові пластинки. Активні вони вночі, коли виходять зі своїх сховків у пошуках їжі — гнилої рослинної органіки та грибів. Мокриці належать до ґрун-тотвірної фавни й беруть участь у колообізі вуглецю. Нумо ближче придивимось до цих непересічних істот.



Зовнішній вигляд мокриці зі спинного та черевного боків

Для наших спостережень й експериментів необхідними будуть великий пластиковий контейнер 20×30 см, паперові рушники, пульверизатор із водою, кухонна сіль, лимонна кислота, харчова сода, настільна лампа, пластикове відерце чи скляна банка, десяток мокриць, пара латексових рукавичок та лабораторний журнал. Як завжди, експерименти фіксуємо на відеокамеру та публікуємо в інтернеті та в соціальних мережах.

Контейнер слід ретельно вимити й просушити. У ньому ми проведитимемо наші експерименти та спостереження. Однак, перш за все, потрібно наловити мокриць. Це легко зробити, позазиравши під пласке каміння, повалені колоди, відсталу гнилу кору, де волого і де є можливість сховку для цих цікавих тварин. Мокриць слід зібрати до пластикового відерця, попередньо додавши туди



трошки ґрунту чи лісової підстилки. Після того, як мокриць зібрано, можна розпочати експерименти.



Упоперек дна контейнера накресли маркером лінію, розділивши його навпіл. На одній половині розстели змочені водою паперові рушники, а на іншій — сухі. Рушники мають щільно прилягати до дна і стінок контейнера, а також один до одного. Розклади по 5 мокриць на вологих та сухих рушниках і спостерігай за їхньою поведінкою. Як поведуться тварини? Куди вони змістилися: на сухі чи на мокрі рушники? Як пояснити їхню поведінку? Зафільмуй експеримент і розмісти його в інтернеті. Спостереження й міркування занотуй до лабораторного журналу.



Назва «мокриці» говорить сама за себе. Ці тварини замешкують вологі й мокрі оселища. Якщо інші раки дихають за допомогою зябер, то мокриці їх не мають. Проте на кожній ніжці в них є численні складочки, котрі виконують ту саму функцію, що й зябра. Кисень, що розчиняється у водній плівці на поверхні складочок, проникає крізь їхню тонку шкіру та зв'язується з гемоціаніном — кров'яним пігментом мокриць. Так він потрапляє до гемолімфи — крові мокриць. Збагачена киснем гемолімфа із судин виливається в порожнину тіла, омиваючи усі органи, адже кровоносна система цих тварин є незамкненою. Тут кисень поглинається і виділяється вуглекислий газ. Гемолімфа в порожнині тіла рухається від голови хвоста, де всмоктується судинами, що ведуть до спинної аорти. Усмоктування відбувається завдяки серцям мокриці, які працюють, наче помпи. Від сердець гемолімфа доставляється до складочок на ніжках, і цикл повторюється. Саме тому достатня кількість води в середовищі є життєво необхідною для мокриць, адже без води вони висихають і просто задихаються. У природі в часи посухи мокриці ховаються щонайглибше в найрізноманітніші шпаринки ґрунту або в гнілі пеньки, де очікують на дощ.



*У випадку небезпеки мокриці згортаються в захищений панциром зусібіч клубок*



В окремих склянках приготуй розчини кухонної солі, лимонної кислоти та соди: додай 1 чайну ложку сухих кристалів на склянку (200 мл) теплої води. Кожен із цих розчинів знадобиться в окремому досліді, які слід проводити по черзі. Після кожного досліді слід ретельно вимити контейнер. Дно контейнера застеляємо сухими паперовими рушниками й з одного боку змочуємо розчином кухонної солі. Мокриць розташовуємо на сухій частині контейнера і спостерігаємо за їхньою поведінкою. Наступний дослід так само проводимо з розчином лимонної кислоти, а потім — із розчином соди. Якою була поведінка мокриць у кожному з дослідів? Чи відрізнялась вона? Чи активно мокриці перелазили на рушники, зволожені різними розчинами? У кому разі це відбувалось частіше, а в якому навпаки? Як гадаєш, чому? Усі міркування запиши в лабораторний журнал. Зніми короткий ролик про поведінку мокриць в різних хімічних (солоне, кисле, лужне) середовищах.



Мокриці вміють розрізняти смаки й запахи. Основним органом хімічного чуття тварин є вусики, якими вони обмацують кожний предмет та шлях перед собою. На члениках вусиків розміщуються численні рецептори, що дають змогу розпізнати, у якому середовищі перебуває тварина, чи їстівний об'єкт перед нею, а також знайти інших мокриць свого виду. Дуже цікавими є дослідження, які виявили, що на другому членику вусиків мокриць розташований змішаний нюхово-смаковий орган, який дозволяє розпізнавати смаки й запахи. А найдивовижнішим є те, що саме цей орган відповідає за спілкування окремих мокриць й розпізнавання своїх.

Як вважають дослідники, у мокриць примітивна соціальна поведінка, адже найчастіше самиці й самці спільно виношують і годують своїх дитинчат. Для цього їм необхідно розпізнавати власних і чужих малюків, обмінюватись інформацією та спілкуватись за допомогою хімічних речовин. Дослідники використали методи молекулярної біології з метою вивчення наявності в них усіх можливих хімічних рецепторів. Учені виявили три десятки



*Вусики мокриць — важливий орган чуття*

відмінних рецепторів, які можуть розпізнавати різні речовини: іони металів і солей, кислоти, діаміни, альдегіди та інші сполуки. Водночас у мокриць не знайдені властиві комахам нюхові рецептори, з чого дослідники зробили висновок, що вони не здатні сприймати запахи з повітря, а лише під час контакту вусиків із предметом.



Дно контейнера застели зволоженим паперовим рушником. Половину контейнера накрій картонним аркушем або щільною тканиною, а іншу яскраво освіти за допомогою настільної лампи. На освітлену частину контейнера поклади 10 мокриць і поспостерігай за їхньою поведінкою. Чи залишились мокриці на освітленій частині? Чому вони так поведуться? Експеримент повтори із сухими рушниками. Чи змінилась поведінка тварин (порівняно з вологими рушниками)? Повтори експеримент із половиною сухих і мокрих рушників, почергово затінюючи то сухі, то мокрі. Як поведуться тварини? Усі думки та результати запиши в лабораторний журнал, а також зніми відео.



Органами сприйняття світла в мокриць є очі. По обидві сторони голови вони мають пару складних фасеткових очей. Зір у мокриць далеко не гострий: їхні очі розрізняють предмети, світло й тінь, а також два кольори. Мокриці ведуть сутінковий та нічний способи життя, а день проводять у найрізноманітніших сховках. Сприйняття світла ними є сигналом до добової поведінки: яскраве світло сповіщає їм, що слід сховатись, а темрява — час вирушати на пошуки їжі. Удень, коли яскраво сяє сонце, а надворі спекотно, мокриця може висохнути й загинути, тому яскраве світло сигналізує про можливу небезпеку й необхідність заховатися. Уночі ж світла мало, а вологість повітря висока. Це знак мокрицям, що можна безпечно вийти зі свого сховку. Дослідження сітківки у різних мокриць показали, що в них переважно два світлочутливі пігменти. Один із пігментів сприймає ультрафіолетове світло, а інший — лише зелене. Цікаво, що в різні пори доби діють один або інші пігменти. Зокрема вночі найвищою є активність пігменту, здатного уловлювати зелене світло, а вдень — того, що сприймає ультрафіолет (ця довжина хвилі світла



*Голова мокриці зі складними фасетковими очима*

недоступна людському оку). Таким чином, ночі для мокриць забарвлені в зелений колір, а дні мають яскравий спектр від фіолетового до лимонно-жовтого кольорів.



**1.** Чому дихальні складки в мокриць розташовані саме на ногах? Які недоліки їх розташування на головогрудях, черевній стороні черевця чи хвості?

**2.** У добре провітрюваному приміщенні проведи дослідження й порівняй реакцію мокриць на вологі паперові рушники, змочені лимонною кислотою, що немає запаху, та оцтом з їдким ароматом. Чи підтверджують результати експерименту відсутність нюхового сприйняття в мокриць? Чому ти так вважаєш?

## Водяна блоха



*Гіллястовусі раки*

В усіх водоймах України — від альпійських озер Карпатських гір до гіперсолоних озер степового Криму — у величезних кількостях трапляються гіллястовусі та веслоногі раки. Вони мають мініатюрні розміри (1–3 мм завдовжки) і замешкують товщу води. Їх часто називають «водяними блохами», що пов'язано з їхнім способом пересування — тварини «стрибають», як блохи, рухаючи своїми розрослими кінцівками й вусиками, аби втриматись на плаву і не опуститись на дно.

І гіллястовусі, і веслоногі раки є вкрай важливими частинами водних екосистем, адже вони становлять левову частку зоопланктону, будучи, з одного боку, їжею для риб, а з іншого — пожирачами одноклітинних водоростей та бактерій, що спричиняють цвітіння води. Мікроскопічні раки у край необхідні природним екосистемам, тож придивімось краще до цих істот.



*Веслоногі раки*

Щоб знайомитись із гіллястовусими та веслоногими раками, нам знадобиться невеликий акваріум обсягом 3–10 л із прісною водою, прозорі пластикові відерця з кришками, дві пластикові склянки (50–100 мл), водяний сачок із дуже дрібним вічком, лупа з п'ятикратним збільшенням, піпетка, предметне скельце, кухонна сіль, лимонна кислота, харчовий барвник, висушена шкірка банана, пекарські дріжджі, жива риба (наприклад, карась) у посудині з водою, настільна лампа, декілька листків цупкого темного паперу або картону, пара латексових рукавичок. Усі спостереження й експерименти записуй у лабораторний журнал і фільмуй для розміщення в інтернеті.

Перш ніж розпочати наші спостереження та експерименти, необхідно подбати про їжу для гіллястовусих та веслоногих раків. Щонайменше за тиждень варто приготувати культуру мікроорганізмів, якими годуватимемо раків. Для цього висушену бананову шкірку слід покласти в пластикове відерце, залити водою та додати дрібку дріжджів (можна спробувати варіант без дріжджів). Відерце обов'язково повинне бути відкритим. Через кілька днів вода скаламутніє, а на її поверхні утвориться плівка — це розплоджуються бактерії та дріжджі. Згодом культуру заселять інфузорії, цисти яких осідають з повітря. За тиждень культура готова для годування гіллястовусих і веслоногих раків. Тільки тепер готуємо акваріум і його мешканців для вивчення.

Акваріум слід ретельно вимити й залити прісною водою. Вода має постояти в посудині близько доби, а тим часом вирушаймо збирати гіллястовусих та веслоногих раків. У найближчій водоймі зі стоячою водою (це може бути канава, озеро, стариця чи ставок), у місцях зростання водяних рослин можна зібрати велику кількість планктону. Сачком зачерпуємо воду, водимо ним по водяних рослинах, а вилов витрушуємо в прозоре пластикове відерце з водою. Під час першого ж огляду можна помітити велику кількість дрібних істот, які «стрибають» у товщі води. Це і є гіллястовусі та веслоногі раки. Проте легко помітити, що із раками до сачка втрапили численні личинки комах (як-от личинки бабок, що є хижакami і живляться планктоном). Тому відразу слід виловити великих тварин із відерця, залишивши лише дрібних. Відерце закриваємо та забираємо додому. Щоб остаточно позбутись небажаних гостей (личинок комах, гідр, хробаків тощо), улов слід «просіяти» крізь сито чи тканинну сіточку із вічками 2–3 мм. Дрібні раки легко пройдуть крізь вічка, а інші тварини залишаться. «Просіяних» гіллястовусих та веслоногих раків заселяємо до акваріума й за годину розпочинаємо спостерігати.



З лупою розглянь раків, що «стрибають» у товщі води. Знайди з-поміж них дафній і циклопів. Зауваж, чим відрізняються ці раки між собою. Яку форму тіла мають дафнії, а яку циклопи? Чим відрізняються способи руху в названих видів? Поспостерігай за окремим раком: скільки стрибків він зробить за хвилину? Зроби схематичні замальовки циклопів і дафній, а також запиши свої спостереження в лабораторний журнал. Не забудь зробити короткий відеоролик для інтернету.



І гіллястовусих, і веслоногих у старих книгах зараховують до «нижчих» раків, однак це не так. Насправді, перші й другі належать до дуже прогресивних еволюційних гілок ракоподібних, про що свідчать результати молекулярних досліджень. «Простота» будови тіла, яка ввела в оману ранніх дослідників, — це результат мініатюризації і пристосування до планктонного способу життя. Предки всіх раків були донними істотами, а перехід до мешкання в товщі води потребував нових адаптацій і втрати усіх старих і непотрібних ознак. Відбулось спрощення будови тіла (адже еволюція — це не лише ускладнення, а й спрощення, якщо воно дозволяє краще виживати).

Гіллястовусі раки отримали свою назву через галузисті, наче гілля, вусики, за допомогою яких вони плавають. Рак робить різкий гребок своїми гіллястими вусами, «підстрибуючи» в товщі води. Далі він повільно опускається, фільтруючи воду й вилловлюючи мікробів, після чого знову здійснює різкий рух. Тіло гіллястовусих огорнуте двостулковим хітиновим панциром — карапаксом, розкритим на випуклому черевному боці. Це надає обтічної форми й дозволяє прудко рухатись крізь товщу води.

Веслоногі раки названі так через те, що їхні грудні ніжки пласкі та нагадують весла човна. Ці органи й забезпечують їхній рух. Тіло цих тварин має краплеподібну форму: розширене з боку голови і звужене на хвості. Основним і потужним двигуном веслоногого рака є величезні (відносно розмірів тіла) одностовпчасті вуса. Саме ними тварина робить різкі й потужні гребні поступальні рухи.



Дафнія



Настав час годувати раків. В одну пластикову склянку налий води й розчини в ній трошки харчового барвника. Іншу пластикову склянку наповни на половину настоянкою на банановій шкірці і перелий сюди розчин харчового барвника. Залиш суміш на 15–20 хв. За допомогою піпетки набери фарбований розчин і по краплинці внеси в акваріум із раками. Розчин внось лише в одному місці та поспостерігай, як поводитимуться тварини. Додавай розчин декілька разів. Чи активно рухались раки в бік фарбованого розчину? Як змінився колір нутрощів раків? Як гадаєш, чому? Свої міркування запиши в лабораторний журнал та зніми відео.



Циклоп з яйцями, прикріпленими до низу черевця



Гіллястовусі та веслоногі раки живляться різноманітними мікроорганізмами, які заселяють товщу води. До їхньої поживи належать бактерії, одноклітинні водорості,

інфузорії тощо. Раки відфільтровують їжу за допомогою спеціальних ніжок, на яких є численні волоски. Гіллястовусі раки виконують фільтрацію за допомогою грудних ніжок. Ніжки ненастанно рухаються й створюють потік води, що проходить крізь розтулені стулки карапаксу. Мікроорганізми затримуються на волосках ніжок і спрямовуються до рота. Веслоногі раки також фільтрують воду, але не грудними ніжками, а за допомогою другої короткої пари гіллястих вусиків. Ці вусики рухаються, утворюючи рух води до рота, де розміщені мацальця зі щетинками, що відловлюють різні мікроорганізми.



За допомогою аркушів цупкого темного паперу або картону закрій половину акваріума зверху, ззаду й збоку. Переднє скло залиш відкритим для спостережень.

Освіти незакриту половину акваріума зверху за допомогою настільної лампи та спостерігай за поведінкою раків. У яку частину акваріуму — затемнену чи освітлену — вони перемістились? Як гадаєш, чому? Вимкни лампу та накрій акваріум рушником, щоб він був у цілковитій темряві. За годину зніми рушник й увімкни настільну лампу. Де в цей час перебувають раки? Як змінюється поведінка тварин в залежності від освітлення? Як це пояснити? Усі свої міркування запиши в лабораторний журнал і зроби відеоролик.

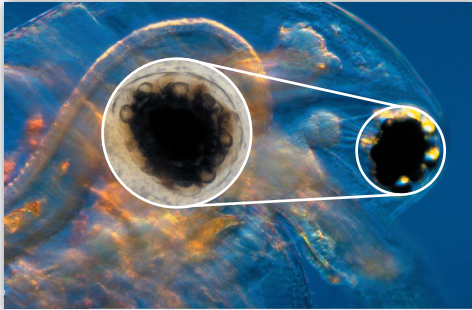


У гіллястовусих та веслоногих раків є очі, які мають різну будову в кожній з груп. У гіллястовусих на голові знаходиться пара складних фасеткових очей, складених із простих вічок-оматидіїв. Водночас у веслоногих на голові є лише одне просте вічко між вусиками. Зрозуміло, що ці очі бачать по-різному: просте вічко розрізняє світло й темряву, рухомі предмети й тіні, а складні фасеткові очі, окрім усього, ще й колір. Але основна роль очей — сприйняття світла, з чим пов'язані добові ритми в житті планктонових раків.

І гіллястовусі, і веслоногі мають позитивний фототаксис, тобто вони переважно пливають у напрямку світла. Це пов'язано, перш за все, з тим, що їхня їжа — одноклітинні водорості, бактерії та інфузорії — також рухаються в бік світла. Тому фототаксис цих раків асоціюється з харчами. У разі зміни освітлення, а особливо його інтенсивності, тварини здійснюють добові вертикальні міграції. Упродовж дня гіллястовусі та веслоногі раки підіймаються в добре освітлені верхні шари водойм, а під час сутінок опускаються на дно.



Але так поведуться не всі особини навіть одного виду: завжди є винятки, коли окремі тварини проявляють негативний фототаксис, тобто опускаються на дно за яскравого світла, а в темряві підіймаються в товщу або близько до поверхні води.



*Складне око дафнії*



*Просте око циклопа*



В окремих склянках приготуй розчини кухонної солі та лимонної кислоти. Підфарбуй їх харчовим барвником (підфарбований розчин дасть змогу спостерігати дифузю). На скельце піпеткою нанеси дві великі краплини води: одну в центрі, а іншу ліворуч неї. Справа нанеси маленьку краплину підфарбованого розчину кухонної солі. Піпеткою вилови гіллястовусого чи веслоногого рака й поклади його на центральну краплину води. Тепер кінчиком олівця з'єднай центральну та ліву краплини води широким каналом, а праву підфарбовану краплину з'єднай із центральною вузьким каналом. Спостерігай за поведінкою тварини.

Так само повтори експеримент із лимонною кислотою.

А тепер замість краплини із розчинами солі й кислоти візьми краплину води з посудини, де знаходиться жива риба, і аналогічно проведи експеримент. Ускладнюй експеримент: дуже акуратно, тоненькою цівкою вливай склянку води з посудини, де знаходиться риба, до акваріуму з раками.

Як тварини реагували на різні хімічні подразники в експериментах? У який бік рухались раки, чи вони залишалися на місці? Як пояснити побачене? Чому саме така поведінка була у тварин? Усі свої міркування щодо цих запитань запиши до лабораторного журналу й зафільтуй.



Гіллястовусі та веслоногі раки добре розрізняють смаки води, у якій вони мешкають. Це дає змогу їм належним чином реагувати на стан навколишнього середовища,

знаходити їжу, партнера для розмноження й відчувати хижаків. Основними органами їх хімічного чуття є вусики, членики яких укриті численними чутливими клітинами з волосками — сенсилами. Ними раки визначають наявність і джерело неорганічних сполук у воді, як-от солей, кислот чи лугів. Різна концентрація цих речовин зумовлює рух тварин до їхнього джерела або від нього. Такі поведінкові реакції є важливими для виживання кожної особини. Окрім того, планктонні раки сприймають феромони. Особливо гостре відчуття цих речовин — у самців, у зв'язку з чим їхні вусики значно довші, а іноді й галузистіші, ніж у самиць. Сприйняття феромонів є важливим для пошуку статевого партнера, адже самиці таким чином приваблюють самців.

Ще одна група речовин, що планктонні раки здатні сприймати, — кайромони. Кайромони є речовинами, що виділяються в середовище іншими тваринами. Вони можуть як приваблювати, так і відлякувати. Зокрема в запропонованому вище експерименті воду з кайромонами живої риби додавали до акваріуму з гіллястовусими та веслоногими раками. Лабораторними експериментами доведено, що запах риби (смак води) викликає страх у раків і вони намагаються чимшвидше залягти на дно, а деякі види навіть намагаються закопатись у дні водойми. Така поведінка тварин є важливою для виживання, адже вони є легкою здобиччю для риби.



1. Чи відрізняють функції вус і ніг у гіллястовусих та веслоногих раків?
2. Схарактеризуй добовий біоритм життя дафній та циклопів: як змінюється їх життя залежно від пори доби. Чи для людини характерний добовий біоритм? Як він проявляється?
3. Чому дрібним рачкам важливо відчувати та реагувати на вміст неорганічних речовин у воді?



**ПАВУКОПОДІБНІ**

## Павукоподібні лікують

Античні лікарі вважали, що сіті павуків-колопрядів мають лікувальні властивості. У Давній Греції павутинням обплутували відкриті рани, вважаючи, що це прискорює загоювання. Подібні твердження є в працях давньоримського натураліста Плінія Старшого. А от давньоримський лікар Марчелюс Емпірікус лікував павутинням лишай, бородавки та навіть проказу. Давньогрецький лікар Гален із Пергаму павучими коконами лікував зубний біль. Відголоски цих античних вірувань можна знайти у комедійній п'єсі Вільяма Шекспіра «Сон літньої ночі». Знахарі берберів із Північної Африки виготовляли лікувальні мазі з павутиння, фініків та мінералу стибніту. Китайські знахарі використовували павутиння для лікування розсіяного склерозу й утрати пам'яті. Також павутинням вони намагались видаляти бородавки. А от перші американські колоністи намагались лікувати павутинням астму, ковтаючи її скручену. Крім цього, тут була розповсюджена практика боротьби з пропасницею ковтанням павука, поміщеного в горіхову шкаралупку.

Окрім використання павутиння в багатьох культурах, народна медицина використовувала й самих павуків. Наприклад, задокументовано, що чоловіки амазонського племені Піароа ритуально поїдають птахоїда-голіафа, щоб перебрати в нього силу мисливця. Інші племена Бразилії використовують цього павука для лікування астми, карієсу й бактеріальної рожі (бешихи). Знахарі в штаті Чіпас (Мексика) за допомогою павуків-птахоїдів намагаються лікувати ракові захворювання: павука прикладають до місця пухлини так, щоб він укусив. Місцеве населення щиро вірить у дієвість цього методу. Водночас знахарі цієї місцевості використовують птахів-птахоїдів для лікування астми, гіпертонії, артриту, готуючи настоянку з павука та трав (тютюну, часнику і кмину). Звісно, усі ці лікувальні підходи з рештою не знайшли підтвердження й не використовуються сучасною медициною.

Сучасна доказова медицина та біотехнологія віднайшли застосування павутинню і його штучному виробництву. Біотехнологічні лабораторії сьогодні провадять дослідження щодо виробництва павутинного шовку за допомогою генетично модифікованих організмів, оскільки інші шляхи його штучно виробництва, наразі, є неможливими. Для цього вчені пересадили гени

павутиння бактеріям — кишковій паличці; рослинам (тютюну й картоплі); тваринам: козі й метелику-шовкопряду. У кожному випадку були отримані білки павутинного шовку, які використовувались для експериментального виробництва ниток і тканини. Така увага науковців до павутиння є цілком обґрунтованою, адже будучи складеним із білків, воно в рази є міцнішим за сталь такої ж товщини. А в медицині досить часто вироблені з природного павутиння нитки використовуються для накладання хірургічних швів. Це дуже важливо, оскільки білки павутини не спричиняють загибель клітин і не викликають імунної реакції організму, а відповідно й відторгнення пересаджених тканин. Сьогодні нитки з павутиння широко застосовують у нейрохірургії для регенерації периферійних нервів. Хоча раніше вважалось, що нервова тканина не відновлюється, проте вченим вдалось розробити технологію з використанням павутинного шовку для її регенерації.

Отрути павуків, окрім травних ферментів, містять різноманітні токсини, які вбивають або паралізують жертву. Саме токсини є одними з найважливіших речовин, які досліджуються задля пошуку лікувальних властивостей. Науково доведеним є медичний ефект дії токсинів, виділених із павуків-птахоїдів, якими лікують серцеві захворювання (наприклад, аритмію — порушення серцевого ритму), м'язові дистрофії, пухлини (наприклад, гліому). У десятках лабораторій світу тривають дослідження різноманітних отрут, отриманих від павуків. Результати цих досліджень вельми обнадійливі, адже вченим уже вдалось виявити сильнодіючі знеболювальні, ліки проти ішемічних інсультів (крововиливів у мозок), розсіяного склерозу, окремих хвороб нервової системи (хвороб Альцгеймера та Паркінсона), ревматизму, артриту, інфаркту міокарда (крововиливу в серцевий м'яз), гіпертонії, запалення судин, а також широкого кола ракових захворювань. Одні з павучих отрут входять у склад деяких ліків, другі — проходять клінічні дослідження, а треті ще тільки вивчаються в лабораторіях. Наразі отрути павуків є одними з найбільш перспективних речовин, здатних лікувати найтяжчі захворювання людей.



Нитка з павутиння

## Колопряди – ті, що плетуть тенета колами



Самиця павука-хрестовика

Понад два тисячоліття тому римський поет Овідій оспівав трагічну історію Арахни — майстрині, яка досконало володіла технікою ткацтва. Арахна вміла гаптувати серпанкові одяжі неймовірної легкості й краси, а слава її розповсюдилася далеко за межі Греції. Сама ж дівчина пишалася своїм талантом, що аж якось викликала на змаги саму богиню мудрості й ремесл Атену. Арахна виткала неймовірний гобелен, присвячений божественному коханню, чим посоромила Атену. Розгнівана богиня розірвала той гобелен і перетворила Арахну на павука, аби той щоночі пряв павутиння, а щодня його рвало вітром. Так давньоримський митець Овідій описав нам мітологічну історію про з'яву павуків. Хай там як, але павуки дійсно славляться своїм умінням ткати павутиння — найтонші та найлегші нитки. Нумо досліджувати за ними та їхніми уміннями.

Усі наші спостереження будуть проходити на природі. Для цього нам знадобиться налобний ліхтарик, теплий светр, польовий щоденник і камера. Усе побачене слід записувати до щоденника, а також знімати відео для розміщення в інтернеті.



Цього разу ми спостерігатимемо за павуком-хрестовиком — найбільш розповсюдженим видом колопрядів в Україні. Віднайди на найближчій вулиці ліхтар, освітлене дерево чи стіну будинку, де ввечері з'являється павук-хрестовик і поспостерігай за ним. Для того щоб краще було видно, увімкни ліхтарика. Як саме тварина плете свою павутину: як прокладає основні нитки каркасу і як розвішує клейкі тонкі ловильні нитки? Скільки часу необхідно павуку-хрестовику для повного завершення роботи? Які кінцівки павука задіяні під час пересування по павутинні, а які в побудові його тенет? Що робить павук по завершенні плетіння? Що стається, коли до пастки потрапляє комаха? Усі свої спостереження зафільмуй і розмісти в інтернеті, а також запиши до польового щоденника.

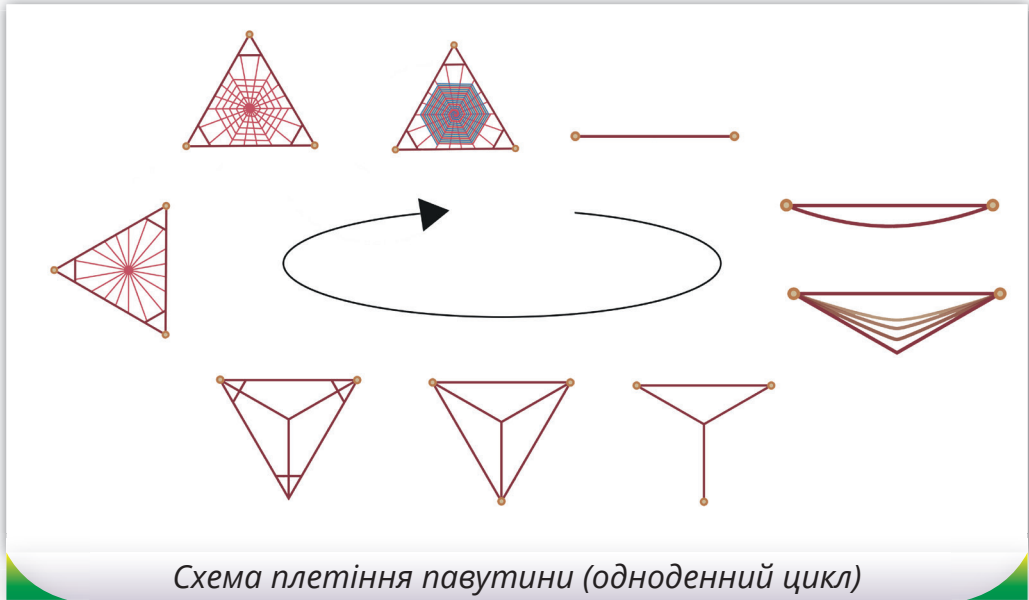


Павуки-хрестовики, звично, нічні створіння. Увесь день вони ховаються в різних потаємних місцях, на кшталт, тріщин кори дерев чи шпарок у будівлях. Їх з легкістю можна надібати в надвечір'я, коли вони розпочинають свою кропітку працю зі спорудження ловецьких тенет. Тенета плетуть самиці, вони вирізняються своїми значними розмірами, тоді як самці — дрібні і малопомітні, живуть дуже недовго, гинучи після спаровування, а іноді стають вечерею для своєї коханої чи інших павуків. У самиці на кінці черевця знаходиться три пари павутинних бородавок, які використовуються для утворення різних типів ниток. Арахнологи, які вивчають павуків, виокремлюють сім-вісім різних типів павутиння: жорсткі товсті нитки каркасу ловецьких тенет; тонкі нитки-спіралі ловецьких тенет; еластичні нитки-спіралі ловецьких тенет; клейкі кріпильні нитки; власне клей, що наноситься на тонкі нитки спіралі; тонкі м'які нитки для замотування здобичі й вистилання кокону з яйцями; жорсткі нитки зовнішнього покриву кокона.

Виплітаючи ловецькі тенета, самиця павука-хрестовика спершу закріплює товсті нитки каркасу у формі трикутника, а тоді від центру протягує радіальні нитки. Коли основа готова, вона від центру до краю прокладає спіральну нитку. Цікаво, що в павуків спіралі тенет можуть бути як право- так і лівозакрученими — з-поміж них, як і в людей, також є шульги. Останньою самиця прокладає клейку нитку, до якої прилипатимуть комахи. Завершивши плетіння своїх пасток, самиця протягує товсту сигнальну нитку і повертається до свого сховку. Як тільки комаха-жертва втрапляє до павутиння, вібрація передається сигнальною ниткою, самиця виходить і накидає на жертву додаткові нитки. Відтак вводить до її тіла травні ферменти, що перетравлюють внутрішні тканини й органи здобичі. Пізніше самиця висмоктує перетравлену «кашу», а порожні хітинові оболонки викидає з павутиння. Часто так трапляється, що в одному місці проживає декілька самиць павука-хрестовика, то сильніші й більші з них плетуть тенета, а слабші й менші намагаються вкрасти здобич. Через це дуже часто між самицями виникають конфлікти.



*Павучі колові тенета*



Наприкінці серпня чи початку вересня на сухих високотравних степових луках, по балках і байраках між чагарників, дуже часто можна натрапити на павука-осу або аргіопу. На прогулянці до найближчої сухої луки відшукай у траві величезні тенета павука-оси. Їх легко упізнати за витканим Х-подібним хрестом у центрі. Поспостерігай за поведінкою павука на тенетах. Яке положення займає тварина? Як розташовуються її кінцівки? Що стається, коли в тенета втрапляє комаха? Спробуй наблизити руку до павука — якою була його реакція? Спробуй доторкнутись до тварини соломинкою — як вона реагує? Усі свої спостереження зафільмуй, а також запиши до польового щоденника.



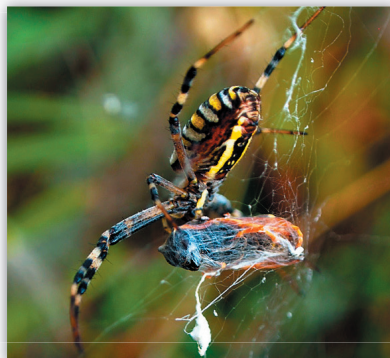
*Аргіона Брюніха*



У фавні України розповсюджені два види аргіоп: на заході — аргіона Брюніха, а на сході — аргіона долькова. Однак зміни клімату спричинили швидке розповсюдження аргіопи Брюніха на схід, і тепер вона трапляється практично всюди. Це великі павуки з яскравим забарвленням, що здалеку нагадує осу — звідси й походить назва павук-оса. Така імітація забезпечує павуків від інших хижаків, наприклад, птахів чи комах,



на кшталт, шершнів. Ще однією особливістю павуків-ос є надзвичайна міцність їхнього павутиння. Часом так буває, що розірвати каркасову павутину дуже важко. Це пристосування для ловлення великої та сильної жертви — саранових комах (коників такобилек). А от у південноамериканського тропічного виду аргіопи підмаронської ловецькі тенета настільки міцні, що в них часто заплутуються невеликі кажани й дрібні птахи, якими павук зовсім не гребує. Виплетений в центрі Х-подібний хрест аргіопи Брюніха виконує функцію приваблення комах, адже зразу впадає у вічі з-поміж посохлого різнотрав'я. Як тільки комаха опиняється в тенетах, самиця обплітає її тонким павутинням і вводить в її тіло отруту. Основним компонентом її отрути є аргіопін, що паралізує жертву. Окрім нього, тут також містяться ферменти, що перетравлюють внутрішній вміст комах. Для людини укуси павука-оси є цілком безпечним, хоча й болючим, і може спричинити місцеве омертвіння тканини.



*Аргіона з жертвою*



1. Які переваги та недоліки статевої стратегії павуків, за якої самець гине після спаровування, стаючи джерелом їжі для самки?
2. Як ти вважаєш, чи варто знищувати павуків, які оселилися в людській домівці? Як найкраще з ними боротися?

## *Стрибуни і краби*

Не всі павуки плетуть свої сіті. Багато з них полюють із засідок іншими способами. До таких належать павуки-стрибуни й павуки-краби. Перші замешкують різноманітні добре прогріті місцини, а другі — луки, де їх з легкістю можна віднайти на квітах. І ті, і ті виробили свої особливі прийоми для полювання на комах. Гайда в мандрівку для вивчення павуків-стрибунів і павуків-крабів!

Для наших спостережень знадобиться лише польовий щоденник, простий олівець і камера для фільмування. Усе побачене записуємо й знімаємо ролики.



Спробуй відшукати в природі павука-стрибуна. Це дрібні павуки завдовжки 5–9 мм. Найліпше їх розшукувати на добре прогрітих сонцем стінах будівель, купах дров, великих каміннях, стовбурах дерев, листі тощо. Ці тварини пересуваються короткими стрибкоподібними рухами, бігаючи по поверхні, але найчастіше тихо сидять, грючись на сонечку. Віднайшовши павука-стрибуна, поспостерігай за ним. Скільки часу тварина знаходиться на одному місці? Чи сидить вона непорушно, чи роззирається довкола? Коли павук переміщується, як швидко це відбувається?



Макрофото павука-стрибуна

Поспостерігай за полюванням павука-стрибуна (для цього потрібен терпеч). Як павук поводить себе, коли в полі його зору опиняється комаха? Чи завжди успішна атака павука на його жертву? Усі спостереження фільмуй і занотуй до польового щоденника.



Рух павуків-стрибунів забезпечується добре розвинутою гідравлічною системою їх кінцівок. Власне стрибок забезпечується не стільки м'язами, як запомповуванням гемолімфи — основної рідини їх тіла, «крові» павуків — у кінцівки. Гемолімфа там перебуває під високим тиском. Як тільки павук розслаблює судини в кінцівках, рідина різко повертається до порожнини тіла, надаючи павуку колосальної кінетичної енергії та прискорення. Тварина в цей момент здійснює стрибок, який у кіль-



Павук-стрибун, який уполював кобилку

ка десятків разів може перевищувати довжину її тіла. Перед самим стрибком павук закріплює тонку павутинку до основи. Якщо стрибок був невдалим, то він легко повернеться по павутинці на попереднє місце.

Павуки-стрибуни мають найкраще розвинений зір і найбільші очі з-поміж усіх інших своїх родичів. Це зумовлено тим, що це денні хижаки. Водночас їм життєво важливо уміти визначити відстань до жертви й уміти розрахувати траєкторію стрибка

для успішного полювання. Коли павук помічає потенційну жертву — уся його увага прикута до неї. Він помалу підкрадається до неї, а коли жертва знаходиться на відстані досяжності, павук робить стрибок. Застрибнувши на жертву, павук хапає її ногами й впрорскує у неї швидкодійну отруту.



Павуків-крабів відшукуємо на луці з квітами. Павуки сидять зверху на суцвіттях королиць, волошок, будяків, квітів шипшини та інших рослин у «позі краба», широко розставивши ноги в боки. Зазвичай вони яскраво забарвлені в жовтий, білий, рожевий чи зелений кольори. Віднайшовши такого павука, поспостерігай за ним. Як павук поводить себе, сидячи на суцвітті? Скільки часу тварина перебуває нерухомо? Чи часто змінює свою позу? Поспостерігай за полюванням павука-краба. Як павук поводить себе, коли в його поле зору потрапила комаха? Скільки часу потрібно павуку, аби вполювати комаху? Усі спостереження фільмууй і занотуй до польового щоденника.



Павуків-крабів ще часом називають павуками-бокоходами. І перша, і друга назви асоціюються з крабами, які також ходять боком. Насправді ці павуки ніяк не споріднені з крабами, а особливості їх пересування пов'язані з надзвичайно довгими двома передніми парами кінцівок. Вони є головним знаряддям нападу павука на свою жертву й практично завжди широко розставлені в сторони. А от для ходіння павуки-краби використовують дві задні пари кінцівок, які є значно коротшими. Таким чином, павук ходить на чотирьох ногах, а ще чотирма ловить комах.

Найчастіше у фавні України можна натрапити на два види павуків-крабів: мізумену й томізуса. Ці павуки маскуються під квіти, де вичікують необачну жертву: мух, бджіл, метеликів, ос та інших комах. Однією з надзвичайних рис в багатьох видів павуків-крабів є здатність змінювати забарвлення свого тіла, наче хамелеони. Павук звичайно набуває кольору квітки, на якій він полює. Однак часто буває так, що квітка фіолетового чи рожевого кольору, а павук — білого зі слабким рожевим відтінком. Секрет полягає в тому, що така квітка в ультрафіолетовому світлі (комахи, на відміну від нас, бачать в ультрафіолеті) дійсно білого кольору і павук цілковито невидимий на її фоні.



*Мізумена в позі краба*



*Павук-краб мізумена  
під час нападу*

Маскування павуків настільки ідеальне, що комахи сприймають їх за частину квітки, сідаючи просто в смертоносні обійми. Як тільки комаха опиняється в зоні досяжності кінцівок павука, вона приречена. Хижак миттєво схоплює жертву й упрскує в неї паралізувальну отруту. Зазвичай павук зі здобиччю опускається на нижню частину суцвіття чи

квітки й висмоктує перетравлений уміст із тіла жертви. Наситившись, павук-краб викидає порожній екзоскелет і повертається до полювання.



**1.** Хто кращий хижак на комах: павук, що плете павутину, чи павук-стрибун? Запропонуй критерії, за якими це можна визначити.

**2.** Припусти, навіщо під час вичікування жертви павуки-краби широко розставляють передні ноги. Обговори з однокласниками й однокласницями власні гіпотези, разом визначте найбільш вірогідну.



**КОМАХИ**

Перші комахи з'явилися на Землі близько 400 млн років тому в девонський період. З тих пір вони стали найуспішнішою та найрізноманітнішою формою життя у світі. Земля — планета комах. Вони всюдиусці, адже заселили всі можливі території, окрім морів і льодовиків. Комахи лідирують навіть за кількістю видів — науковцям уже відомо понад 1,5 мільйона видів, а прогнозується відкрити ще близько п'яти. За кількістю особин комахи поступаються лише бактеріям, а от за біомасою вони є цілковитими переможцями. Нумо знайомитись із цими неймовірними істотами.

## Комахи лікують



*Щипавка (вуховертка)*

Люди використовували комах з медичними цілями з дуже давніх часів. Найдавніші письмові відомості про лікування комахами, що збереглися до наших часів, — це єгипетські папіруси та китайські сувої, які датуються другим і першим тисячоліттям до нашої ери. Люди вірили, що використання комах може мати лікувальні властивості, тому їх ковтали живими або варили, запікали, настоювали на вині, вводили комашині отрути, виготовляли компреси, мазі тощо. Іноді така терапія мала якийсь ефект, проте в більшості випадків це було навіюванням і проявом ефекту плацебо — віри людини в лікувальну силу препарату, що її не має.

У Давньому Римі постільних клопів використовували як засіб проти малярії, запеченими тарганами лікували біль у вусі, смаженими цикадами й сараною — нетримання сечі, а висушену і настояну на вині сарану вважали помічною супроти скорпіонової отрути. У середньовічній Європі ковтанням тарганів лікували епілепсію, щипавками — вушний біль (звідси й походить їхня інша назва — вуховертки), а шпанську мушку (насправді це жук) використовували як афродизіак. Однак, шпанська мушка містить у своїй крові кантаридин — сильнодіючий токсин, який у великих дозах, окрім отруєнь, спричиняє гострі виразки кишківника

й відмову нирок. Але найбільш широкого застосування комахи набули в китайській народній медицині. У давніх манускриптах описується застосування понад 150 видів комах проти найрізноманітніших болячок і недомогань.

Звичайно, чи не найбільш відомою терапією вважалась отрута бджіл та ос. За рецептами давньогрецького лікаря Гіппократа, жаління бджолами слід використовувати для лікування артриту й суглобових запалень. А давньоримський військовий лікар Діоскорид застосовував і бджіл, і ос для лікування найширшого кола захворювань у солдатів. Саме з часів Давнього Риму апітерапія — лікування бджолами — набула дуже широкого розповсюдження в Європі.

Сучасні доказова медицина та наука спираються на доведені факти ефективності використання комах у лікарській практиці. Фактично самих комах ніхто не використовує в лікуванні, а лише хімічно очищені речовини, які вони виробляють. Здебільшого, це різноманітні токсини, що спричинюють рвоту, утворення пухирів, збудження, серцеві аритмії, паралічі та ін. Однак цілеспрямоване використання їх у прийнятних дозах може мати значний терапевтичний ефект у лікуванні низки дуже складних захворювань.

Найбільш розповсюдженими речовинами, наявними в гемолімфі комах є антибактеріальні білки. Це пов'язано, перш за все, з тим, що їх імунна система працює по-іншому, ніж у хребетних, зокрема й у людини: вони продукують речовини для захисту від найрізноманітніших мікроорганізмів. Учені виокремили цілу низку таких білків із крові різних комах: церкопін, саркотоксин, сапєцин, дефєнзин, атацин, маріцин та багато інших. Вони продемонстрували активність в боротьбі проти бактерій у лабораторних умовах. Ці речовини тестують на можливість штучного синтезу й упровадження в медичну практику, як альтернативу антибіотикам і вирішення проблеми виникнення антибіотикостійких штамів хвороботворних бактерій.

Із хітину панцирів комах вчені виділили речовину, яку назвали «хітозан». Виявилось, що хітозан має дуже широку антибактеріальну та стимулювальну дію. Зокрема, окрім знищення бактерій, хітозан знижує вміст холестерину в крові, запобігає тромбоутворенню, стимулює загоєння ран і розсмоктування рубців.



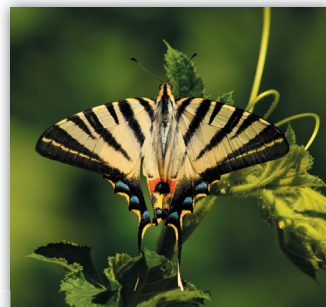
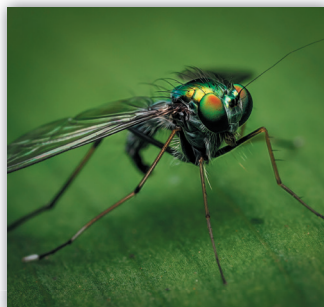
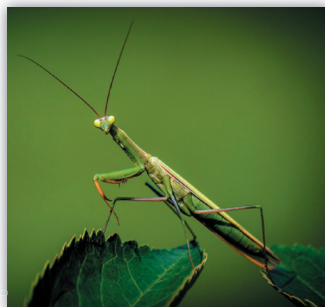
*Жук шпанська мушка*

Фармацевти використовують цю речовину для транспортування інших ліків в органи й тканини. Окрім цього, хітозан додають до матеріалів під час виробництва контактних лінз.

Серйозним і великим за своїм обсягом є фронт робіт із пошуку в комах активних речовин для боротьби з різними формами ракових захворювань людини. Один із протиракових препаратів, який широко застосовується в хіміотерапії, є ізоксантиптерин, що вперше був виділений із крил метелика-білана. Учені виявили ефективність цієї речовини в лікуванні деяких форм ракових захворювань, а простота її хімічного синтезу стала запорукою широкого застосування.



*Білан брукв'яний*



*Різноманіття комах*

## *Камо грядеши, або чому нічні метелики летять на світло*

**П**оведінка комах різноманітна, що пов'язано зі складністю організації цих тварин. Комахи, якщо не враховувати головоногих м'якунів, мають добре розвинений мозок, здатний опрацьовувати величезний потік інформації від органів чуття. Цей орган приймає миттєві рішення й керує складним польотом і неймовірним маневруванням. Наприклад, упіймати муху рукою дуже складно, а велику бабку — зовсім ніяк. Однак у поведінці комах простежується стереотиповість — вони всі мають однаковий набір вроджених поведінкових інстинктів, які є надзвичайно передбачуваними.



Знаючи ці інстинкти, можна легко передбачити, як діятиме комаха, чим і користуються ентомологи — науковці, які досліджують комах. Розгляньмо ці поведінкові інстинкти.

Для цього нам знадобляться ентомологічний сачок (можна пошити самому, а можна придбати в інтернет-магазині), вулична лампа або потужний діодовий ліхтарик, пластикові тарілки білого, жовтого, червоного, зеленого та чорного кольорів (якщо якогось кольору немає, то тарілку слід заздалегідь пофарбувати аерозольною емаллю з балончика), рідина для миття посуду або рідке мило, польовий щоденник. Усі спостереження здійснюй в природному середовищі. Ретельно записуй результати спостережень та експериментів до лабораторного журналу та знімай відео.



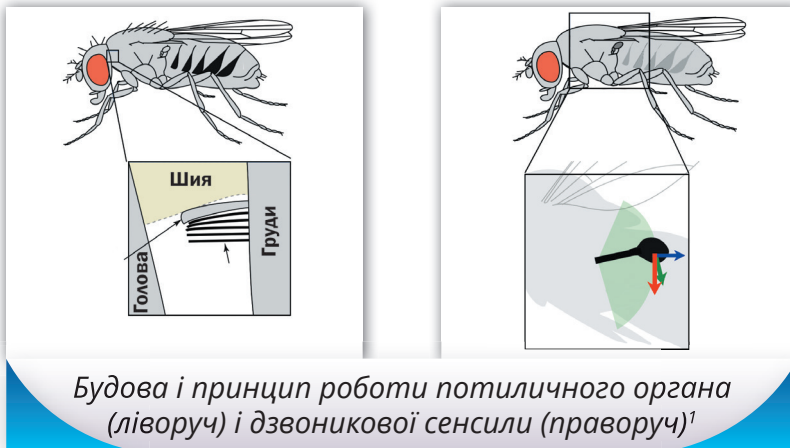
У цьому експерименті ми досліджуватимемо геотаксис — відчуття гравітації в комах. Віднайди в садку чи сквері жука-сонечка. Найчастіше на них можна натрапити коло куців чи трав'янистих рослин, де є колонії попелиць — жертв жуків-сонечок та їхніх личинок. Акуратно візьми жука пальцями й поклади на другу руку. Зауваж, що жук-сонечко залишив на пальцях рідкі жовті плями неприємного запаху — це гемолімфа, яка може викликати подразнення слизових оболонок рота та очей, тому обов'язково помий руки після експерименту.

Спершу сонечко прикидається мертвим, однак за хвилину-другу заспокоюється й починає активно бігати. Поверни долоню пальцями вгору. Куди побіг жук-сонечко, догори чи вниз? Коли комаха буде на кінці пальця, поверни долоню пальцями вниз. Куди тепер побіг жук? Повтори цей простенький експеримент декілька разів. Який напрямок обирав жук кожного разу? В останньому циклі експерименту дозволь жуку-сонечку вибігти на кінець пальця та поспостерігай, що відбудеться далі. Продовжимо експеримент з іншими комахами. Візьми ентомологічний сачок і десятьма різкими помахами по високій траві «накоси» комах. Постав сачок на рівне місце без трави отвором донизу, а пальцями підійми мішечок сачка вертикально. Куди полізли комахи? Результати експериментів запиши до лабораторного журналу та зніми відеоролик.



Геотаксис є однією з надзвичайно важливих вроджених поведінкових реакцій у комах. Це пояснюється тим, що комахи здатні до польоту, а ті, що не можуть — втратили її вторинно (мали здатного літати предка). У польоті надзвичайно важливо розуміти, де верх, а де низ, тому в комах загострене

відчуття центру гравітації. Однак у них, на відміну від хребетних, немає єдиного органу відчуття гравітації — вестибулярного апарата. Їхні органи відчуття гравітації та положення тіла в просторі розрізнені й розміщені в різних частинах тіла комахи. До вестибулярної системи комах належать потиличний орган, дзвоникові сенсили та підколінні органи. Потиличний орган розміщується ззаду голови, у місці її з'єднання зі спинкою, і складається з хітинової платівки та пучка волосків. Цей орган дозволяє комасі «розуміти» положення її голови стосовно решти тіла — опущена вона чи піднята. Саме так комахи визначають, де верх, а де низ. Дзвоникові сенсили здатні до розтягування та стискання, реагуючи на дію гравітації. Також вони виконують роль рецепторів доторку й розкидані на всьому тілі комахи. Підколінні органи розташовуються під коліном кожної ноги комахи, а їх основна функція — сприйняття звуку. Вони є аналогом людського вуха, але розташовані на ногах (їх 6 штук). Попри те, що підколінні органи відповідають за слух, вони ще й виконують роль рецепторів напруження, а також контролю відстані від сусіднього такого ж органу й швидкість зміни положення кожного з них. А в еволюційно давніх комах є ще один орган відчуття гравітації — церки. Це довгі вирости на кінці черевця у цвіркунів, тарганів, богомолів, веснянок, одноденок та деяких інших груп комах. Церки визначають швидкість вітру й запахи (як антени), крім того, мають волоски, що відхиляються під дією сили тяжіння й сигналізують комасі про її положення в просторі.



<sup>1</sup> Зображення адаптовано з Invertebrate solutions for sensing gravity. John A. Bender and Mark A. Frye. Current Biology. 2009. Vol. 19, № 5. P. 186–190.



Увечері, коли вже зовсім потемніє, увімкни вуличну лампу. Якщо її немає, то можна використати потужний діодовий ліхтар, який варто увімкнути в саду. Зробити це краще подалі від людських осель та інших джерел штучного освітлення. Дуже важливо й те, щоб на небі в цей час не було місяця, бо він також є джерелом світла. Для посилення ефекту слід розмістити білий екран, яким може виступати, наприклад, звичайне простирadlo. Упродовж години на світло злетяться найрізноманітніші комахи: нічні метелики, жуки, їздці, золотоочки, комарі та багато інших. Вони зацікавлено сидітимуть на екрані біля джерела світла, лише іноді перелізаючи з місця на місце. Це гарна нагода для того, щоб добре розглядіти їх. Зверни увагу на забарвлення тварин, чи дуже воно відрізняється від денних комах. Чим це можна пояснити? Чому комахи летять на світло? Чому на світло в пізню пору прилітають лише нічні комахи, а денні, яких на цьому ж місці було безліч удень, не прилітають або трапляються поодинокі? Ці та інші свої міркування запиши до польового щоденника, а також зроби короткий відеоролик про реакцію комах на світло.

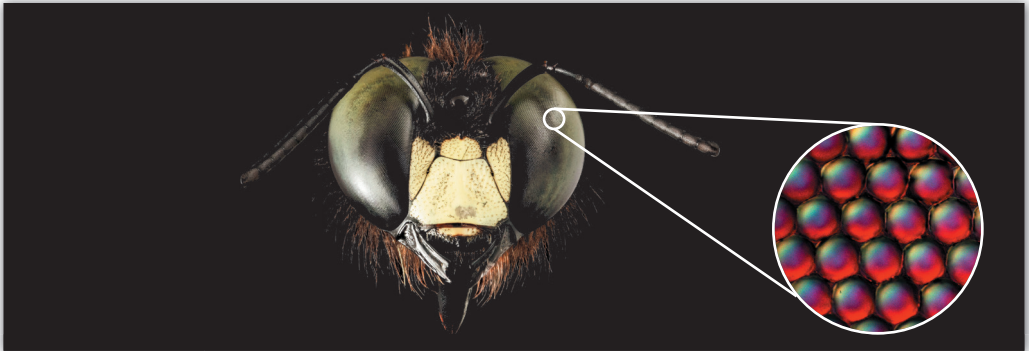


*Світлова «пастка» з численними «спійманими» комахами*



Цей експеримент демонструє явище фототаксису — руху в бік чи від джерела світла. Усі комахи, окрім печерних і деяких ґрунтових видів, мають очі й дуже добре розвинений зір. Очі в комах представлені простими вічками та складними фасетковими очами. Простих вічок може бути декілька, вони розташовані на тім'ї та потилиці голови. Вічка виконують роль визначення джерела світла та його інтенсивності й притаманні далеко не всім кохам. Типово вони є в багатьох двокрилих, перетинчастокрилих, лускокрилих, бабок, тарганів, прямокрилих. Уважається, що прості вічка функціонально збережені лише в тих груп комах, що здатні до швидкого і маневрового польоту. Однак зір у комах забезпечується складними фасетковими очима, складеними з декількох десятків чи тисяч оматидій — видозмінених простих вічок. Кожний такий оматидій дає окреме зображення якоїсь частини простору, а мозок комахи складає всі

зображення в єдине. Існує багато спекуляцій щодо того, що комахи бачать світ у вигляді мозаїки. Проте це не так. Як і ми бачимо навколишній світ у єдиною картиною, а не двома — від кожного ока окремо, точнісінько так само комахи бачать цілісний, а не мозаїчний світ. Причому зір у більшості комах дуже гострий: вони розрізняють не лише форму, рух і колір, але й глибину — відстань між різними об'єктами. Цікаво, що дуже багато комах реагують лише на рух на загальному фоні, тоді як інші комахи — на кольорові вкраплення квітів у загальному фоні. Дуже багато комах просто не бачать об'єкти чорного або червоного кольорів.



*Голова бджоли зі складними фасетковими очима, що складаються з оматидіїв (на макрофото), та трьома простими очима (по центру голови на тім'ї)*

Чому ж комахи, особливо нічні, летять на світло? Це питання не пояснюється лише здатністю бачити. Дуже подібна поведінка й у мухи, яка в кімнаті б'ється до віконного скла в сонячний день — вона також летить на світло. Існує декілька різних за своїми тлумаченнями гіпотез цього явища. Найбільш розповсюдженою та логічною є гіпотеза про джерела природного світла: Сонця, Місяця та зірок. Прикладом такого орієнтування є жуки-світляки: їх самиці, переважно безкрилі, блимають світлом черевця, сигналізуючи таким чином крилатим самцям про своє місцезнаходження.

Так само нічні метелики летять на світло Місяця або зірок, підіймаючись високо над землею, де ймовірність зустріти партнера є значно вищою. Але в природі досягти Місяця метеликам, певна річ, не вдається — вони

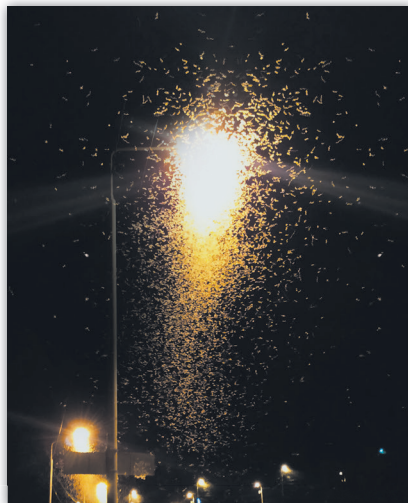


*Світіння жуків-світляків*

летять таким чином, щоб світило постійно залишалося з одного боку. А от за штучного освітлення комахи легко досягають лампи, кружляючи довкола. Тобто інстинкт підказує, що джерело світла повинне завжди знаходитись з одного боку, наприклад, правого, тому рух і зациклюється в правий бік. Сучасне світлове забруднення стало однією з причин скорочення чисельності комах, які є і запилювачами, і хижаками, і паразитами шкідників, і їжею для інших тварин.



У цьому експерименті ми з'ясуватимемо, як комахи розрізняють кольори. Розклади на відстані 1 м по одній пластиковій тарілці білого, жовтого, червоного, зеленого та чорного кольорів. Експеримент слід проводити в саду, парку чи на узліссі. Місце проведення повинне бути добре освітлене сонцем, а тарілки знаходитись вище за трав'яний покрив. Також слід обрати безвітряний день. Наповни посуд водою і додай по одній краплині рідини для миття посуду або рідкого мила. Це треба для того, щоб зруйнувати поверхневий натяг води, інакше комахи відбиватимуться від поверхні води і експеримент не вдасться. Тарілки повинні стояти впродовж дня, у надвечір'ї слід перевірити їхній вміст. Слід зауважити, що чистоті експерименту можуть завадити птахи, які можуть виловлювати комах із тарілок, тому завжди слід знаходитись поруч. Полічи, скільки комах опинилося в кожній з посудин та запиши ці відомості до польового щоденника. У якій опинилося більше комах? Як гадаєш, чому? Свої міркування також запиши в польовий щоденник та змонтуй короткий ролик для публікації в інтернеті.



*Комахи, що злетілися на вуличний ліхтар*



Кольоровий зір дозволяє розрізняти різні кольори видимого світла, які відбиваються від різних предметів. Коли якийсь предмет відбиває всі світлові хвилі видимого світла, то око сприймає його білим; якщо поглинає всі — чорним; якщо відбиває лише у зеленій частині спектру — зеленим; у червоній — червоним тощо. Однак для сприйняття певної світлової хвилі рецепторам ока необхідні спеціальні білки —

опсини, які змінюють свою форму під дією світла, посилаючи електричні сигнали до мозку. Чим більше таких білків у сітківці, тим більше кольорів воно може сприймати. Наприклад, у людському оці, як і в інших мавп, наявні три різні білки-опсини, здатні сприймати найкраще синю, жовту та червону ділянку спектра. Такий зір називається трихромовим. Комбінація цих трьох кольорів дає усю палітру відтінків, яку ми бачимо.

У комах зір переважно також є трихромовим, однак вони сприймають зовсім інші світлові хвилі: ультрафіолетове світло, світло-блакитні і жовто-зелені (зміщений більше в бік жовтого) кольори. Це означає, що багато комах просто не бачать червоного. Це логічно, адже комахи з'явилися одночасно з наземними рослинами, коли ще не було ані квітів, ані соковитих плодів. У комах та рослин протікала спільна еволюція тісної взаємодії: комахам важливо було бачити зелені листки, які були їєю, і захистом для них. Зеленого кольору листкам надає пігмент хлорофіл, який відбиває світлові хвилі в зеленому спектрі, а поглинає в синьому та червоному.



*Симуляція бачення квітки людьми (ліворуч), бджолами (по центру) і метеликами (праворуч)*

Саме тому насичено-синього та червоного кольорів в зеленому світі комах практично немає. На відміну від них, примати (до яких належить і людина) еволюціонували далі. Вони зробили це одночасно з квітковими рослинами, які дають соковиті плоди, що, досягаючи, забарвлюються в жовті, помаранчеві та червоні кольори. Саме тому люди добре розрізняють жовтий та червоний. Але багато комах має також тетрахромовий зір, сприймаючи чотири кольори. Додатковим для них є пурпуровий. Комахи бачать ультрафіолетове світло, що недоступне ані людині, ані іншим ссавцям. І тільки використання спеціальних приладів зі світлофільтрами дозволяють побачити вигляд предметів в ультрафіолеті, наприклад, квітів. Однак навіть

комп'ютерні симуляції нам дозволяють лише приблизно уявити, яким сприймають світ комахи. Очевидно одне — їхній світ набагато яскравіший за наш.



1. За допомогою лупи чи мікроскопу спробуй віднайти й розглянути компоненти вестибулярного апарату різних комах.

2. Які ще організми, крім світлячків, здатні світитися в темряві? Висунь гіпотези навіщо вони це роблять та обговори їх із учителькою чи учителем біології.

3. На основі досліду з кольоровими тарілками визнач, чи різняться улюблений колір у комах різних видів? Підрахуй «відсоток улюбленості» кожного кольору для виду комах, що найчастіше застрягав у тарілках. Для цього розділи кількість особин виду у тарілці певного кольору на кількість особин виду в усіх тарілках та помнож на 100 %.

## Жанець скарабей

На півдні України — в Криму, Приазов'ї, Причорномор'ї — та усюди в степу мешкають скарабей-тифон, сізіф Шеффера, голобоковик батіжковий. Це близькі родичі священного скарабея, якому поклонялись у Давньому Єгипті. Ці жуки відомі своїм умінням виліплювати кулі з посліду худоби, куди самиця відкладає яйце. Досліджуючи скарабей, учені помітили, що вони здатні легко орієнтуватися в довкіллі, визначаючи напрямком, куди котити свою кульку. Пропонуємо провести кілька цікавих експериментів, щоб з'ясувати, чи вміють орієнтуватися в просторі скарабей з наших теренів.



Українські скарабей (зліва направо): скарабей-тифон, сізіф Шеффера, голобоковик батіжковий

Для експериментів нам знадобиться декілька пластикових контейнерів із кришками, відро піску 5–10 л, аркуш цупкого чорного паперу, ножиці, вузький двосторонній скотч, аркуш картону 1×1 м, дзеркало, ліхтарик, невеликий вентилятор або фен для волосся, електричний подовжувач і джерело струму (ним користуйся в присутності батьків), кілька пар латексових рукавичок, лабораторний журнал. Звичайно, що усі наші експерименти ми записуємо на відео, монтуємо й розповсюджуємо в соціальних мережах. Почали!

Експерименти зі скарабеями можна проводити лише в травні-червні, коли дорослих жуків можна знайти. Нам знадобиться декілька комах з уже готовими кулями з посліду. Їх легко знайти на пасовищі, де пасуться корови чи інша худоба. Жуків разом із їхніми кульками кладемо до пластикових контейнерів. На подвір'ї, на пласкому і добре освітленому сонцем місці, влаштовуємо арену. Для цього висипаємо пісок і ретельно його розрівнюємо. Визначаємо центр арени і позначаємо його, наприклад, камінцем або акварельною фарбою. Для експерименту важливо, щоб день був сонячний і безвітряний. Після закінчення експериментів випусти піддослідних скарабеїв у дику природу.



Із контейнера обережно виймаємо скарабея та кульку й ставимо їх у центр арени. Уважно спостерігаємо за поведінкою жука — він не одразу котитиме свою кулю, а залізе на неї і почне роззиратися довкола, обертаючись за годинниковою стрілкою або проти неї. Це називають танком скарабея. Як гадаєш, для чого жук танцює? Після нетривалого танцю, комаха злізе й завзято покотить свою кулю від центру арени. Поверни жука з кулькою в центр і декілька разів повтори спостереження. А тепер зроби з чорного паперу мініатюрний «дашок» (дивись світлину), який би прикривав голову жука зверху, наче шапка. Дуже обережно приклей цей «дашок» шматочком двостороннього скотчу до спини комахи. Скарабея з «дашком» і його кульку поклади в центрі арени. Поведінка жука зміниться — він уже не котитиме кульку, а тільки танцюватиме на ній. Як гадаєш, чим можна пояснити таку зміну в поведінці? Усі спостереження не забувай занотовувати до лабораторного журналу, знімати відео, розміщувати в інтернеті, розповсюджувати у соціальних мережах. Попроси своїх подруг і друзів, щоб поділилися своїми враженнями й думками від побаченого.



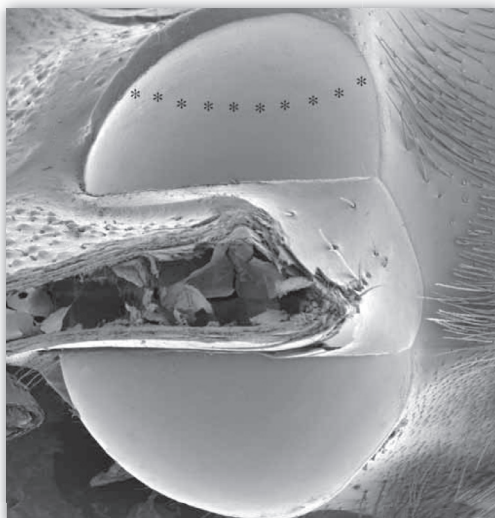


Жуки-скарabeї — гарні літуни, які можуть долати кілька кілометрів за день у пошуках свіжого посліду копитних, який вони виявляють на запах. Їхнє завдання просте — заготовити послід для себе або майбутнього нащадка: набрати побільше, відкотити подалі й закопати якнайглибше. Це пов'язано з тим, що біля купи посліду надто багато тих, хто ладен відібрати заготовлене: птахів, які розграбовують кладку й з'їдають личинок, а також паразитоїдних ос, що відкладають свої яйця в кульку, а їхні личинки паразитують на личинці скарabeя. Тому тільки-но скарabeй зліпить свою кульку за допомогою передніх лап та розрослого лопатоподібного наличника голови, він одразу починає її котити. Але постає питання: куди котити? Звідки жук знає напрямок?

У численних експериментах учені знайшли пояснення — комаха реагує на поляризоване світло, джерелом якого є сонце. Причому не просто реагує, а запам'ятовує взаємне розташування сонця на небі та придатної ділянки ґрунту для закопування кульки в землі, яку самиця виявила під час облітання території. Дослідження мозку скарabeїв показали, що в них добре розвинені грибоподібні долі, що відповідають за пам'ять і складну поведінку. Така будова мозку є унікальною з-поміж жуків, оскільки притаманна радше соціальним комахам: термітам, мурахам, осам, бджолам тощо.



*Скарabeй із «дашком» над головою*



*Верхня й нижня частини ока скарabeя (над зірочками розташована зона, чутлива до поляризованого світла)<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Світлину адаптовано з Twilight orientation to polarised light in the crepuscular beetle *Scarabaeus zambesianus*. M. Dacke, P. Nordström and C. Scholtz. Journal of Experimental Biology. 2003. Vol. 206. P. 1535–1543.

Тут іще важливу роль відіграє будова ока скарабеїв і їхня здатність бачити поляризоване світло (його світлові хвилі коливаються визначеним чином, а не аби-як, що характерно для неполяризованого світла), яке сприймають далеко не всі комахи. Фасеткові очі скарабеїв розділені на дві половини так, що виникає враження, наче в них їх не два, а чотири. Нижня частина кожного ока призначена для огляду землі, а верхня — неба. Дослідження сітківки очей скарабеїв показали, що вона різна у верхній і нижній половинках. Верхня містить рецептори поляризованого світла, а нижня — ні. Тому після того, як самиця виліпила кульку з посліду і готова її котити, вона злазить на своє творіння, протирає поверхню фасеток лапками і починає рухатись по колу, підіймаючи й опускаючи голову. Вона здійснює 2–3 повні оберти, які нагадують танок, проте самиця чітко запам'ятовує розташування сонця на небі й визначає напрямок, куди котити кульку. В експериментах визначено, що скарабей найчастіше котить свою кульку в протилежному напрямку від джерела поляризованого світла, відхиляючись ліворуч чи праворуч на 35–45°. Якщо жуку прикрити верхню половину очей «шапочкою» з чорного цупкого паперу, то він не зможе побачити поляризоване світло від сонця. У таких випадках жуки, залізши на кульку, продовжують «танцювати», згодом спускаються, знову залазять, «танцюють», проте не «знають», куди їй котити. Цей експеримент дуже добре ілюструє стереотиповість інстинктивної поведінки й відсутність можливості «приймати рішення» в незвичній ситуації.



Для цього експерименту тобі знадобиться помічник. Жука з кулькою знову поклади в центрі арени, звідки він почне котити її. Попроси помічника створити тінь за допомогою великого шматка картону. Чи змінилася поведінка комахи? Повтори цей експеримент декілька разів з різними жуками. Продовжуймо експериментувати! Тепер після затінення жука дзеркалом наводь на нього «сонячні зайчики». Повторюй експеримент, спрямовуючи світло від дзеркала з різних боків і під різними кутами. Що змінилося? Надалі, замість «зайчиків», світи на жука ліхтариком (оскільки надворі день, то ліхтарик повинен розташовуватися біля комахи якнайближче). Чи з'явилися зміни в поведінці й напрямку руху тварини? Як можна пояснити побачене? Спостереження запиши в лабораторний журнал. І не забувай про відео!



Ми вже з'ясували, що скарабеї котять свою кульку, орієнтуючись на джерело поляризованого світла — сонце. Декі види є присмерковими або навіть нічними, тому їхнім орієнтиром є повний місяць, який світить відбитим сонячним промінням, а за відсутності місяця — світло йде від нашої галактики Чумацький Шлях. Якщо жука затінити шматком великого картону, затуливши джерело поляризованого світла, комаха дезорієнтується й перестане котити кульку. Скарабей намагатиметься віднайти орієнтир, буде лазити поруч кульки, танцювати на ній тощо, але практично не котитиме її. Коли навести «сонячний зайчик» від дзеркала на жука, він одразу ж сприйме його як орієнтир і покотить свій «м'ячик» далі. Змінюючи кут і спрямування сонячних зайчиків, можна досягти зміни руху скарабея з його кулькою. Ліхтарик з лампами розжарення зазвичай дають неполяризоване світло, тому при освітленні комахи ліхтариком загальний напрямок руху залишиться незмінним. Але якщо використати діодовий ліхтарик, світло якого здебільшого поляризоване, то скарабей змінюватиме напрямок руху, реагуючи на нього.



*Скарабей, що котить кульку посліду*



Закріпи поруч ацени вентилятор чи сушарку для волосся так, щоб був постійний, проте не сильний потік повітря на рівні ґрунту через центр місця експерименту. Жука й кульку розташуй у центрі. Чи впливає потік повітря на напрямок руху жука? Спостереження занотуй у лабораторний журнал. Продовжуй експеримент із потоком повітря, затінивши жука аркушем картону. Повтори дослід кілька разів. Чи змінився напрямок руху комахи? А тепер за допомогою дзеркала з різних боків і під різними кутами спрямовуй «сонячні зайчики» на жука. А потому посвіти ліхтариком. Що відбулося? Чи є зміни в русі? Чи впливає напрямок вітру на рух скарабея, чи тільки світло? Виклади свої міркування в коментарях до відео та запитай у своїх друзів та подруг про їхні думки стосовно побаченого.



У попередньому експерименті ми побачили, що під час затінення скарабей втрачає орієнтир. Однак у природі жуки не перестають котити свої кульки, коли небо затягується хмарами. А в південних широтах, де полудневе сонце

може знаходитись у зеніті, скарабеї не мають змоги «розрахувати» напрямок, куди котити кульку. Проте вони не припиняють цього робити. Очевидно, що жуки використовують ще якісь орієнтири. І одним із них є вітер — усіяне волосинками тіло скарабея чутливе до руху повітря. «Танцюючи» на кульці, комаха визначає не лише джерело поляризованого світла, але й напрямок вітру. Якщо хмара раптово затуляє сонце, то це лише на декілька секунд дезорієнтує жука, а далі він орієнтується на вітер, продовжуючи свою роботу. У цьому експерименті ми змоделювали саме таку ситуацію: потік повітря від сушарки й сонце дають орієнтир, а затінення скарабея шматком картону дає можливість простежити його орієнтування за напрямом вітру. Змінюючи положення джерела поляризованого світла з допомогою дзеркала, переключаємо орієнтири скарабея один на інший і навпаки.



1. Наведи приклади тварин, що також можуть орієнтуватися за положенням сонця на небі. Як можна перевірити експериментально наявність у них такої здатності?
2. До якого типу органів чуття можна віднести чутливі волосини на тілі скарабея? Чи можуть волосини нашого тіла виконувати подібну функцію?

## Хто ти?

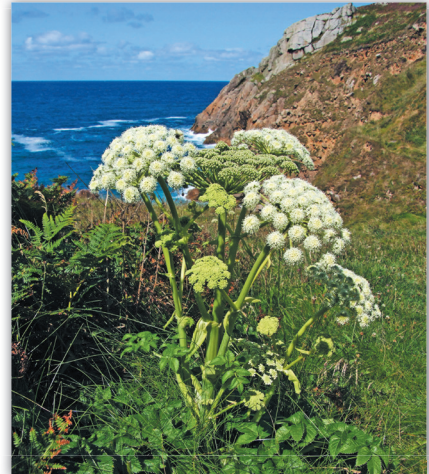
Небезпеки на комах чатують зусібч — величезна армія комаходітних птахів та й комах-хижаків повсякчасно готові з'їсти необачну муху чи жука, які бодай на якусь мить відволіклися. Тому еволюція комах, керована природним добром, призвела до вироблення величезного розмаїття захисту від хижаків. Тут і маскуваннн, й отруйність, і удавання неістівним, і жалючість, і завмираннн... Однак найцікавішим з-поміж усіх пристосувань до захисту від хижаків є мімікрія — імітація інших небезпечних комах. Якщо всі способи захисту є більш-менш статичними, то мімікрія — складний динамічний груповий захист як імітаторів (наприклад, мух чи жуків), так і об'єктів імітації (наприклад, бджіл чи ос). Цей захист ґрунтується на тому, що частина особин об'єкту імітації повинна обов'язково загинути, прицьому спричинивши в хижака вироблення стійкого рефлексу на непридатність до споживання цих комах. Наприклад, молодий птах, що впіймав осу, тут же буде

боляче вжаленим, однак оса при цьому від отриманих травм загине. У результаті кількох спроб з'їсти осу чи бджолу птах дуже добре запам'ятає, що посмуговані комахи — небезпечні, тому в майбутньому їх усіляко уникатиме. Від цього виграють усі оси, бджоли, джмелі та інші жалкі комахи, проте, окрім них, вигоду отримують й інші смугасті комахи, як-от жуки, мухи, деякі метелики, нежалкі перетинчастокрилі тощо.

Як уважають учені, мімікрія як пристосування комах, виникла паралельно з еволюцією квіткових рослин, адже практично всі ці комахи живляться нектаром та пилком квітів, супутньо запилюючи їх. Дослідження мімікрії є одним із найбільш складних завдань у сучасній біології, оскільки в лабораторних експериментах дуже важко відтворити природні умови, а в дикій природі — складно відслідкувати все розмаїття взаємозв'язків. Спробуй свої сили в дослідженні мімікрії — розпізнай, хто перед тобою — імітатор чи модель імітації.

Спостереження за мімікрією слід здійснювати влітку, коли квітне більшість рослин із родини пастернакових. Їхні великі, схожі на парасольки суцвіття багаті на нектар і дуже приваблюють комах. Найкращими для спостереження є суцвіття дягелю лісового, який квітне в червні-липні на узліссях листяних і мішаних лісів усієї України. Ще однією рослиною, на якій дуже добре спостерігати за мімікрією комах, є таволжник звичайний із родини шипшинових. Величезні й запашні суцвіття приваблюють безліч комах щедрим нектаром. Росте ця рослина на узліссях листяних лісів Волині, Поділля й Карпат, а на решті теренів України її культивують у садках за надзвичайно високу декоративність. Утім ти можеш спостерігати й за іншими квітами, які відвідують різноманітні комахи.

Для наших спостережень знадобляться цифрова камера з автофокусом й об'ємною карткою пам'яті (16–32 гігабайти і більше), дерев'яна



*Дягель лісовий*



*Таволжник*

жердина завдовжки 2,5 м, загострений дерев'яний кілок 0,5 м, сокира, декілька гумових кілець, твердий дрiт 2,5 м, польовий щоденник. Спостереження слід проводити маловітряного теплогo сонячного дня, обравши добре розквітлі суцвіття таволжника або дягелю чи інших пастернакових. Перед початком спостереження слід віднайти рослини, які найчастіше відвідують оси (звичайна чи австрійська оса), а також шершні. З цими комахами слід бути дуже обережними, оскільки їхня отрута є небезпечною, хоча спостереження саме за ними є найбільш цікавими.



Спершу поспостерігай за комахами, які відвідують суцвіття. Зауваж, до яких рядів вони належать і скільки часу проводять на суцвітті. Скільки комах водночас перебуває на суцвітті? Як часто нежалкі (мухи, жуки, їздці та інші) і жалкі (бджоли, джмелі, оси, шершні, мурахи) комахи перебувають разом. Важливо відзначити й забарвлення цих комах: посмуговані, з цятками, однотонні світлі чи темні тощо. Які з цих кольорових форм переважають? Чи мирне в усіх комах співіснування, чи трапляються акти агресії стосовно своїх «побратимів»? Якщо так, то які комахи виступають агресорами, а які зазнають агресії, як вони забарвлені? Усі спостереження запиши до польового щоденника.

Присутність людини відлякує багатьох комах, а також їх потенційних ворогів — птахів. Щоб усунути цю проблему слід автоматизувати процес спостереження. Для цього необхідно прилаштувати жердину із закріпленою гумками цифровою камерою на рівні суцвіття: забий у ґрунт половину загостреного кілка й з допомогою дроту прив'яжи до нього жердину. Камера повинна знаходитись із південного боку, однак не кидати тіні на суцвіття. Увімкни камеру з автоматичним фокусуванням на суцвітті, а сам сховайся неподалік у затінку. Після дня зйомок, ввечері переглянь відео та змонтуй найцікавіші моменти для публікації в інтернеті. Чи прилітали на суцвіття птахи, а оси чи шерешні? Як вони поведилися?



Схема моделі мімікрії

Поспостерігай уважно за комахами й поміть їх у змодельованій схемі мімікрії, що зображена на малюнку. А стрілками зобрази, хто кого імітує в цій системі. Внутрішній менший шестикутник

представляє мюллерівську мімікрію (за неї захищені види мімікрюють під інші захищені), де свої місця посідають отруйні (жуки-сонечка) та жалкі комахи (оси, бджоли, мурахи та інші). Більший шестикутник — бейтсівська мімікрія (за неї незахищені види мімікрюють під захищені) з комахами-імітаторами (жуки, мухи тощо). Кожен маленький шестикутник — окремий вид комах.



Мімікрія має дуже багато форм і проявів, проте дві з них є найбільш розповсюдженими — це бейтсівська та мюллерівська мімікрії. Першу дослідив британський натураліст Генрі Бейтс у 1861 році. Бейтсівська мімікрія передбачає, що неотруйні комахи імітують отруйних, наприклад, мухи-повисюхи вдають із себе ос. Мюллерівська мімікрія, відкрита німецьким натуралістом Фріцом Мюллером у 1878 році, стверджує, що отруйні комахи імітують інших отруйних комах, що забезпечує їм груповий захист. Наприклад, бджоли імітують інших бджіл та ос — усі вони мають тіло, посмуговане у жовті (оранжеві або червоні) та чорні кольори.

Поспостерігай за поведінкою звичайних ос на суцвітті. Звичайно, вони доволі мирно вживаються з іншими комахами, злизуючи нектар. Як відомо, осі є всеїдними комахами, які живляться не лише багатою на вуглеводи, а й білковою їжею — м'ясом. Однак, у часі вигодовування великої кількості личинок, осі стають доволі агресивними стосовно інших комах і розглядають їх як їжу. Колонія ос зазвичай найбільшого розміру досягає в середині літа. У цей час осі-робітниці змушені добувати багато білкової їжі, тому вони нападають на різноманітних комах, що живляться нектаром. Атака є стрімкою: оса накидається на свою жертву, наносячи їй удар жалом і впорскуючи в неї отруту. Убиту комаху оса-робітниця відносить у гніздо, де згодовує її личинці. Та чи нападає оса на будь-яку жертву, чи вибирає між присутніми якусь одну? Чи має значення імітаційне осоподібне забарвлення в комах у такому разі? Уважно досліди це питання, а свої думки та ідеї запиши до польового щоденника та прокоментуй у відеоролику.



*Оси та їх імітатори на суцвітті дягелю*

Зовсім інша поведінка в шершнів, які переважно є хижаками: вони зрідка злизують нектар з квіток, а віддають перевагу



*Шершень, який  
впольовав осу*

тваринній їжі. Шерешні-робітниці також змушені добувати багато білкової їжі в середині літа, аби прогодувати велику кількість личинок у колонії, з-поміж яких підрастають майбутні самці і самиці. Шершень-робітниця завдяки своїм розмірам атакує будь-яку з комах на суцвітті. При цьому вона віддає перевагу більшим із них, нехтуючи дрібними. Вони дуже

часто нападають на ос, бджіл і джмелів, хоча усі з-посеред них мають жало. Однак шершень є настільки спритною комахою, що в жертви просто не залишається жодних шансів на порятунок. Цікаво, що ці хижаки не несуть упольовану здобич у колонію, а тут же її поїдають. Цей процес також є дуже цікавим: шершень утримує здобич чотирма передніми ніжками, а задньою парою зачіпається за нижню частину суцвіття, повисаючи вниз головою. У такій позі він поїдає впольовану комаху.

Поведінка бджіл на суцвітті відрізняється залежно від виду. Наприклад, домашня медоносна бджола неспішно й дуже методично злизує нектар, збирає пилок із квіток, а в завершенні своєї роботи перелітає на сусіднє суцвіття. Джмелі, які теж є бджолами, поведуться зовсім інакше. Дрібні джмелі-робітниці, які мають жало, є вельми метушливими — вони моторно «оббігають» суцвіття злизуючи нектар лише з найбагатших ним квіток й одразу перелітають на сусіднє, а відтак несуть його в колонію для вигодування личинок. А в джмелів-самців жала нема. Вони у великій кількості з'являються у липні-серпні й геть не схожі на робітниць — повільні і нелякливі.



*Вкриті пилом бджола (ліворуч)  
і джміль (праворуч) на квітках*



Вони довго залишаються на суцвітті, ретельно вилизуючи нектар і наїдаючись пилком. Якщо хтось спробує доторкнутись до них, то підіймають угору задні ніжки, намагаючись відштовхнути кривдника. Суцвіття рослин роду Пастернак є вельми привабливими для різноманітних мух. На багаті нектаром угіддя злітаються мухи-повисюхи, мухи-левички, мухи-їжачки, мухи-м'ясниці, гедзі (лише самці) та багато інших.

Найвідомішими імітаторами ос, бджіл та джмелів є мухи-повисюхи. Водночас вони є найбільш різнобарвними й красивими. Їхнє імітування жалких перетинчастокрилих є найбільш ідеальним — часом важко відрізнити, перед тобою оса чи муха. І лише наявність однієї пари крил та коротких вусиків видають їх. Гарно імітують ос мухи-левички, проте вони трапляються значно рідше за мух-повисюх. А от мухи-їжачки забарвлені переважно в руді кольори з чорними цятками та плямами, імітуючи не стільки жалких перетинчастокрилих, скільки отруйних чи неїстівних жуків-сонечок та м'якотілок.

### Оса руда та її імітатори



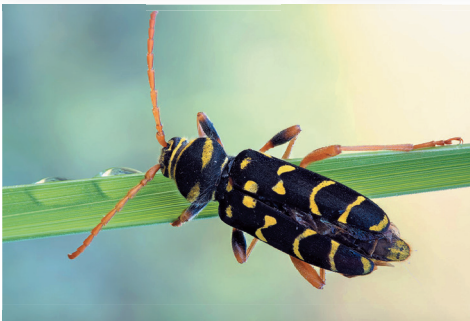
Муха-повисюха  
квіткова



Оса руда



Муха-левичка  
хамелеон



Кліт-імітатор  
осовидний



Метелик-шклярівка  
осовидна

Назагал їхня мімікрія є недосконалою. А сині, зелені та сірі мухи-м'ясниці, які геть далекі від імітації жалких перетинчастокрилих, покладаються на свою прудкість. Хоча й у них є цікаве пристосування — напрямлені у різні боки мікроскопічні волоски, що за різних кутів падіння світла відблискують, наче смуги. Можливо, у далекому майбутньому ці мухи також еволюціонують у досконалих імітаторів...

Серед жуків, що трапляються на суцвіттях дягелю чи таволжника, майже усі мають імітаційне забарвлення. Тут часто можна натрапити на вусачів, крицяків, бронзівок, згорбачок, строкаток, сонечок, м'якотілок, шпанівок та багатьох інших, які злизують нектар і їдять пилок. Якщо шпанівки, сонечка та іноді м'якотілки є отруйними і їхнє яскраве посмуговане чи поцятковане забарвлення є попереджувальним, то решта жуків такого захисту не мають. Вони імітують або інших отруйних жуків, або жалких перетинчастокрилих. Найбільш досконало імітування жалких перетинчастокрилих опанували жуки-вусачі: у багатьох із них добре розвинені поперечні смуги на надкрилах, світлі плями на голові й передньоспинці, а рухами своїх довгих, часто двоколірних, вусиків вони нагадують ос. А ось дрібні вусачі та жуки-згорбачки імітують мурах, які є частими гостями багатих на нектар рослинних суцвіть. Деякі бронзівки ж своєю волохатістю й світлими плямами нагадують джмелів. Жуки-строкатки імітують отруйних жуків-шпанівок. А от жуки-крицяки не імітують інших комах, а повторюють забарвлення квіток, причому не у видимому для людини спектрі, а в ультрафіолетовому. Це пов'язано з тим, що очі комах та птахів розрізняють чотири основні кольори, тим часом як очі людей та мавп — лише три.



*Жуки-імітатори: вусач (ліворуч), бронзівка (по центру), строкатка (праворуч)*



1. На світлині «Оси та їх імітатори на суцвітті дягелю» визнач хто є хто: хто жалка комаха, а хто її імітатор.
2. Згадай приклади мімікрії серед хребетних тварин.

Комахи-моделі захищаються від хижаків отрутою чи жалом, а як це роблять хребетні види-моделі?

3. У суспільнознавчих науках є термін «соціальна мімікрія». Хто під кого мімікрує в людському суспільстві? Чи існує «мюлерівський» та «бейтсівський» варіанти такої мімікрії?

## Ідеальні хижаки

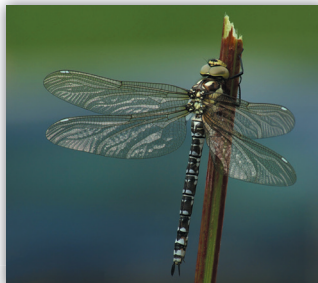
Коли ми говоримо про хижаків, ми уявляємо собі великих кішок: левів, тигрів, гепардів... Вони великі, прудкі й блискавичні. Коли ці тварини виходять на полювання, у їхніх жертв мало шансів на порятунок. Здавалося б, хто може з ними зрівнятися в мистецтві полювання? Хіба вони не ідеальні? Аж ніяк! Є досконаліші, меткіші й смертоносніші хижаки, ніж великі кішки, і це — комахи. Хіба можна порівнювати лева з безхребетними? Як назвав свою книгу Йозеф Ваґнер — «Цар звірів не лев»! Придивімося ближче до хижаків, що на сотні мільйонів років старші за левів, а за свій час існування вони пережили навіть динозаврів.

Свої спостереження ми проводитимемо в дикій природі за маловітряної сонячної погоди, тому нам знадобляться цифрова камера зі штативом, моток тонкої шовкової або синтетичної нитки, ентомологічний сачок, дерев'яна жердина (2,5–3 м), простий олівець і польовий записник.



Нашою ціллю є бабки, які у великих кількостях трапляються на найближчому ставку чи озері. Віднайди зручне для спостережень місце в затінку дерев так, щоб добре було видно водне плесо та прибережні зарості очерету й рогози. Поспостерігай за бабками. Дрібні комахи з тендітним тілом зеленого, синього, сірого, червоного кольорів належать до стрілок, люток, плосконіжок. З-поміж них можуть траплятися бабки із темно-фіалковими крилами — це самці бабок-красунь. Літуни вони кепські, тому багато часу проводять на листі прибережних рослин. Інша справа великі бабки — коромисла та чотарі, прудкість, швидкість і маневреність яких є феноменальними. Поспостерігай, у якому місці вони найчастіше кружляють

та налаштуй штатив і камеру для зйомки. Фільмувати метких чотарів чи коромисел — важке завдання, однак цікаві кадри з полювання бабок та їх періодичних битв за територію заслуговують цієї праці. Спробуй зняти відео полювання бабки на «живця». Для цього сачком на квітах упіймай велику яскраву муху. Відмотай 3–4 м тонкої шовкової нитки, один із кінців якої прив'яжи до довгої дерев'яної жердини, а на іншому зроби петлю й обережно накинй на основу черевця упійманої мухи. Жердину закріпи на березі й випусти прив'язаного «живця». Через прив'язану нитку політ мухи буде незграбним, що відразу ж приверне увагу бабки. Чи атакувала бабка «живця»? Напад був вдалим, чи муха ухилилася від нього? Усі спостереження ретельно записуй до польового щоденника та знімай відео, яке потім змонтуєш для публікації в інтернеті. Спробуй уповільнене відтворення найцікавіших із відзнятих кадрів, щоб було добре видно рух крил бабки, атаки, маневреність тощо.



*Великі бабки (зліва направо): чотар імператор, коромисло синє, коромисло споріднене*



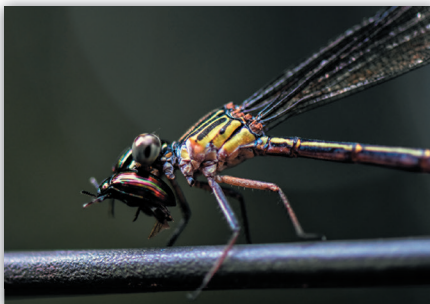
Бабки є одним із найдревніших крилатих комах на нашій планеті. Їхні предки замешкували Землю понад 300 млн років тому, досягаючи велетенських розмірів. Найбільшою з усіх відомих науці бабок була меганевра монія, розмах крил якої сягав 70 см! Це був найбільший і найдосконаліший крилатий хижак у часі до виникнення перших птерозаврів і птахів. Будова тіла сучасних бабок мало чим відрізняється від прадавніх — вона виявилась надзвичайно вдалою і вигідною цим комахам. Перше, що привертає увагу в бабок, — велетенський розмір їх складних фасеткових очей, що займає більшу частину голови. Такі великі очі дають сферичне зображення — бабка бачить одночасно в усіх напрямках: згори, знизу, з лівого й правого боків, спереду і ззаду. Це

дозволяє помічати найменший рух як потенційної жертви, так і можливого хижака. Між складними фасетковими очима, на малюсінькому лобі, у них містяться ще додаткові прості вічка, які сприймають яскравість сонячного світла. Решту голови займають міцні зубаті щелепи, призначені для розгризання необачної жертви. Вусики в бабок вкорочені й спрощені, тож нюх у них кепський і практично не відіграє жодної помітної ролі в їхньому житті. Масивний мускулястий грудний відділ забезпечує роботу двох пар жорстких мережених крил, а тонке довге черевце з кінцевими придатками виконує функцію стабілізатора швидкого маневреного польоту. Усе їхнє тіло — це відточена еволюцією аеродинамічна жива машина. Ноги в польоті бабки щільно притиснуті до тіла так, що не виникає турбулентних потоків. Їхні кінцівки — це ловильний апарат. Гомілки й стегна з внутрішнього боку мають два ряди довгих жорстких шипів, спрямованих під кутом назовні. Коли бабка схоплює жертву ногами, то остання зачіпається за шипи і не може вирватись зі смертоносних обіймів.

Полювання бабок є надзвичайно стрімким і ефектним: помітивши жертву, тварина робить крутий віраж, а іноді й мертву петлю, хапаючи необачних волохокрильця, муху чи бджолу розчепиреними ногами під час польоту. Свою жертву бабки поїдають теж у леті, міцно тримаючи її усіма шістьма ногами. Такі бабки, як коромисла й чотарі, у теплі літні дні практично не сідають, постійно літаючи, а дрібніші види воліють вичікувати на очеретині, гілці чи іншому зручному для них предметі. Політ бабок буває стрімким під час полювання чи втечі, ширяльним, коли комаха виглядає жертву, і зависальним, коли вона щось розглядає. Бабки — одні з небагатьох комах (наприклад, мухи), що можуть зависати на одному місці. Їхні крила можуть рухатись і синхронно, й окремо, що забезпечує неймовірне маневрування. Узагалі,



*Голова бабки із фасетковими та трьома простими очима*



*Бабка з впольованим жуком*

політ комах відрізняється від польоту птахів чи кажанів, які використовують підйомну силу крил. Винятком є хіба жуки зі своїми твердими надкрилами. Робота крила комахи нагадує рух весла, закріпленого до борту човна, — вони гребуть своїми крилами, здійснюючи колові рухи.



Об'єкт цього спостереження — звичайний або європейський богомол, хоча на півдні України є декілька інших видів, занесених до Червоної книги України. Якщо раніше звичайні богомоли траплялись лише на півдні України, то за останнє десятиліття через зміну клімату, вони стали звичними, а місцями й чисельними, на Поліссі, у Карпатах. У серпні, після останнього линяння, німфи богомолів перетворюються на статевозрілих самиць і самців. Це чудовий час для спостережень за ними. Знайти богомола складно, оскільки це засідковий хижак. Однак вони часто прилітають увечері на світло, а також їх можна «викосити» ентомологічним сачком із трави й чагарників на сухих луках південних схилів пагорбів. Знайшовши богомола, поспостерігай за його поведінкою. Оскільки літають вони вкрай погано, то воліють маскуватися, завмираючи між стеблами рослин. Зауваж, скільки ніг богомол використовує для ходьби. Зверни увагу на різницю в будові кінцівок (вони мають різне призначення), на форму голови та очей богомола. Як гадаєш, чому вони такі? Запропонуй богомолу потенційну жертву, попередньо наловивши сачком різних комах. Подай йому мертву та живу їжу. Яку з них богомол схопить? Прив'яжи до тонкої шовкової нитки мертву комаху й поводи нею перед богомолем. Чи зреагував він? А якщо замість мертвої комахи прив'язати шматочок гілочки, чи відізветься на це богомол? Як гадаєш, чому тварина поводить саме так? Свої міркування запиши до польового щоденника та зніми коротке відео для публікації в соцмережах.



*Звичайний богомол (ліворуч) та червонокнижна  
Емпуза смугаста (праворуч)*



Богомоли, як і таргани й терміти, належать до ряду стовпчикокрилих. Це дуже давні комахи, предки яких з'явилися ще за кам'яновугільного періоду — близько 300 млн років тому. Але тоді вони більше нагадували тарганів, аніж богомолів. Богомоли сучасного типу з'явилися приблизно 100 млн років тому, на початку крейдового періоду, і швидко заселили усі континенти. «Холоднокровне» хижакування богомолів увійшло в масову культуру й свідомість. Дійсно, вони тривалий час можуть сидіти нерухомо в засідці, склавши свої хапальні передні кінцівки в очікуванні на необачну жертву. При цьому богомоли активно крутять головою навсібіч, чатуючи на здобич або ж очікуючи потенційну небезпеку. Цікаво, що здатність повертати голову майже на 360° є їхньою унікальною властивістю. Це дозволяє богомолам контролювати все навколо. Як тільки жертва потрапляє в фокус спостереження богомола, він пожвавлюється, оцінює відстань і розводить свої хапальні кінцівки. Розрахувавши час і відстань, комаха різким рухом хапає здобич і негайно починає трапезу. Шансів вирватись зі смертоносних обіймів у жертви практично немає, оскільки кінцівки богомолів, як і бабок, мають по два ряди шипів, які змикаються на тілі впольованої комахи. Слід також зауважити, що попри усю гостроту зору богомолів вони жодним чином не реагують на нерухомі об'єкти. Навіть висувались гіпотези, що вони бачать лише рухоме, а нерухоме — ні. Хоча це сумнівно, адже богомоли прекрасно бачать, куди ступати та якого кольору навколишні об'єкти.



*Богомоли здатні озирнутися, повернувши голову назад*

Личинка мурашиного лева

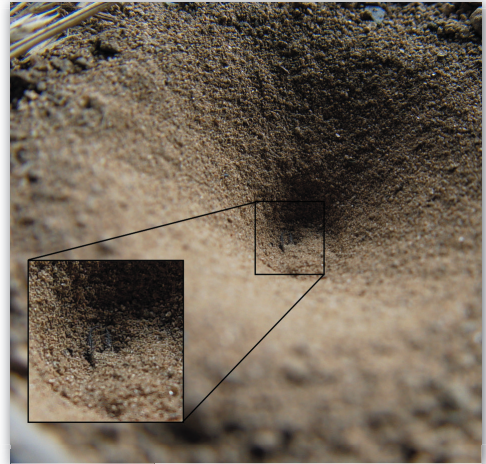


*Личинка мурашиного лева*



Для цього спостереження треба віднайти мурашиного лева. Власне не імаго, яке трапляється на квітах, а його личинку-хижака. Личинки мурашиних левів

оселяються там, де є піщаний або подібний на нього дрібний сипкий ґрунт: на прогрітих сонцем пляжах, оголеннях лісів, вапняків і гіпсів. Це теплолюбні істоти, в Україні їх немає лише в гірській частині Карпат. Виявити личинку мурашиного лева можна лише за глибокими ідеальної форми ямками, схожими на лійки, в піску. Зазвичай вони живуть групами. На дні кожної лійки, закопавшись, зачалась личинка, виставивши назовні лише свої велетенські, схожі на клешні, щелепи. Віднайди в природі такі піщані лійки та простеж за тим, як полює мурашиний лев. Як поводить себе личинка? Чи видає вона ознаки своєї присутності? Як личинка копає свою ямку? Упіймай мурашу або якусь іншу дрібну комаху і вкинь на дно лійки. Що відбулось? Як зреагувала личинка мурашиного лева? Усі свої спостереження занотуй до польового щоденника та зніми коротке відео.



*Піщана пастка личинки мурашиного лева*



Мурашині леви належать до ряду сітчастокрилих — групи найдавніших комах із повним перетворенням. Імаго мурашиних левів — великі комахи, що досягають 3–5 см. Ззовні вони дуже схожі на бабок, проте їхні крила складаються на спині вздовж черевця, що бабкам не властиво. Дорослі мурашині леви або не харчуються взагалі, споживаючи запаси жирового тіла, накопичені личинкою, або можуть злизувати багаті на вуглеводи й білок нектар і пилок квітів. Водночас личинки — активні хижаки. Причому вони влаштовують пастку на жертву за принципом вовчої ями. Личинка викопує глибоку, як для неї, ямку лійкоподібної форми. Для цього вона використовує свої довгі зазубрені щелепи як



*Дорослий мурашиний лев*



лопатку. Личинка викидає пісок із дна ловчої ями, методично рухаючись по колу годинникової стрілки або проти неї (з-поміж мурашиних левів також є «праворукі» та «шульги»). Коли ямка готова, личинка завмирає, широко розкривши свої щелепи. Жертви мурашиного лева — дрібні комахи, що бігають на ґрунті, і випадково втрапляють до пастки. Оскільки комах, особливо мурашок, безліч, то ймовірність улову, таким чином, є дуже високою. Комаха скочується по сипких піщаних стінках лійки вниз, личинка мурашиного лева миттю хапає її своїми велетенськими щелепами. Ці щелепи добрі для ловіння комах і копання ґрунту, але погані для жування (як у самців жуків-оленів). Мурашиний лев пробиває хітин здобичі та впорскує в неї травні ферменти, наче павук, а коли нутроці перетравляться, висмоктує вміст. Порожній екзоскелет жертви мурашиний лев викидає на поверхню.

Заляльковується ця комаха в ґрунті, сплітаючи шовковий кокон, інкрустований піщинками. Життєвий цикл зазвичай триває рік, однак може бути й довшим.



Цього разу поспостерігаємо за мухами-ловцями, більш відомими за русифікованою назвою «ктирі». Для спостережень за цими комахами віднайди найбільш принагідне для цього місце: зазвичай дуже добре прогріте сонцем узлісся. Ловців слід шукати на дерев'яних колодах чи великих каміннях обабіч ґрунтових лісових доріг, де вони гріються на сонечку й вистежують жертву. У степу вони часто сидять на найвищій сухій бадиліні. Уважно обстеж місця потенційного перебування ловців. Якщо сполохаєш їх, не біда, адже вони територіальні і за кілька хвилин повернуться на насиджене місце. Поспостерігай за їхньою поведінкою та простеж за вичікувальними позами комах? Порахуй, скільки разів муха-ловець злітала та поверталась зі здобиччю. Зауваж сутички між окремими особинами цього виду за територію — найбільші та найсильніші завжди перебувають у найвигідніших місцях для полювання. Усі спостереження занотуй до польового щоденника. Налаштуй штатив і камеру для знімання. Фільмувати їх непросто, адже ловці блискавичні у своїх рухах.



*Ловець сірий*



Ловці — великі хижі мухи, широко розповсюджені в усій Україні — від морського узбережжя до верховин Карпат. Найдрібніші з них мають розміри 0,7–1 см, а найбільші — до 5 см! У фавні України трапляються найбільші з них: ловець шершенеподібний завбільшки 1,5–3 см та ловець велетенський — 3–5 см. Більшість із дрібних ловців мають сіре чи брунатне забарвлення, однак великі представники імітують джмелів, ос і шершнів.

Мухи-ловці є надзвичайно спритними і швидкими. Атакуючи свою жертву, вони розганяються до швидкості звуку, долаючи відстань у декілька метрів! Щоправда, політ мухи-ловця з такою швидкістю триває лише частку секунди. Але цього вистачає, щоб упіймати здобич. Мухи займають добре прогріті великі предмети, як-от колоди дерев чи каміння. Це важливо, адже для розгону при полюванні, їхні м'язи повинні бути розігрітими, тому ловець сидить, щільно притиснувшись до теплого субстрату з широко розставленими довгими ногами. Більшу частину голови в них займають випуклі складні фасеткові очі, які відстежують найменший рух довкола.

Як тільки ловець помічає потенційну жертву, він оцінює її швидкість і траєкторію, «приймаючи рішення», нападати чи ні. А тоді кидається навперейми. Ухилитись від атаки мухи-ловця неможливо. Хижак міцно схоплює жертву довгими шипованими ногами, миттю проколює її хітинові покриви та впорскує травні ферменти. Щелепи мух-ловців перетворені на колючий хоботок, тому вони можуть жити лише рідкою їжею (як личинки мурашиних левів чи павуки), висмоктуючи перетравлену «кашку» зі здобичі. Личинки мух-ловців — також хижаки, проте вони живуть у підстилці або гнилій деревині, де полюють на різноманітних личинок комах, м'якунів та хробаків.



*Ловець-джмелівка із впольованим клопом*



*Ловець шершенеподібний*



1. Порівняй будову і поведінку літунів-хижаків: бабки, ловця і соколоподібного птаха. Що спільного між ними?
2. Які дві стратегії полювання використовують згадані в тексті комахи? Які переваги й недоліки кожної з них?

## Чужий

Неймовірно розмаїття комах охоплює не тільки їхні форми, а й способи життя. Одні з них рослиноїдні, інші гризуть деревину, треті — хижакують... А скільки поміж них паразитів стосовно інших тварин і навіть інших комах! Однак є між комах особлива група — паразитоїди. Вони розвинули незвичний спосіб продовження життя, адже відкладають у тіло жертви свої яйця. Личинки цих комах розвиваються всередині личинки-господаря, при цьому не завдаючи помітної шкоди. А от коли настає час господарю лялькуватися, паразитоїд починає робити дивні метаморфози з ним — він продовжує харчуватися, перетворюючись у «переростка». Паразитоїд бере під контроль увесь організм господаря, виділяючи спеціальні гормони. Господар перетворюється на зомбі — він відшукує тихе місце, де завмирає. А личинки паразитоїда у цей час вбивають його, поїдаючи всі нутроці, після чого розривають зовнішній скелет, виходять назовні й заляльковуються. Увесь процес від початку до кінця можна побачити в лабораторних умовах, а в природі легко віднайти імаго комах-паразитоїдів і навіть поспостерегти за відкладанням яєць у жертву. Рушаймо на пошуки чужих!

Для цього нам знадобляться: пластиковий контейнер 10–20 л, польовий щоденник, цифрова камера. Спостереження будемо проводити як у дикій природі, так і вдома, у пластиковому контейнері. Для спостережень у природі треба знайти хвойний ліс. Усе побачене слід записувати до польового щоденника, а також зафільмувати для розміщення в інтернеті.



У хвойному лісі віднайди сухостійні сосни, смереки або ялиці, з яких ще невідпала кора. Такі дерева вже масово заселені личинками різноманітних жуків, наприклад, вусачів, крицяків чи короїдів, а також рогохвостів. Упродовж травня-липня регулярно оглядай стовбури вибраних дерев на наявність їздців-іхневмонів. Саміці їздців відкладатимуть яйця, просвердлюючи довгими яйцекладами деревину і заселяючи своїм

потомством личинок деревогризних комах. Поспостерігай, як саме це робитимуть самиці. Скільки часу їм потрібно, щоб зробити одне відкладання? Як вони поведуться в часі, коли не кладуть яєць? Скільки самиць одночасно відвідує всохле дерево? Усе побачене занотуй до польового щоденника й зніми відео відкладання яєць самицею.



Самиці їздців: доліхомітуса (ліворуч), мегариси (по центру), риси (праворуч)



Їздці-іхневмони — це одна з найбільших родин комах, що налічує понад 60 тисяч видів. Це паразитоїдні комахи, личинки яких розвиваються або в тілі личинок-господарів, або на його поверхні. А імаго їздців живиться, в основному, нектаром квітів, хоча деякі можуть успішно хижакувати. Особливістю більшості їздців-іхневмонів є дуже довгий яйцеклад (у 3–10 разів довшого за тіло) у самиць. Самці, зрозуміло, його не мають. З-поміж їздців є дуже багато видів, розміри яких вражають уяву. У фавні України з-поміж їздців-велетів є мегариси, риси, доліхомітуса й ціла низка інших, розміри самиць яких разом із яйцекладом можуть сягати 10–15 сантиметрів!

У теплу сонячну погоду, самиці активно бігають на стовбурах усохлих сосен та смерек, обмацуючи довгими вусиками їхню поверхню. Вони винюють (вусики комах — орган нюху) запах личинок вусачів або рогахвостів, який просочується крізь вентиляційні личинкові ходи. Окрім того, вони прислухаються своїми лапками до того, як личинки потенційної жертви гризуть деревину (у комах на лапках знаходяться підколінні органи, що відповідають за слух). Віднайшовши личинку на потрібній глибині, самиця їздця-іхневмона виймає з чохла яйцеклад, вигинається дугою та починає ним свердлити деревину прямісінько над личинкою вусача чи рогахвоста. Досягши личинки, самиця відкладає яйце, виймає яйцеклад і шукає наступну жертву. Усього-на-всього вона витрачає від 20 до 60 хвилин. У цей час самиці є найбільш вразливими до

нападу птахів, адже їхній яйцеклад глибоко й міцно сидить у дереві. Дуже часто можна бачити поодинокі яйцеклади, що стирчать зі стовбура — це все, що залишилось від їздця після візиту птаха... Але якщо все відбулось успішно, личинка-паразитоїд буде розвиватись у личинці-господарі впродовж року, поїдаючи його внутрішні жирові запаси та кров, а навесні змусить господаря прогризти деревину до кори, де уб'є його, залялькувавшись.



На грядках капусти наприкінці червня чи на початку липня назбирай гусениць білана капустяного. Слід вибирати найбільші особини — «гусениць-переростків», адже найвища ймовірність зараженості паразитоїдами саме в них. Відібравши 20–30 гусениць, поклади їх до пластикового лотка зі свіжим листям капусти. Оглянь кожну з гусениць: на останній стадії розвитку личинок-паразитоїда, їх часто помітно крізь напівпрозорі покриви гусені-господаря. Коли віднайнеш саме таких, за ними слід ретельно спостерігати, аби не проґавити момент виходу паразитоїда з гусені. Як саме відбувається цей вихід? Що далі стається з личинками паразитоїда? Скільки часу триває стадія лялечки? Усі спостереження занотуй у польовий щоденник; зніми та змонтуй відео.



Основним паразитоїдом гусені білана капустяного є мініатюрний їздець-браконіда котезія. Самці цих малесеньких їздців відшукують щойно народжений виводок гусені і почергово відкладають по десятку-півтора яєць у їхнє тіло. Звичайно, не усю гусінь вдається інфікувати. Личинки паразитоїдів розвиваються всередині гусені і ростуть разом із нею. Однак перед останнім линянням господаря личинки паразитоїда починають виділяти велику кількість юнацького гормону, що перешкоджає господарю перейти до наступної стадії розвитку — він продовжує харчуватись. Коли личинки паразитоїда готові перетворитись на лялечки, вони змінюють поведінку господаря — гусінь відшукує місце для свого лялькування, якого насправді не буде...

Паразитоїди вбивають закріплену на шовкових нитках і готову до лялькування гусінь, проривають її покриви й виходять назовні. Кожна личинка обплітається жовтим коконом із тонких шовкових ниток, де й заляльковується. Через тиждень із коконів виходять мініатюрні їздці-браконіди, готові заражати нову гусінь.

Учені давно помітили цю здатність їздців-браконід і використовують їх для біологічного захисту капустяних полів, випускаючи тисячі паразитоїдів. Подібний спосіб захисту проти шкідників використовують і в теплицях та оранжереях. Вигода полягає в тому, що паразитоїди знищують перше покоління сільськогосподарських шкідників і не доводиться обробляти поля отрутохімікатами, які є шкідливими для корисних комах, а також і для людини.

### Життєвий цикл їздця-браконіди котезії



Відкладання яєць  
самкою їздця в личинки  
капустяного білана



Вихід личинок котезії  
з тіла хазяїна



Заляльковування личинок  
котезії поряд з мертвим  
хазяїном



Молоді їздці, які щойно  
покинули кокони



1. Порівняй будову і поведінку літунів-хижаків: бабки, ловця і соколоподібного птаха. Що спільного між ними?
2. Які дві стратегії полювання використовують згадані в тексті комахи? Які переваги й недоліки кожної з них?

# РИБИ



Риби — найрізноманітніша за видами група хребетних тварин. Середовище існування риб — водне (прісні чи солоні водойми). Тому цілком природно, що фізіологічна будова цих істот має ознаки пристосованості саме до водної стихії. Риби мають парні та непарні плавці, зябра та шкіру, укриту лускою. На відміну від суходільних хребетних, крім вух, органів рівноваги та очей, вони мають ще й бічну лінію для сприймання потоків і коливань води. Розмножуються риби викиданням ікри — нерестом. Існують також живородні риби (акули, окремі коралові риби тощо). За основою тканини скелета поділяють риб на дві великі групи: хрящових (примітивніших) та кісткових (досконаліших).

## Риби лікують

У пошуках нового засобу для лікування опіків лікарі звернули увагу на властивості риб'ячої шкіри, що дають змогу використувати її як пластир. Деякі дослідження свідчать, що такий риб'ячий пластир полегшує біль, захищає шкіру людини від інфекції та сприяє швидшому видужанню.

Риби також є джерелом незамінних жирів, необхідних людині для нормального росту й розвитку, а також для підтримання здоров'я. Усупереч загальній жиробобії, ВОЗ радить регулярно вживати жирну рибу. Рекомендується раз чи двічі на тиждень їсти рибу, особливо морську, таку як скумбрія, лосось і оселедець. Вони містять незамінні (так їх називають тому, що вони не



*Застосування шкіри риб як пластиря під час лікування опіків*



утворюються в організмі) довголанцюгові ненасичені жирні кислоти (які іноді називають омега-3, омега-6 та омега-9), які мають надходити з їжею. Ці кислоти потрібні нашому організмові як важливий будівельний матеріал для клітинних мембран, для утворення тканинних гормонів, для роботи нервів, м'язів та очей.

Інший спосіб медичного використання риб — іхтіотерапія. У ній окремі види риб використовують для лікування захворювань шкіри, таких як псоріаз. Назва іхтіотерапія походить від грецької назви риби — «іхтіс». Історія такого лікування в традиційній медицині мало задокументована. Хоча є свідчення з одного з китайських музеїв, тематика якого — історії життя японських військовополонених у китайських таборах, де висить ескіз, виконаний в'язнем. На малюнку він зобразив себе по пояс у воді, в якій плавають маленькі рибки-лікарі (*Garra rufa*), нині широко застосовувані для педикюру та масажу, — вони очищують шкіру від шматочків, які відмерли, та поліпшують кровообіг.



Риби-лікарі за роботою

Ти також можеш відчувати подібне на «роботу» рибок-лікарів: на березі озера, річки чи моря, у тому місці, де ростуть водорості, опусти ноги у воду. Щойно це зробиш й за водоростями не стане видно пальців, з'явиться відчуття легкого лоскоту. По нетривалому звиканні (не бійтеся сміятися, якщо лоскотно, — сміх подовжує життя!) це дуже розслаблює. Насправді через коливання води відбувається мікромасаж, який стимулює кровообіг у шкірі.

Ці риби-лікарі уже кілька століть використовуються у високогірних районах Туреччини, де вони живуть зграями в проточній прісній воді. У риби немає зубів, лише рогові пластинки, схожі на мікротертки, якими вона мовби підхоплює та знімає свою їжу — нарости водоростей на камінні.

За відсутності природної їжі в акваріумі вони обходяться мертвими й мозолястими частинками шкіри людини, яка опускає ноги в акваріум. Риби просто «відкушують» їх! Процедура з рибою-лікарем займає від 15 до 45 хвилин. Лікування особливо рекомендується пацієнтам із псоріазом та іншими захворюваннями шкіри. На відміну від більшості видів риб, які дуже лякливі, риба-лікар наближається до людини без жодного страху.

Поступово іхтіотерапія завойовує популярність у всьому світі, здебільшого як спа-процедура. Проте в деяких штатах США така послуга заборонена. Медики вважають, що риби можуть переносити віруси. Крім того, самі риби-лікарі є носіями бактерій, здатних викликати тяжкі інфекції.



Риба-зебра, або даніо реріо

Які ж переваги рибо-процедур перед звичайним педикюром? Просто твої ноги лікуються в надзвичайно обережних «терапевтів»! Риба не може ні розрізати надто глибоко, ні стерти забагато мозолів. І після процедури шкіра стає дивовижно гладенькою та свіжою.

Як ви пам'ятаєте, риби — наші еволюційні предки. У нас є схожі з їхніми гени (ділянки ДНК, відповідальні за кодування певних ознак організму). Тому деякі риби (наприклад, риби-зебри — *Danio rerio*) стали модельними організмами для наукових досліджень: перш ніж проводити медичні дослідження на жабах, приматах чи людині, їх проводять на рибці. І якщо медична процедура не становить небезпеки для риб, переходять до роботи зі складнішими організмами. Модельні організми швидко розмножуються, вони прості й недорогі в утриманні, а їхні гени добре вивчені. Тож завдяки маленьким рибкам-зебрам учені роблять відкриття в різноманітних біологічних і медичних дисциплінах: від проблем розвитку організму до лікування раку, діабету й ожиріння.

## Хочеш швидко плавати — будь як риба

Інженери та конструктори, що виробляють підводну техніку, запозичують ідеї своїх проєктів, беручи до уваги фізіологічні особливості риб. Адже будова їхнього тіла — результат сотень мільйонів років еволюції, а значить, сама природа шляхом спроб і помилок відібрала оптимальні варіанти конструкції тіла для життя під водою.

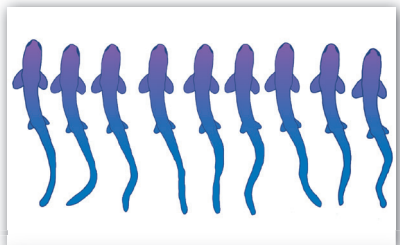


Схема плавальних  
рухів риб

Секрет швидкого руху риб розкрили завдяки простому експерименту. В акваріум із рибами налили молока, і це дало змогу стежити за їхнім пересуванням. Так, було встановлено, що основна «рушійна сила» виникає внаслідок коливань тулуба, а не роботи плавців, як багато хто думає, та залежить від форми тіла.



Для експерименту знадобляться посудина з плоским дном, пісок і різнокольоровий пластилін. Рівномірно розподіли пісок усією площею дна посудини, утворивши насип висотою 3–4 см. Із різнобарвного пластиліну зроби моделі риб різних форм. Наприклад, із пластиліну одного кольору зліпи ковбаску завдовжки 3–4 см з приплюснутими кінцями спереду і ззаду, яка за формою нагадуватиме рибу. З пластиліну іншого кольору — близько 3 см в діаметрі, а з третього — квадрат, кожна сторона якого дорівнюватиме 3 см. Можна виготовити пластилінових риб іншої форми: з розширеннями, виступами тощо. При цьому маса всіх моделей має бути однаковою — використовуй однакові за розміром шматочки пластиліну.

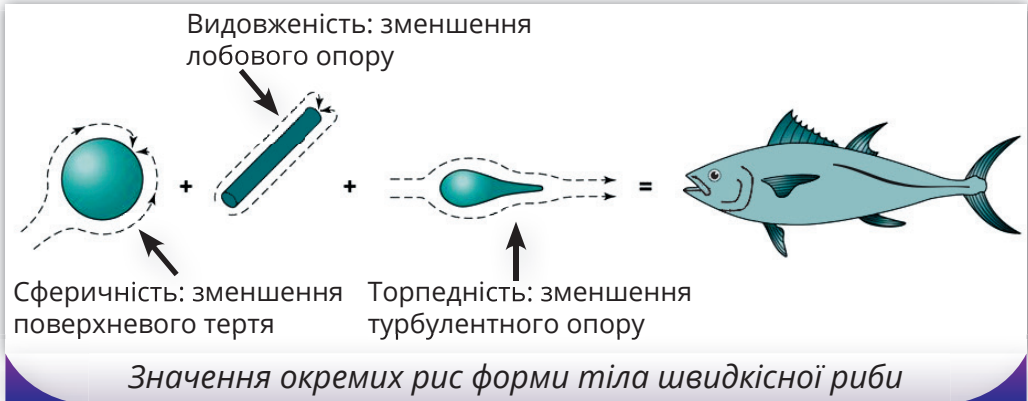
Візьми першу модель, яка за формою нагадує рибу, поклади на пісок і повільно починай пересувати вказівним пальцем від одного кінця ємності до іншого. Спостерігай за тим, що відбувається. Риба просувається плавно чи на її шляху постають перешкоди? Повтори те саме з іншими моделями. Запиши спостереження у свій щоденник, зроби фото слідів або зніми відео експерименту.



*Сліди від руху моделей різної форми*



За будовою тіла риби різні, проте більшість має торпедоподібну форму із загостреним рилом. Вода легше обтікає тулуб за рахунок зменшення лобового опору. Крім того, така форма дозволяє уникнути утворення завихрень водних потоків під час руху. Ба більше, тіло риби покрите слизом, який виділяє шкіра, — це дозволяє значно зменшити тертя. Саме завдяки цьому мешканці річок та океанів досягають неабиякої швидкості під час руху у воді. Про людей, буває, кажуть: «Плаває, мов риба». Однак ніхто з нас не зрівняється з найкращими рибами-плавцями: лососем, акулою, тунцем, скумбрією. Вони мають торпедоподібну форму тіла, гарні плавці й здатні до тривалих і швидких пересувань.



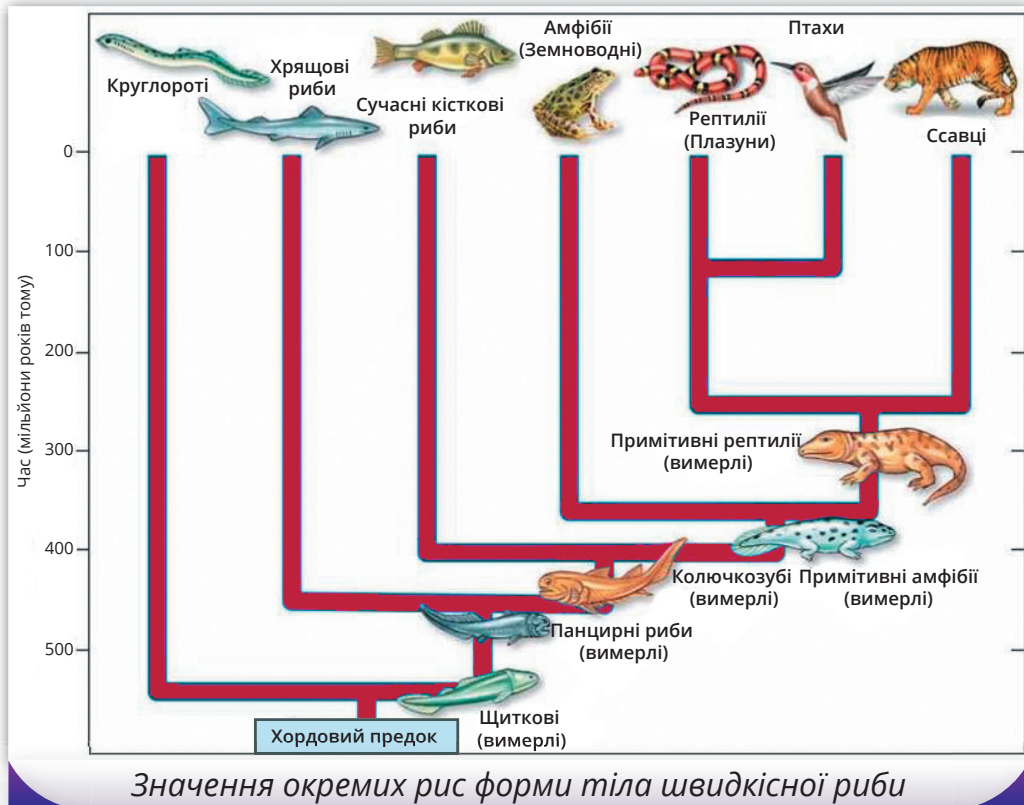
Використовуючи принципи гідродинамічної будови риб і дельфінів, людина винаходить нові способи проектування кораблів і підводних об'єктів, а також принципи створення автомобілів, поїздів та літаків. У лабораторіях експеримент, подібний до описаного вище, проводять у гідродинамічній трубі. Є така і в Україні. Гідродинамічна труба — основний прилад науково-дослідної лабораторії гідродинаміки білякритичних течій у місті Рівному. Вона призначена для дослідження течій рідини та руху в ній твердих тіл, а також для вивчення характеристик рухомих тіл.



1. Чому рухати квадратну модель найважче? Чому зі сферичною та торпедоподібною моделями таких перешкод не виникає?
2. Чи усі риби мають обтічну торпедоподібну форму?
3. Сформулюй причини, чому риби можуть мати відмінну від класичної форму тіла.

## Внутрішня риба

Викладач медичної школи Чиказького університету Ніл Шубін у книзі «Внутрішня риба. Історія людського тіла від найдавніших часів до сьогодні» написав: «Найкраща карта людського тіла — у тілах інших тварин. Найпростіший спосіб скласти в студентів уявлення про нерви в голові людини полягає в тому, щоб показати їм, як влаштовані нерви акул. Найлегший шлях до пізнання наших кінцівок — вивчення риб. Рептилії дуже допомагають вивчати будову мозку. І все це тому, що тіла хребетних тварин часто виявляються спрощеними версіями людського тіла».



Якщо ти готовий краще пізнавати власне тіло та єдність тварин і людини, слід почати із захопливого експерименту — з розтину риби. Кожен удома чи на дачі може детально вивчити наших еволюційних предків та дізнатися, що ми успадкували від них, а чим володіють лише риби.

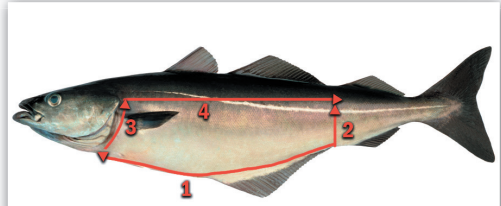
Для експерименту знадобляться ножиці, риба, щоденник спостережень. Рибу можна купити в крамниці або на базарі, головне — цілу, не патрану. І приємний момент: після проведення дослідів її можна буде засмажити та з'їсти!



Розглянь рибу зовні. Полічи кількість плавців, знайди парні й непарні. Подивися, чи має риба зуби, зазирни під зяброві кришки. Занотуй побачене в лабораторний журнал.

Тепер переходь до розтину. Знайди анальний отвір риби та простроми в нього лезо ножиць на 1 см. Акуратно від анального отвору до голови розріж шкіру й тонкі м'язи риби вздовж черева. Трохи підніми пальцями частину шкіри та проріж широке вікно в бічній частині тулуба. Починай різати від анального отвору вгору спиною, поки

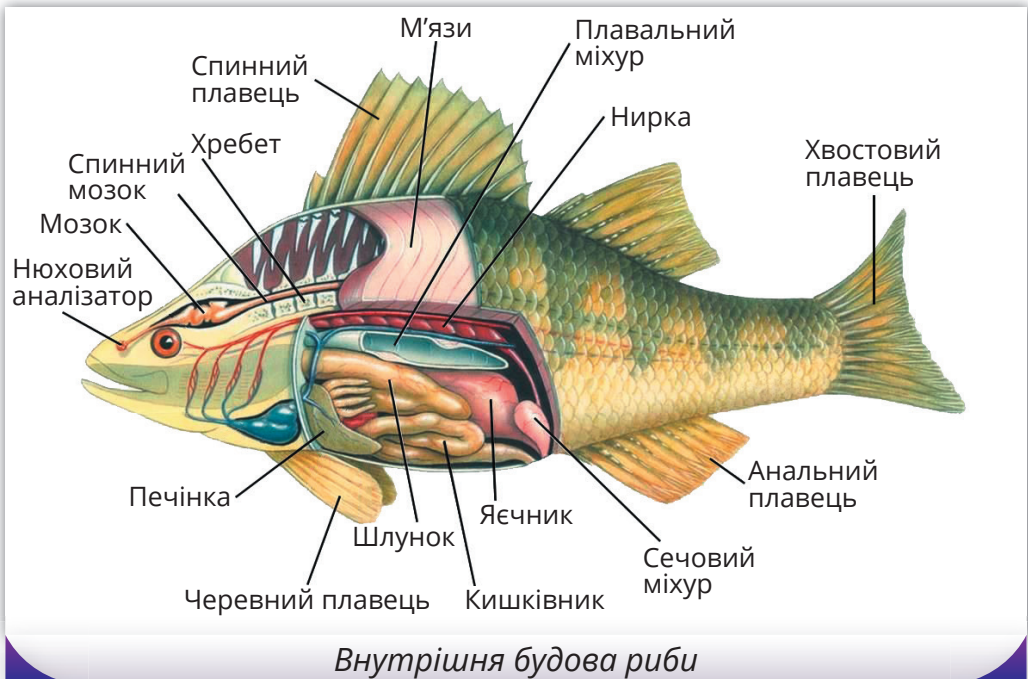
широкі й товсті м'язи не почнуть заважати. Потім так само від черева до спини, але біля голови. І згодом — відріж шкіру з м'язами й кістками. Досліди побачене й порівняй із зображенням. Спробуй знайти окремі органи (для зручності їх можна вийняти й розкласти на папері). Зніми побачене на відео та поділись ним із друзями й подругами в соціальних мережах.



Послідовність розрізів тіла риби



Якщо ви відкрили рот риби й побачили в зуби, вочевидь, це хижак, а якщо замість зубів апарат для фільтрування, то риба — фільтратор, вона харчувалася планктоном (дрібними організмами, завислими в товщі води). Спинний (чи спинні), анальний та хвостовий плавці — непарні, водночас грудні та черевні — парні.



Під час огляду зябер можна нарахувати чотири пари зябрових дуг із червоними зябровими пелюстками.

Серед внутрішніх органів виділяються яєчники з ікрою або сім'япроводи з молоками, сплутаний кишківник із виростами,

серце, довгі стрічкоподібні нирки, плавальний міхур. Останній орган — унікальний, його мають лише риби. Він відіграє важливу роль не лише в пересуванні риб, а й у слуханні та утворенні звуків.

Плавальний міхур — орган кісткових риб, що утворюється з виросту стравоходу риби. Він слугує для регулювання питомої ваги риби (її щільності), аби риба могла плавати в товщі води, спливати й занурюватися глибше, якщо їй це потрібно. Цей орган також полегшує стабілізацію положення риби у воді, позаяк центр її маси знаходиться нижче за нього.

У більшості кісткових риб є плавальний міхур. Проте в деяких, наприклад, у камбали, він відсутній, тому вона зазвичай веде придонний спосіб життя. Риби, що не мають плавального міхура, але не є донними, скажімо, акули, тримаються у воді за рахунок постійного руху. Дослідімо, як впливає міхур на плавучість риб.



Для цього досліді знадобляться великий резервуар (миска) для води, маленька пляшка з вузьким горлом (наприклад, з-під соку об'ємом 0,2 л) — на ній можна намалювати фломастером рибу з очима та лускою, гумова трубка завдовжки близько 50 см і діаметром приблизно 1 см, повітряна кулька (слід заздалегідь один раз її надути й спустити, щоб вона легше розтягувалася), широкий скотч.

Наповни «рибку»-пляшку водою та занур у миску. Натягни повітряну кульку на кінець шланга та закріпи липкою стрічкою. Тепер засунь кульку в уже занурену пляшку. Повільно надувай кульку. Спостерігай, що відбувається з пляшкою. Як змінюється положення пляшки у воді, коли повітряна кулька лише ледь надута, помірно надута й, нарешті, — добре надута? Що відбувається, коли випустити повітря з кульки? Зніміть відео, опублікуйте його в інтернеті та обговоріть з подругами та друзями, чому так відбувається.



*Модель роботи плавального міхура риб*



На початку експерименту щільність «рибки»-пляшки (її питома вага — відношення маси до об'єму тіла) вища за щільність води, й «рибка» опускається на дно

посудини. Щойно повітряну кульку надувають, щільність риби знижується (об'єм пляшки той самий, а ось маса знижується, адже повітря дуже легке) й вона починає спливати на поверхню.

Подібно до пляшки, жива риба важча за воду. Аби плисти у воді й не тонути, рибі потрібно напружуватися й весь час застосовувати плавці. Проте кісткові риби в процесі еволюції набули додаткового лайфхаку — у них з'явився плавальний міхур — мішечок, що наповнюється газами й кров'ю тварини.



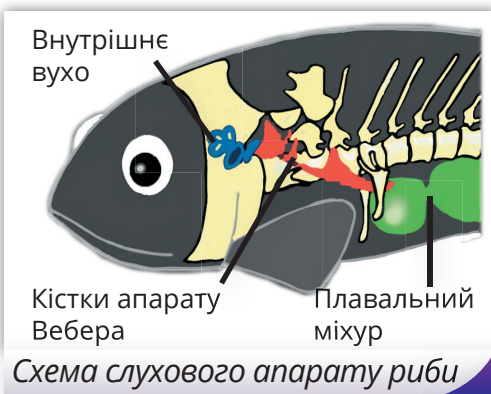
Цей орган особливий, у нього є голова (передня частина) та хвіст (задня частина). Коли надувається голова міхура — передня частина тіла риби легшає, піднімається й риба пливе догори, а коли надувається хвіст міхура — легшає задня частина тіла риби, передня частина тіла занурюється й тварина поринає в глибину. А ще завдяки плавальному міхурові риба може нерухомо зависати у воді й не використовувати у цей час плавці. За аналогією з рибами в підводних човнах використовують повітря для наповнення спеціальних резервуарів. У них спочатку заливають воду, човен важчає й занурюється. Якщо потрібно виплисти, то ці резервуари наповнюють





повітрям із газових балонів. Таким чином важкий підводний човен стає легшим за воду й під дією сили Архімеда піднімається на поверхню.

Плавальний міхур багатьом риbam потрібен також для слухового сприйняття й генерації звуків. Тривалий час уважалося, що риба не чує жодного шуму, а може сприймати лише хвилі тиску за допомогою бічної лінії. Згодом з'ясувалося, що риби чудово чують і розрізняють звуки. У них є маленькі наповнені рідиною трубочки за очима — внутрішні вуха. Під дією звукових хвиль у вусі виникає вібрація, яка збуджує чутливі нервові клітини (рецептори), що вже передають інформацію до мозку. Позаяк у риб немає ні вушної раковини, ні барабанної перетинки, то для підсилення звуку розвинулися інші механізми. У деяких видів риб (коропоподібні, тетри, соми) плавальний міхур слугує підсилювачем звукових хвиль, а дрібні кісточки, з'єднані з ним, передають коливання у внутрішнє вухо. Завдяки цьому пристрою — апарату Вебера — такі риби чують у 40–60 разів краще, ніж види риб без цієї ознаки. Так само, як і три кісточки вух ссавців (молоточок, коваделко та стремінце), апарат Вебера передає звукові хвилі, які «сприймає» плавальний міхур, у внутрішнє вухо риби.



Ба більше, деякі риби вміють видавати звуки за допомогою міхура! Їх генерування відбувається в різних видів по-різному. Найчастіше — за допомогою особливих барабаних м'язів, що прилягають до плавального міхура. Якщо вони швидко напружуються й розслабляються, то це змушує плавальний міхур вібрувати. Так створюють звуки морські кургани, умбри та піраньї — їх «мова» нагадує гавкіт або гудіння. Звуки можуть видавати і складніші органи, як зяберні щілини в сома, або ж риби можуть просто скреготати зубами (деякі цихліди). Створення звуків відіграє важливу роль у соціальній поведінці риб, особливо під час упадання за самкою та агресивного суперництва. Звуки тут використовуються як додаткова можливість залякати, справити враження й оцінити опонента. Загалом біологічне значення звуків дуже різне: вони використовуються для тісного спілкування та підтримання контактів, стимулюють дозрівання статевих клітин

і розмноження самок, самці використовують їх для позначення своєї території або для приваблення самок, готових до розмноження.



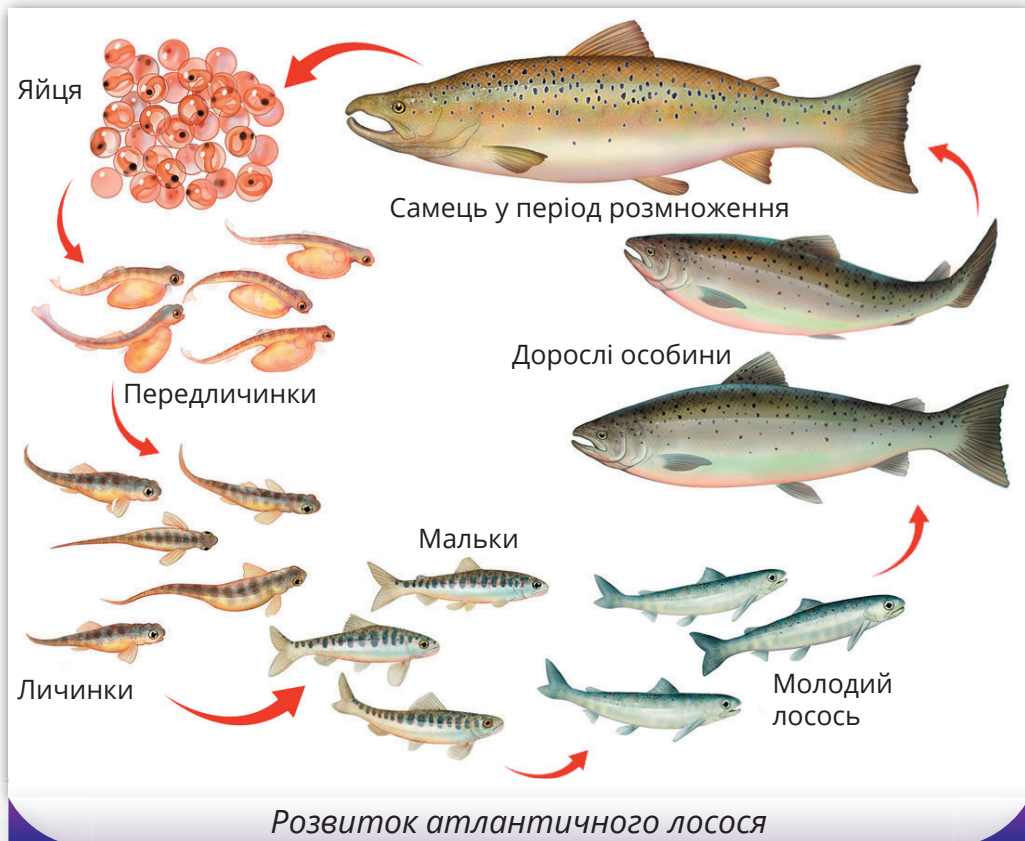
1. Які докази того, що людина походить від риб ти б міг / могла навести?
2. Як вважаєш, який орган риб згодом розвинувся в легені наземних хребетних тварин? Чому саме цей?
3. У результаті чого в риб зменшується об'єм плавального міхура?

## Річні кільця риб

Як і людина, риба росте й розвивається. Але розмноження, ріст і розвиток риб і людей відрізняються. Більшість риб — роздільностатеві тварини, тобто в організмі однієї особини зустрічаються органи тільки чоловічої або тільки жіночої статеві системи. Статева система самок представлена непарним яєчником, у якому відбувається дозрівання ікринок, а в організмі самців є пара довгих сім'яників, де зріють мільйони сперматозоїдів. У більшості риб запліднення зовнішнє, але не в усіх. Наприклад, у хрящових риб (акул і скатів) запліднення внутрішнє.

Ровиток плоду має кілька етапів. Спочатку відбувається запліднення, потім із заплідненої яйцеклітини відбувається розвиток передличинки — від моменту виходу її з ікринки до зникнення жовткового мішка. Жовтковий мішок дає зародкові, що знаходяться в ікринці, необхідний запас поживних речовин.

Далі настає стадія личинки. Тварина зовні ще не схожа на дорослу особину та спочатку харчується лише мікроорганізмами й дрібними рачками. З личинки виростає мальок, що вже нагадує дорослу особину з цілком сформованими скелетними променями в плавцях і до певної міри вираженим лусковим покровом (післяличинкова стадія). Із малька розвивається доросла риба, а на лусці щороку з'являється одне річне кільце. Тому ми можемо підрахувати кількість річних кілець на лусці, й так визначити вік тварин. Окрім луски, вік риб визначають ще за кістками, наприклад, за хребцями, за верхньощелепною кісткою та іншими плоскими кістками. А щоб відрізнити личинок від мальків, перевіряють наявність променів плавців.



Розвиток атлантичного лосося



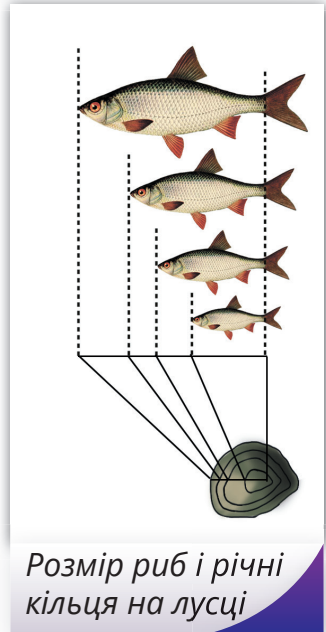
Для експерименту знадобляться луска риби (а ще цікавіше — узяти луску різних риб), пінцет і збільшувальне скло. Луску краще брати із середини тіла, під передньою частиною спинного плавця та, як правило, над бічною лінією, тобто вище середини тіла. З кожної риби пінцетом беруть по 10–20 лусочок.

Розглянь зовнішні особливості будови луски однієї або кількох різних риб під лупою. Яку форму має луска (округлу, ромбоподібну, зубчасту)? Скільки річних кілець можна нарахувати? Зроби відповідні записи в щоденник.



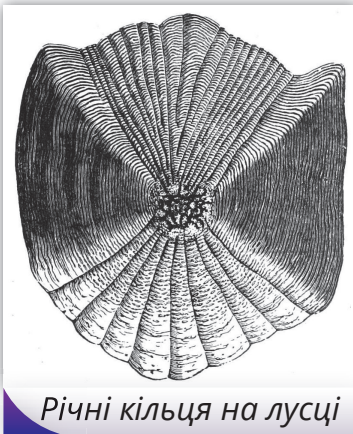
Луска в кісткових риб складається з прозорої основної пластинки та мінералізованого верхнього шару. Основна пластинка побудована з волокнистих пластинок, що підстелені одна під одну, як млинці на тарілці. Їх кількість збільшується впродовж дорослішання риби й росту луски. У верхньому шарі луски є мінералізовані гребні. Вони розташовані колами (іноді незамкненими), менші з яких оточені більшими. Коли луска росте,

під маленькою (першою) основною пластинкою утворюється друга, ширша. На її краях, які виходять з-під верхньої основної пластинки, виникають гребені, які й називають річними кільцями. Під другою пластинкою так само утворюється третя й так далі. Луску можна уявити у вигляді конуса, що складається з пластинок, які поступово збільшуються згори донизу. Верхня з цих пластинок — найменша, але й найстаріша, нижня — наймолодша та більша за решту. Тому луска по середині товща, ніж збоку. Лінії, що йдуть від центру до країв луски, називаються радіальними борозенками, канальцями. Вони додають лусці гнучкості, а це важливо для товстих лусочок, які без цього пристосування погано згиналися б.



*Розмір риб і річні кільця на лусці*

Визначення віку риб за лускою та кістками засноване на нерівномірності росту риби впродовж року. Зазвичай риби влітку ростуть швидко, до осені їх ріст сповільнюється, а взимку — припиняється. Одночасно зі зростанням риб'ячого тіла в довжину росте й кожна її лусочка. Нерівномірність росту риби, його періодичність відбиваються й на рості луски. Під час росту луски на її верхньому шарі відкладаються кільця. Улітку й навесні за швидкого росту луски відкладаються ширші кільця й відстань між ними більша, ніж восени й узимку. Кільця йдуть одне за одним навколо центру, і їх число відповідає числу років, прожитих рибою.



*Річні кільця на лусці*



**1.** У розділі, присвяченому молюскам, ти вже рахував / рахувала вік тварини за утвореннями на зовнішній поверхні тіла. Чи відрізняються закономірності вікового росту равликів та риб?

**2.** Чому розмір кожної лусочки має збільшуватися з віком риби? Які висновки можна зробити з цього спостереження про кількість лусок на тілі риби?

## Разом ми сила

Рибам, як і багатьом тваринам, властива соціальна поведінка. Багато риб практично все життя проводять у складі різноманітних об'єднань. Внутрішня організація та форми взаємодії між членами угруповання вкрай розмаїті й залежать від виду риб, їх віку, способу життя, фізіологічного статусу та чинників зовнішнього середовища. Найчастіше риби об'єднуються в зграї. У риб, які перебувають у зграї, змінюються координація та поведінка. Зграйна поведінка залежить від освітленості, наявності течії, присутності хижаків. Дедалі частіше проводяться дослідження механізмів, що лежать в основі взаємодії особин, та вивчення групової поведінки.

Спробуймо це дослідити. Для досліду знадобляться акваріум із рибками, знаряддя для риболовлі (можна виготовити модель самостійно або придбати іграшкову вудку), ліхтарик.



Проведіть спостереження за акваріумними рибками. Вони тримаються кожна окремо чи групами? Чи утворюють зграю риби різних видів? Чи кожен вид утворює зграю з подібними? Як гадаєте, чому це відбувається? Подивіться, що станеться з рибами, якщо в акваріум опустити вудку. Як види зреагують на наявність знаряддя для ловлення в акваріумі? Чи «сповістять» самотніх риб, які перебувають далеко від вудки, про присутність подразника? Зафільмуйте спостереження.



Реакція зграї на подразник, помічений лише частиною особин, призводить до того, що всі риби в акваріумі починають переміщуватися. Величезне значення у формуванні зграй має можливість зорової реакції. Зокрема, за надмірної освітленості акваріума риби втрачають зоровий контакт одна з одною і зграя розпадається.

Але якщо в досліджуваному вами акваріумі є риби цихліди, вони завжди триматимуться відособлено. Цихліди — хижі, дуже яскраво забарвлені та розмаїті за формою тропічні риби, що відносяться до ряду Окунеподібних. Через усамітнення цихліди не надто активно реагуватимуть на загрозу.

Більшість цихлід має кепську вдачу: вони полюбляють бійки, тому їх не можна утримувати разом з іншими акваріумними рибами. Ці риби можуть битися навіть між собою, і часом сильніша

самка вбиває самця. Якщо посадити цихлід у спільний акваріум до інших риб, вони можуть побитися, обірвати шматки плавців чи просто з'їсти сусідів!

Цікаві ж ці риби своїми шлюбними іграми та зміною забарвлення. У період розмноження цихліди будують гнізда, а також завзято захищають свої ікру та потомство, що підростає. Неабиякий інтелект риб дає їм змогу впізнавати господарів.



*Поведінка цихлід: залежно від ситуації вони ховаються або без побоювань охороняють ікру*

Цікаво, що в багатьох країнах Євросоюзу для уникнення надмірного негативного впливу на рибні угруповання, рибалкам для отримання законного права на риболовлю, потрібно мати дозвіл. Процедура отримання прав на риболовлю дуже схожа на процедуру отримання водійських прав. Учень / учениця мусить відвідати певне число навчальних годин для вивчення анатомії та фізіології риб, навичок правильної риболовлі та опанування її біоетичних норм, а потому скласти іспит.



1. Які переваги має зграя риб над рибою-самітницею?
2. Чи усім тваринам потрібен зоровий контакт для підтримання зграйної соціальної поведінки? Хто може утворювати зграї, навіть не бачачи одне одного?

## Риб'ячі рефлекс

Якщо вдома у вас є акваріум, можна провести ще зо два експерименти, аби переконатися, що в риб розвиваються різноманітні безумовні та умовні рефлекс — реакції організму на подразники,

що реалізуються центральною нервовою системою. Безумовні рефлекси — спадкові (вроджені) реакції організму, спільні для особин усього виду. Умовні рефлекси виникають у процесі розвитку та накопичення нових навичок та вони є індивідуальними.

Для досліду знадобляться акваріум з рибками, монетка.



Залиште своїх рибок на кілька днів без корму, потім перед кожним годуванням стукайте по стінці акваріума монеткою і спостерігайте за поведінкою рибок та давайте їм потроху корму. Дослід проводьте щодня та годуйте рибок постійно в одному й тому самому місці акваріуму. Як довго проводити експеримент? Доти, поки риби після сигналу не почнуть збиратися біля місця харчування за відсутності там корму. Зверніть увагу на те, чи однаково швидко розвиваються умовні рефлекси в різних видів риб. Спостереження запишіть у свій щоденник і не забудьте зняти відео з поведінкою риб на початку та в кінці спостереження.



Для формування в риб умовного рефлексу необхідно, щоб певний умовний подразник (постукування по акваріуму монеткою, світловий подразник тощо) взаємодіяв із безумовним подразником (корм). Зауважте: для розвитку умовного рефлексу на постукування монеткою по склу необхідне багаторазове поєднання умовного та безумовного подразників, хоча для деяких риб зі складнішою організацією мозку для цього достатньо й одноразового поєднання умовного та безумовного.



Годування  
акваріумних риб

Під час досліду ти спостерігав / спостерігала за розвитком умовного рефлексу, що ґрунтується на роботі нервової системи. Залежно від середовища й способу життя тварин певні ділянки мозку можуть значно збільшуватися. Наприклад, види, наділені достатньою рухливістю у воді, мають добре розвинуті мозочок (що якраз і відповідає за координацію рухів) і зір. Представники риб із яскраво вираженим нюхом вирізняються збільшеним переднім мозком, де розташовуються нюхові частки. Хи-

жаки з прекрасним зором мають розвинутий середній мозок — у ньому відбувається первинне оброблення зорової інформації. Ба більше, риbam, які живуть зграями, необхідна взаємодія. Тому вони обмінюються інформацією за допомогою різноманітних сигналів: звукові, зорові, хімічні. Непогано в риб розвинута пам'ять, вони можуть запам'ятати своїх власників і відрізнати їх від інших людей.



**1.** Спробуй виробити умовний харчовий рефлекс у риб не на постукування монеткою, а на увімкнення світла. Який з двох подразників ефективніший з огляду на вироблення рефлексу?

**2.** Наведи приклади поведінкових безумовних рефлексів риб. Яке їх значення?





**ΑΜΦΙΒΙΪ**

Багато хто скаже, що деякі представники класу амфібій (земноводних) — жаби всіх видів і тритони — холодні, слизькі та бридкі. Але це поверхова думка, насправді все значно цікавіше. Слово «амфібія» — грецького походження, означає воно «ті, що ведуть подвійне життя». Так їх назвали тому, що більшість земноводних, які вилупилися з ікри, живуть у воді й дихають крізь зябра, як риби. А ось дорослі тварини часто живуть на суші, дихають легенями, а також вологою шкірою, вкритою слизом (через неї вони отримують до 50 % кисню!). Як і риби, майже всі амфібії відкладають ікру і в них є личинки — пуголовки. Але наявність чотирьох кінцівок очевидно свідчить про них, як про наземних тварин! На відміну від тритонів, у дорослих жаб немає хвоста, тому їх ще називають безхвостими земноводними. Усі представники амфібій — холонокровні тварини: температура тіла в них змінюється залежно від температури навколишнього середовища. У цьому розділі ми детальніше познайомимося з їх особливостями та можливостями — готові?

## Амфібії лікують

Земноводні утворюють різноманітні потенційно активні речовини, які можна використовувати у складі ліків. Позаяк ці тварини поглинають воду й кисень через шкіру, вони потребують захисту від небезпечних мікробів, що проникають цим самим шляхом, тож виділяють речовини, які запобігають розвитку в цьому середовищі грибків і бактерій.

Яскравий приклад історичного застосування виділень земноводних — отруйні стріли індіанців, змазані шкірною отрутою амфібій. Найяскравіший приклад — батрахотоксин отруйного жахливого листолаза (*Phyllobates terribilis*). Отрута, що виділяється шкірними залозами на спині та навколо вух, виробляється не самими тваринами, а жуками, яких вони поїдають. Батрахотоксин діє як нейротоксин; він не дозволяє нервам жертви передавати імпульси, м'язи залишаються в неактивному стані, а це призводить до порушення роботи серця й зупинки дихання. Але виділення шкіри листолаза складаються не лише з батрахотоксинів. Токсини їхньої шкіри є сумішшю 300 різних високотоксичних речовин. Ці та інші властивості компонентів виділень шкіри жахливого

листолаза дедалі частіше стають об'єктом фармацевтичних розробок. Наприклад, на їх основі розробляється новий засіб для лікування розсіяного склерозу. Деякі активні інгредієнти, отримані з батрахотоксина, вже застосовуються в хірургії для наркозу.

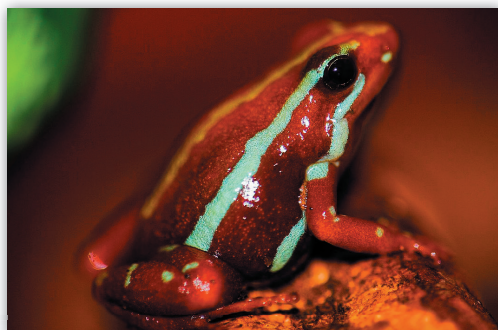
Отрута жаби триколірного деревозлаза (*Epidobates tricolor*) стала основою для розробки антибіотика, а також нешкідливого людині інсектициду для боротьби з комахами. Епібатидин — шкірний продукт золотого деревозлаза (*Dendrobates auratus*) привертає увагу своєю знеболювальною дією, що в 200 разів сильніша одного з найпотужніших знеболювальних — морфіну.

В Австралії живуть жаби з роду *Rheobatrachus*, самки яких ковтають власні яйця. Яйця потрапляють у шлунок і там із них вилуплюються пуголовки. Потім матері-жабки випускають потомство назовні через рот. Таке явище можливе завдяки особливій речовині, що запобігає виробленню шлункового соку. Це дає вченим надію: якщо детальніше вивчити цю речовину, можна знайти засіб від порушень роботи шлунку.

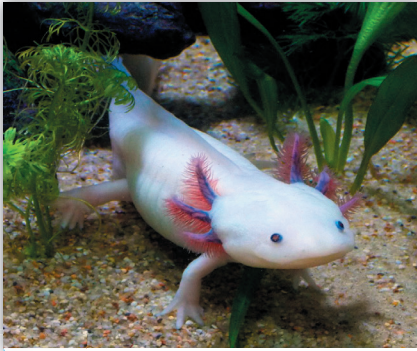
Давню історію має також використання шкірних виділень жаб родини *Vifo* як галюциногенів. Така діюча речовина — буфотенін, — але отримана від жаби аги, застосовується в сучасних розробках ліків, що запобігають утворенню кисти нирки. У східній медицині жаб'яча отрута давно застосовується в лікуванні виразок і кровотеч, а також як сечогінний засіб, хоча такий її ефект не доведений сучасною медициною.



Листолаз жахливий



Триколірний (ліворуч) та золотий (праворуч) деревозлази



Аксолотль

Отруйні виділення шкіри вогняної (плямистої) саламандри лише трохи токсичні для людини, але в рідкісних випадках можуть викликати небезпечні для життя ускладнення у дрібніших ссавців (наприклад, у котів чи собак). Отрута цих саламандр є нейротоксином, який застосовується в розробці препарату самандарину. Його в медицині розглядають як потенційне місцеве знеболювальне.

Про здатність аксолотля до регенерації ходять легенди: Якщо ця личинка саламандри втрачає кінцівки, частини життєво важливих органів чи навіть частини свого мозку, вона просто відрощує те, чого бракує, і ця частина тіла знову стає практично такою ж. Вчені довго шукали генетичну основу цієї суперздатності, адже це може стати основою нових методів відновлення пошкоджених тканин людини.

Аксолотль — це, по суті, личинка, яка не росте й не розвивається. Такі личинки є в кількох видів саламандр, тож, строго кажучи, аксолотль — збірна назва. Але найчастіше, коли говорять про аксолотля, мають на увазі личинку конкретної саламандри — мексиканської амбістоми. Поява аксолотлів зумовлена тим, що у деяких личинок блокується власне вироблення гормонів, які відповідають за перетворення на дорослий організм, внаслідок чого тварина не дорослішає.

Чому аксолотлю так легко вдається відростити будь-яку частину тіла? По-перше, місце росту органа, що регенерує, не піддається атаці клітин імунної системи через її низьку активність у личинок. По-друге, як і в планарії, участь у відновленні органів аксолотля беруть стовбурові клітини. Їх у саламандр набагато більше, ніж у людини. Вченим ще вивчати й вивчати здатність саламандр до відновлення органів, але важливіше, використовуючи набуті знання, навчитися активувати людську здатність до регенерації.

А поки що вчені придумали ще один спосіб повернення втрачених, пошкоджених чи хворих частин тіла — виростити їх у лабораторії. Одним із кроків у галузі трансплантології (пересадки органів) були експерименти з клонування. Серед іншого й клонування земноводних.

Уперше досліди з клонування земноводних провів англійський біолог Джон Гердон, який за свої роботи у 2012 році був нагороджений Нобелівською премією з фізіології або медицини. Для свого досліджу він виділив ядро з клітини кишківника шпоркової жаби та помістив його в яйцеклітину, з якої заздалегідь видалив ядро. Результатом стала поява пуголовка, який розвинувся в дорослу жабу, ідентичну донорці ядра, — в її клона.



*Шпоркова жаба*

У цих дослідження шпоркові жаби мають переваги: в них зовнішнє запліднення, цикл розвитку від яйця до вилуплення займає всього 37 годин. На додачу, у процесі розвитку ембріона оболонка ікринки залишається прозорою, отже, легко спостерігати за змінами наживо. Шпоркова жаба є гарним модельним організмом для досліджень спадкових закономірностей і зародкового розвитку. На жабі можна відтворити порушення розвитку шкіри, обличчя, нирок, тому що генетично жаби набагато ближчі до людини, ніж риби-зебри данію, про яких ми говорили раніше.

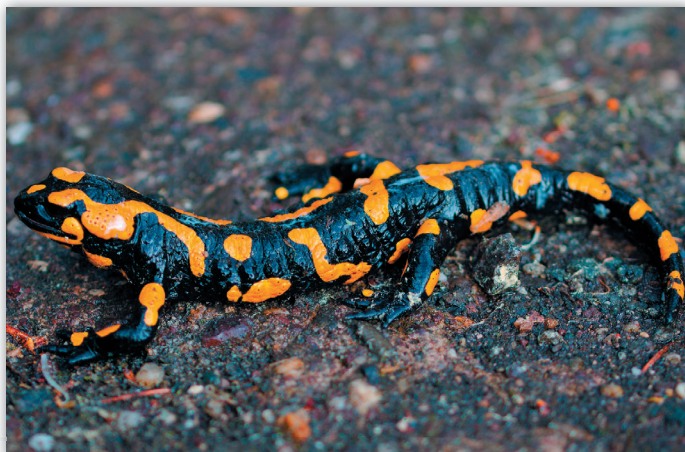
Але цим не обмежується зацікавлення даною амфібією. Групуючи певним чином клітини епітелія та серцевого м'яза ембріона шпоркової жаби, вчені вже створили біологічних роботів, здатних самостійно рухатися. Передбачається, що їх можна буде «програмувати» для виконання медичних маніпуляцій в організмі людини, наприклад, руйнування тромбів у кровоносних судинах.

*Лапи амфібіям потрібні, щоб плавати, стрибати й повзати*

Понад 350 мільйонів років тому предки амфібій насмілилися вийти з води на суходіл, але за весь час, що минув звідтоді, вони так і не відірвалися від води цілком. Що в їхньому тілі «водне», а що «суходільне», допоможе з'ясувати уважне вивчення.

Для спостереження вам необхідно спіймати земноводну тварину: жабу, ропуху чи тритона. Під час відловлювання потрібне також глибоке відро, куди ви зможете помістити амфібію для проведення спостережень або експериментів. Є безліч способів

спіймати цих тварин як за допомогою сачка або сітки, так і просто руками. Але вибір знаряддя — ваша справа. Якщо земноводна тварина сидить на землі, зручно застосувати захоплення згори, а якщо вона у воді, ліпше вдається до методу підхоплення знизу. Плямисту (вогняну) саламандру, яку можна зустріти в лісах Закарпатської, Івано-Франківської та Львівської областей, краще не ловити голіруч, тому що виділення її шкіри токсичні.



*Плямиста (вогняна) саламандра*

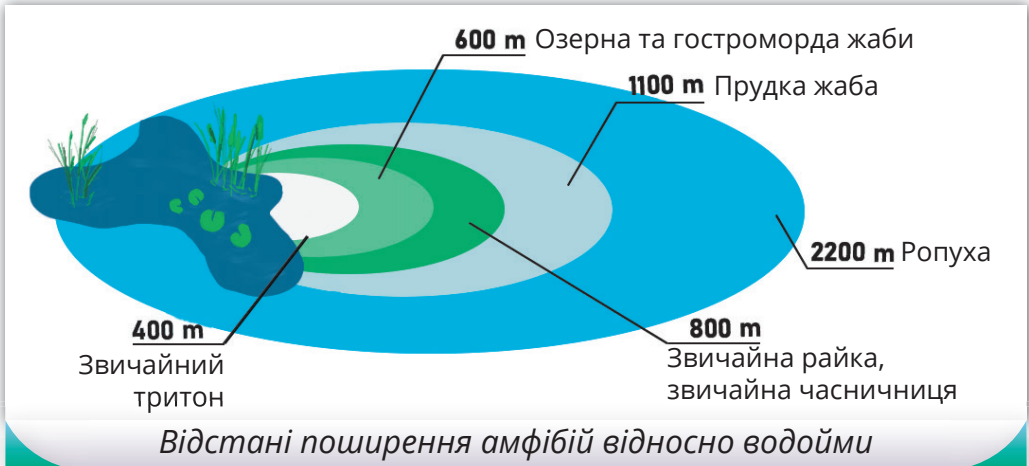


Коли спіймаєш земноводну тварину, розглянь її зовнішню будову. Чи має тварина хвоста? Якої форми в неї тіло? Підрахуй пальці на кінцівках. Уважно роздивись особливості будови голови, очей, резонаторів (за їх наявності). Зауваж особливості шкіри. Спостереження запиши у польовий щоденник.



Вид амфібії можна визначити по вивченні особливостей будови та місця поширення. Визнач відстань до водойми (наприклад, до озера, калюжі чи струмка). Усіх амфібій України можна зустріти у воді, але лише у певний сезон. Що далі ти будеш від водойми, то меншого розміття земноводних можна очікувати. В радіусі приблизно 400 метрів від водойми вам вдасться спіймати звичайного тритона — від решти амфібій він відрізняється наявністю хвоста. Озерну та гостроморду жаб можна спіймати не більш ніж за 600 метрів від водойми. На відстані 800 метрів спіймаєш звичайну (деревну) райку. Така відстань від води вже є межевою зоною водного та наземного середовищ поширення земноводних. Тут зустрічаються уже не

лише жаби, але й часничниці. Наприклад, звичайна часничниця. Проте є жаби, яких не дарма називають прудкими: їх можна спіймати доволі далеко від озера — в радіусі 1100 метрів. Але найдалі від води все-таки живуть ропухи — їх зустрічають на відстані більш ніж у 2 км від води!



*Звичайний тритон*



*Озерна жаба*

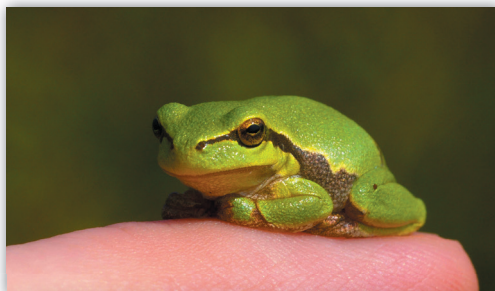
Спільним для всіх земноводних є те, що їхній широкий рот не має зубів. Між пальців на лапах є перетинки, які сприяють плаванню. У жаб і ропух є тазова пляма. Вона призначена для всмоктування води з вологого ґрунту або з калюжі, а це сприяє диханню шкірою. За допомогою тазової плями земноводні всмоктують таку саму кількість води, як і та, що випаровується з решти їхнього тіла. В літню спеку тазова пляма допомагає амфібіям полювати: вони можуть довго сидіти на ледь зволоженій землі в очікуванні жертви.

Розгляньмо спійманих тварин та спробуймо визначити, кого саме зловили. Озерну жабу можна впізнати з першого погляду. В неї округле тіло, довгі сильні задні

лапи, завдяки яким вона стрибає, та короткі передні, гладенька шкіра. Ропухи мають доволі незграбну форму тіла, велику голову, зморщувату шкіру. Їхнє тіло вкрите бородавчастими шкірними залозами, що виділяють слиз. У ропух відносно короткі задні кінцівки, тому вони вайлуваті й не здатні пересуватися стрибками.



*Гостроморда жаба*



*Райка звичайна (деревна)*



*Часничниця звичайна*



*Прудка жаба*



*Ропуха звичайна*



*Зелена ропуха*

Якщо ти спіймав тритона, його найпростіше впізнати, тому що він має хвоста, сплюсненого з боків, і цей хвіст залишається в тварини все життя. Тулуб веретеноподібний; з великою пласкою головою його поєднує коротка шия. Відрізнити тритона від ящірки легко — амфібія має еластичні шкірясті перетинки на пальцях кінцівок і слизьку шкіру.





Для досліду знадобляться ємність довгастої форми (наприклад, горщик для квітів з балкону чи миска з водою), щільний картон, ножиці. З картону слід вирізати однакові за довжиною «ласти», що нагадують кінцівки земноводних, і «ласти» виллоподібної форми.

Налий в ємність воду, занур свої моделі «ласт» різної форми та проведи ними від одного кінця ємності до іншого. Зверни увагу на те, який опір зустрічатимуть різні форми. Як гадаєте, чому опір різний? Яка властивість води його спричинює? Спостереження запиши в свій лабораторний журнал та зафільмуй процеси, щоб роздивитися їх згодом у сповільненому темпі.



Схематичне зображення форми «ласт» з картону

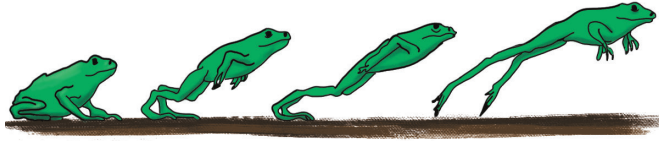


Коли ти проводив / проводила по воді «ластою», що формою нагадує лапи земноводних, опір води був добре відчутний. Вода ніби щільнішала. Неначе проводиш не по воді, а по твердій поверхні. І візуально помітне утворення хвиль з тильного боку «ласти». Якщо провести по воді виллоподібною формою, відчуєш легкий опір, не такий, як у першому випадку. Річ у тім, що вода перед суцільною «ластою» має розійтися на два боки, а значить, зрушаться інші шари води боків, щоб зайняти місце хвиль, які відступають. Фактично тобі доводиться пересувати чималий об'єм. А виллоподібна «ласта» просто пропускає воду між зубців, і опір не надто посилюється.

Завдяки перетинкам кінцівки земноводних влаштовані як суцільні ласти, щоб створювати навколо тварини тимчасову опору з маси води; від цього й залежить їх ефективність пересування. Подібна «ласта» в разі необхідності створює можливості для потужного ривка до здобичі або від небезпеки.

Для стрибання тварині дуже важлива сила поштовху (ривка). Початковою точкою руху є зігнуте положення задніх кінцівок. Легкий рух уперед за рахунок розгинання кінцівок сприяє прискоренню. Тварина здатна прискорюватися, лише покладаючись на силу м'язів та розтягнення еластичних сухожилків задніх кінцівок. І жодних додаткових анатомічних тонкощів. Передні кінцівки слугують за опору під час приземлення після стрибка, тому вони відносно короткі. Жаб'ячий стрибок має кілька фаз — присідання й випрямлення ніг. Багато жаб покладаються на ці

механізми, але не жаби-бики: вважається, що в процесі еволюції вони відмовилися від такого способу стрибання, аби краще плавати.



Для експерименту знадобиться присоска. Якщо вдома є мильниця з присоскою, то можна її використати. Розглянь присоски. Якої вони форми? Спробуйте без

зусиль прикріпити присоску до рівної поверхні. Попробуйте те саме з натиском. Зафільтуйте процес приєднання й розглянь його згодом у сповільненому темпі. Спробуй підвісити об'єкти різної маси на присоску, прикріплену до вертикальної поверхні стіни. Яку максимальну масу може втримати присоска? Від чого залежить це число?



Велика зелена жаба (жаба-бик)



Якщо на присоску натиснути, повітря, яке було всередині заглибини, вийде. Між присоскою і поверхнею прикріплення повітря розріджується: частина його виходить, а еластичні властивості гуми припіднімають основу присоски, збільшуючи об'єм у заглибині. Через це тиск під присоскою

є набагато меншим за той, що докола й зовнішній атмосферний тиск повітря міцно «приєднає» присоску до поверхні.

Таку фізику опанували численні деревні амфібії, зокрема поширені в Україні, звичайні (деревні) райки — єдиний місцевий вид земноводних, який може переміщуватися похилими поверхнями. Це їй вдається завдяки тому, що на кінчиках її пальців є своєрідні дис-



Пальці райки з присосками

ки-присоски, вкриті тонким шаром слизу. Завдяки розрідженню повітря під поверхнею присосок, квакша легко переміщується будь-якою поверхнею, серед іншого й вертикальною. Квакші проводять своє життя серед кущів, тому що завдяки особливій будові лап ці тварини можуть легко переміщуватися гілками й листям. Особливою популярністю у квакш користується ожина. Колір лапато-го листа забезпечує надійне маску-вання, колючки відлякують ворогів, а плоди ожини приваблюють літніх комах, якими харчуються квакші. Дуже зручно, чи не так?



*Американська райка на вертикальній стіні*



1. Висунь припущення, які особливості будови й поведінки амфібій визначають те, наскільки далеко вони можуть мігрувати від водойми. Обговори їх достовірність з учителем / учителькою біології.
2. Які переваги надає райці здатність до переміщення по нахилених поверхнях, зокрема стовбурах дерев?

## *Унікальна шкіра*

Здатністю до життя як у воді, так і на суші амфібії багато в чому завдячують своїй шкірі. Шкіра — найбільший за площею орган цих тварин. Майже у всіх амфібій вона виділяє отруйні речовини, так чи так потрібні для захисту від хижаків, а також від грибків і бактерій. Шкіра в різних амфібій вирізняється широким розмаїттям кольорів і форм — і всі варіанти мають дуже специфічне призначення.



*Силіконова форма для випікання у вигляді жаб*



Для експерименту знадобляться силіконові форми для випікання у вигляді жабок, желатин, харчові барвники зеленого, коричневого й червоного кольорів. Спочатку виготов жабок із желатину. Для цього приготований за інструкцією розчин желатину залий у формочки та залиш для охолодження. Для приготування кольорових жабок додай барвник перед розлиттям желатину по формам.

У лісі знайди вологу місцину, де можуть водитися квакші, й у цьому місці «посади» своїх желатинових жабок на листки рослин. Запам'ятай місця, а ліпше познач їх пов'язками на деревах, що ростуть поряд. За кілька днів перевір кількість жабок із желе: жабки яких кольорів з'їдені тваринами найбільше? Як гадаєте, чому результати саме такі? Спостереження запиши у щоденник.



Найменше постраждають, напевне, прозорі жабки. Адже їх складно відрізнити від листка, на який ти їх посадив, отже ці жабки непомітні для хижаків. У природі зустрічається подібний камуфляж як у земноводних, так і в риб. Серед амфібій подібний захист від хижаків мають скляні жабки. Таку жабку можна відрізнити від листка, лише якщо добре придивитися. Крізь її шкіру видно всі внутрішні органи: печінку, серце, кишечник. Завдяки цій прозорості вчені дуже часто використовують скляну жабку для вивчення процесів у неї всередині.

Швидше за все, у твоєму експерименті найбільше постраждають жабки зеленого та коричневого кольорів, тому що вони найпомітніші. Але майже ніхто не зачепить червоних жабок. Річ у тім, що червоний сигналізує про отруйність тварини й призначений для відлякування хижаків.

Але яскраве забарвлення мають не лише жаби. Вогняна (плямиста) саламандра, яка зустрічається ще в античних легендах, має на тілі яскравий візерунок із жовтих плям на чорному тлі.



Скляна жаба

Саламандру вважали такою отруйною, що вона може отруїти яблуко, якщо навіть лише доторкнеться стовбура яблуні! Це, звісно, перебільшення, хоча на її поверхні тіла й справді є отруйні речовини!

Деякі неотруйні види тварин також мають забарвлення, що попереджає хижаків. Вони

адаптувалися й просто використовують яскраві кольори, навіть якщо нітрохи не шкідливі. Наприклад, шкіра червоної або жовто-червоної кумки, які живуть в Україні, слугує їм для захисту від хижаків. У разі небезпеки ці тварини падають на спину та показують свою нижню частину з червоними або жовтими плямами — попередження всім ворогам: «Обережно! Я отруйний!»



Червоночерева кумка



Жовточерева кумка



1. У досліді з желатиновими жабами найчастіше поїдалися жаби якраз тих кольорів, у якій забарвлені найпоширеніші в українській фавні амфібії. Як пояснити цей парадокс?

2. Чому яскраве забарвлення шкіри є найефективнішим способом попередження хижака про власну отруйність?

## Розумна жаба

Ще в давнину люди помітили, що жаби доволі кмітливі. Стародавні греки розповідали, що «розумні» жаби в разі нападу змії хапають упоперек рота довгий прутик, щоб змія не могла їх проковтнути. Але що це? Вияв інтелекту? Чи інстинкт? У міркуваннях про те, наскільки розумними є різні види жаб, часто наводять такий приклад: коли тварини передчувають землетрус, вони полишають водойми. Але й це спостереження доволі спірне. Чи передчувають вони лихо? Якщо так, то як? І чому при цьому під час міграції у період розмноження, багато жаб опиняються під колесами автомобілів і не зупиняються, аби перечекати, поки машина проїде? Проте, як і для інших тварин із розвинутою нервовою системою, безперечним є той факт, що в земноводних можуть формуватися умовні рефлекси. Спробуємо їх виробити!



Для експерименту потрібні жаба, прозорий контейнер із кришкою або тераріум (тимчасове житло для тварини), десяток мух, нитка, розчин лимонної кислоти (можна купити лимонну есенцію або розчинити в незначній кількості води ложку кристалів кислоти), музичний програвач (хоча б смартфон).

Помісти тварину в тимчасове житло та годуй мухами, змоченими розчином лимонної кислоти. Мух потрібно прив'язувати на нитку за крила або прикріплювати маленькими шматочками пластиліну до кінця нитки. Коли ти підноси́тимеш їжу до амфібії, розгойдай нитку, щоб здавалося, ніби муха рухається. І щоразу перед годівлею вмикай одну й ту саму музику. Тварині не сподобається муха в кислому розчині, але певний час вона й далі ловитиме кислу приманку. Повторюй експеримент доти, поки не побачиш, що в амфібії виробився умовний рефлекс на увімкнення музики. Він виявиться в тому, що після увімкнення музики тварина перестане ловити запропонованих мух. Щоб упевнитися в наявності рефлексу, внесіть муху до жаби без увімкнення музики.



Чому під час досліду потрібно імітувати рух жертви? Річ у тім, що амфібії погано розрізняють нерухомі предмети. Але положення в просторі жертви, що рухається, жаба добре визначає. Блискавично вилітає язик, і здобич опиняється в роті. Мозок жаби розділяє візуальний сигнал про побачений предмет на два компоненти: на інформацію про форму, колір, розмір об'єкта й про те, як він рухається. При цьому друга компонента без додаткової обробки мозком надходить одразу до рефлекторного відділу. І язик «вистрілює»! Ось що значить не втрачати часу на обробку інформації: побачив — дій! У цьому випадку — лови комах. Цей принцип роздільного бачення закладено в основу роботи деяких сучасних приладів, що застосовуються на аеродромах для виявлення літаків у повітрі й контролю польотів.



*Результат успішного полювання*

А принцип вироблення умовного рефлексу обговорювався вище, в межах експерименту з рибами. В даному випадку умовний подразник буде той самий — звук. Що ж до безумовного подразника — це теж корм, щоправда, не смачний. Але умовний рефлекс тепер цілком протилежний рибному. Якщо в риб умовний рефлекс виявлявся так: «звук = корм», то в амфібії виробився рефлекс «звук = неїстівний корм». Проте амфібії відрізняються від риб краще розвинутим мозком. Тому, по-перше, вироблення рефлексу відбувається швидше. Крім того, земноводні можуть розрізняти неїстівні приманки певних кольору, величини та навіть форми. Завдяки численним дослідом з вироблення умовних рефлексів у амфібій з'ясувалося, що вони здатні відрізняти навіть квадрати від кіл!



Для цього дослідження тобі потрібно змайструвати закритий хрестоподібний лабіринт. Посередині буде старт, а чотири тунелі, що розходяться під прямими кутами, не повинні мати виходів. Лабіринт має бути високим, щоб жаба не встригнула. Для виготовлення лабіринту потрібні картон, ножиці, клей. Для досліду також знадобляться невеличкий магніт, мідна монета, скотч і міцна нитка.

Коли лабіринт буде готовий, слід виготовити головні убори для амфібії. Для цього скотчем приклей нитку до магніта (магнітний головний убір) і до мідної монети (мідний головний убір).

Тепер вирушай з лабіринтом, твариною і головними уборами до місця, де ти спіймав тварину. Зупинись біля водойми та розташуй лабіринт таким чином, щоб один із його виходів вів до води. Візьми жабу та посади її посеред лабіринту, але мордою в протилежний від води бік. Спостерігай, куди прямуватиме тварина. Зроби те саме, зав'язавши на голові жабки різні головні убори. Що сталося в першому випадку без головного убору? Куди попрямувала жабка? Чи повторить вона рух у тому ж напрямку з магнітним головним убором? Або з мідним? Зніміть відеоролик про

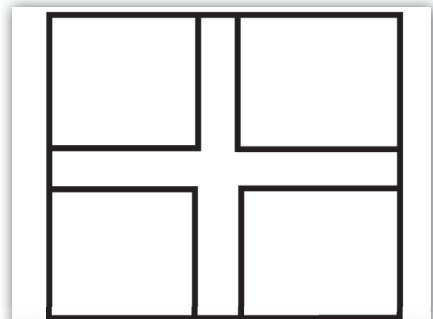


Схема хрестоподібного лабіринту



Головний убір для жаби

пригоди жабки для публікації в інтернеті, а спостереження запишіть у лабораторний журнал. Після дослідження відпустіть тварину в природу.



У першому випадку, коли жабу без головних уборів запустити в лабіринт, швидше за все, вона обере хід, що веде до місця, де вона жила (до водойми), хоча жабка її не бачитиме. Науково доведено, що земноводні орієнтуються за магнітним полем землі. Імовірно, саме завдяки цьому вони можуть вчасно «відчувати» землетрус. «Диво-прилади», якими наділені земноводні, давно викликають у вчених надзвичайне зацікавлення. Але на сьогодні залишається ще багато незрозумілого в їх будові та дії. У другому випадку — з магнітом на голові — зовнішній магніт порушить роботу внутрішнього магнітного компаса тварини. Через це жаба втратить орієнтацію. І в останньому випадку, коли ти закріпив на голові тварини мідну монету, вона рухатиметься в бік водойми, ніби їй нічого не заважає. Мідна монета ніяк не завадить здатності тварини використовувати магнітне поле Землі для орієнтування в просторі. Як ти помітив, у цьому експерименті окрім звичайного контролю (тварини без головного убору) є ще один елемент — амфібія з мідною монетою. Позаяк ви помістили на голову тварини незвичний для неї предмет (магніт), порушення чи втрату просторової орієнтації можна пояснити тим, що тварину «ввели в оману» наявністю головного убору, а зовсім не дією магніта. Щоб виключити подібний висновок, доводиться надягати на голову жабки інший, не магнітний головний убір. Такий вид контролю, що точно «не працює», називають негативним.



1. Проаналізуй недоліки способу полювання амфібій. Чим рефлекторна реакція нападу на будь-який рухомий об'єкт недосконала?
2. Які ще істоти використовують магнітний компас для орієнтування в просторі? Як можна це довести?

## Життя амфібій від яйця до яйця

Видатний зоолог Жоффрау Сент-Ілер говорив, що кожен, хто бажає переконатися в справедливості еволюційних ідей, може



щовесни на власні очі побачити диво — повторення виходу хребетних на суходіл. Цим дивом він вважав перетворення пуголовка на дорослу земноводну тварину. Цікаво, що кожен з нас може «доторкнутися» до цього загадкового явища. Як це зробити правильно й що ще про земноводних ти зможеш дізнатися завдяки спостереженням, читай далі.



*Самець озерної жаби з роздутими резонаторами під час кумкання*



Спостереження за життєвим циклом земноводних слід проводити неподалік водойми, але варто також роздивитися і в місцях, де немає води. Наприклад, в садах, парках і лісових масивах поблизу водойми. Тут деякі види амфібій полюють на хробаків, комах чи равликів. Це відбувається здебільшого в сутінках і вночі. Удень земноводні часто ховаються в тріщини у стінах або під купами сухого гілля.

Найкращий час для спостережень — сутінки, тому що саме в цей час земноводні найактивніші. Дощова погода також підходить, якщо дощ не надто сильний. Амфібії люблять вологе повітря, оскільки їхня шкіра не повинна пересихати. Під час спостережень особливу увагу зверни на поведінку тварин, їхні звички, рухи. Для спостереження можеш також користуватися біноклем.

Проводь дослідження життя амфібій у одному місці впродовж року. Занось у щоденник спостережень дату, коли вперше зустрів земноводних, коли в амфібій почалося ікрOMETання, коли з'явилися пуголовки й жабенята, коли востаннє зустрів / зустріла цих тварин перед їхнім відходом на зимівлю. Від травня до середини червня в теплі, безвітряні дні й вечори без дощу можна реєструвати кількість жаб різних видів, які «співають».



*Жаби в процесі спарювання*



У життєвому циклі жаб різних видів і тритонів чітко виділяються чотири стадії: яйце (ікринка), личинка (пуголовок), період перетворення (дорослішання),



*Жаб'яча кладка ікри*



*Пуголовок на етапі перетворення на дорослу особину*

стадія дорослої особини. Для розмноження амфібій важливо, щоб тварини завжди могли знайти вологу місцину (приміром, водойму чи дуже вологу мишачу нору). У кожного виду амфібій свої особливості розмноження. Найважливіший склад води, в якій відбуваються шлюбні ігри, спарювання, запліднення.

Річний цикл починається, коли земноводні прокидаються від сну. Далі всім земноводним властива весняна міграція, коли температура повітря сягає +8 °С...+12 °С. У процесі міграції після зимової сплячки амфібії долають довгий шлях до місця нересту. В багатьох земноводних розмноженню передують шлюбні ритуали, а самці прикрашаються до «весілля».

Після запліднення земноводні відкладають яйця. Більшість амфібій відкладає ікру у воді, але є такі, що закопують свої яйця у вологий ґрунт або відкладають їх на листі над водоймою. Для більшості амфібій не характерна турбота про долю запліднених ікринок, хоча дехто охороняє яйця.

Із яйця вилуплюється пуголовок (пуголовка тритона називають просто «личинкою»), який дихає зябрами, має хвоста й живе у воді. Пуголовок проходить низку метаморфоз (змін), після яких перетворюється на дорослу особину. Доросла особина дихає легенями, але зберігає зв'язок із водним середовищем. Після



*Личинка тритона (ліворуч) та пуголовок жаби (праворуч)*

розмноження багато амфібій полишають місця нересту (водойми, озера тощо) та мігрують назад до місць постійного проживання — в ліси, поля чи навіть у засушливі райони. При цьому окремі особини можуть переміщуватися в пошуках місця свого розселення на багато сотень метрів. Дорослі жаби поширені як на вологих луках і пасовиськах, так і на узліссі, але найбільше їх, звісно, біля водойм.



*Розвиток жаби*



1. Поясни усі функції в житті жаби, що їх виконує резонатор.
2. Чому жаби відкладають велику кількість ікринок, а не лишень кілька?



**РЕПТИЛІЇ**

Коли йдеться про плазунів, багато хто боїться їх, аргументуючи тим, що ці тварини отруйні, небезпечні, дикі й нерозумні. Насправді все значно цікавіше — потрібно тільки вміти й хотіти дослідити цікаве в рептиліях. Наприклад, вони мають суху шкіру без слизу. Цим вони не схожі на земноводних, які мають зволене покриття тіла. Плазуни також не мають пір'я чи шерсті, й цим відрізняються від птахів і ссавців, хоча і є їхніми предками. Ба більше, якщо керуватися сучасними критеріями науки про систематизацію біологічних видів, птахи — входять до складу групи рептилій! Гайда досліджувати їх ще детальніше!

## Рептилії лікують

Найстрашніші плазуни — це змії. Напевне, тобі не раз доводилося чути про те, що в лісі чи степу слід уважно дивитися під ноги, щоб не наступити на змію. В Україні налічується 11 видів змій і п'ять із них — отруйні. Отруйна змія під час укусу крізь спеціальні отвори виділяє отруту, здатну паралізувати чи навіть убити того, хто її потривожить. Однак здебільшого змії використовують свої токсичні речовини для полювання. Що ж це за отрута й чому змії самі не гинуть від неї? З біологічної точки зору основа отрути — білки. Якщо отрута потрапляє до травної системи через рот, нічого поганого не стається. Але в разі укусу вона опиняється в крові. Там вона може спричинити утворення тромбів — згустків крові. Так діє, наприклад, отрута гадюк.

Проте там, де є мінус, завжди має бути й плюс. Люди навчилися застосовувати зміїну отруту з лікувальною метою. Зміїна отрута допомагає людям із проблемами згортання крові. Також у невеликих дозах її використовують для лікування серцево-судинних захворювань, бронхіальної астми (хвороби дихальних шляхів із ускладненим диханням та нападами задишки), діабету. Та найпоширеніше її застосування — використання компонентів отрути для лікування больових синдромів. Наприклад, мазі на основі зміїної отрути є ефективним засобом під час терапії ревматизму, артритів (хвороб суглобів) та гнійних виразок. Застосовують зміїну от-



Мазь на основі отрути кобри

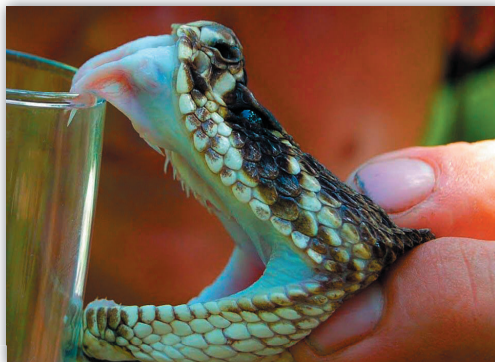
руту й у косметології з метою «омолодження» шкіри. Після нанесення крему на основі зміїної отрути м'язи обличчя розслаблюються і це сприяє розгладжуванню зморшок.

Зміїну отруту добувають на спеціальних зміїних фермах шляхом «доїння» отруйних залоз змій. Для цього зуби притискають над контейнером і масажують отруйні залози. Отруту, що стікає, «висушують» заморожуванням, подрібнюють та формують у гранули.

Але не лише зміїна отрута застосовується в медицині. Отруту, отриману від ящірок-отрутозубів, використовують в лікуванні діабету II типу. Цей вид діабету спостерігається приблизно в 90 % усіх пацієнтів із цією недугою. Розвивається він поступово, з віком, коли вироблений

гормон інсулін (потрібен для використання глюкози в організмі) не сприймається організмом. Лікування доволі просте: препарат за допомогою ін'єкції вводиться під шкіру вранці та ввечері. Добре те, що речовина діє доти, поки рівень цукру в крові не нормалізується.

Рептилії дуже прислужилися науці й досі допомагають медицині. Пригадай спостереження за ящірками: ти помітив / помітила таке явище, як регенерація хвоста. Докладне вивчення цієї здатності плазунів, може сприяти розробці відновлюваних процедур, за яких тканини організму в разі пошкодження відновлюватимуться за рахунок власного потенціалу до саморегенерації. Нині є три шляхи вирішення проблеми втрати функції пошкодженого або втраченого органа: протезування — заміна пошкодженої частини тіла виготовленою штучно, пересаджування від іншої людини (часто після її смерті) й регенерація (відновлення в природний спосіб). Останній — найбажаніший! У сучасній медицині є навіть окремий напрям, що займається згаданими питаннями, — регенеративна медицина.



Процес «доїння» отрути зі змії



Мексиканський отрутозуб (*Heloderma horridum*)

## Хвостаті рептилії

Змії, ящірки, крокодили й черепахи, а також давно вимерлі динозаври — всі вони належать до плазунів, або рептилій. Люди завжди ставилися до цих тварин суперечливо: боялися й водночас шанували їх. Достатньо згадати казки про жахливих драконів, легенди про зміїв-чудовиськ і водночас змію як символ знань з медицини. Саме змія обвиває посох Асклепія та посудину Гігеї на звичних нам символах медицини. А є ще міфи про Світову черепаху, на спині якої стоять слони, що тримають на Землю.



Крім того, з рептиліями пов'язано багато легенд і забобонів. Деякі народи світу вважають змію загадковим створінням і навіть поклоняються їй, як божеству. Але найчастіше слово «змія» асоціюється в людей із хитрістю, брехливістю та підступністю. Найімовірніше, такий образ змії побутував ще задовго до зародження християнства. У Біблії Змії ототожнюється з дияволом. Саме в образі Змія Сатана спокусив Єву та умовив скуштувати плоду з Дерева пізнання. У книзі Джоан Роулінг «Гаррі Поттер і потаємна кімната» описується міфічна істота, подібна до змії з гіпнотичним поглядом — Василіск. Стародавнім слов'янам також були відомі перекази про Василіска, але вони уявляли його як дракона з півнячою головою. Уважалося, що з курячого яйця, висидженого жабою, вилупиться страхітлива істота. За легендою, Василіск гине від півнячого крику. Саме через ці таємничі міфи й забобони люди часто брали півня з собою в дальню дорогу.

Хоч би як захоплювалося людство, наділяючи плазунів чарами, вони не мають жодних магічних властивостей. Рептилії — прародичі двох панівних на Землі груп тварин — птахів і ссавців. І в історії розвитку життя на нашій планеті ця група тварин була першою з тих хребетних, хто розірвав свій зв'язок із водним середовищем (до того життя всіх хребетних істот залягло від водойм — там вони жили, харчувалися та/або розмножувалися) й зробила вирішальний крок у підкоренні суходолу. Розгляньмо ж цих тварин уважніше та з'ясуймо їх особливості.



*Міфічний василіск (з книги для дітей Ф. Ю. Бертуха, 1806 рік)*



Для початку спостереження потрібно впіймати ящірку. Це можна зробити руками, але є ризик заподіти шкоду тварині. Тому ліпше скористатися предметом, яким можна її накрити. Скажімо, звичайною кепкою (бейсболкою). Якщо під час прогулянки в полі чи лісі почуєш шарудіння, — прислухайся, можливо, це шелестить у траві ящірка. Далі, орієнтуючись на слух, шукай, де вона шурхотить. Потому повільно, з кепкою в руках, просувайся в бік, звідки чується звук. Стеж за тим, щоб на ящірку не падала твоя ж тінь. Коли відстань між вами скоротиться, різким рухом накрий її кепкою.

Спостерігай за рухами ящірки, уважно розглянь її тіло, голову, кінцівки та хвіст. Якого розміру ящірка? Якого кольору в неї спина й черево? Чи є в ящірки вуха, очі, рот? Чи можеш ти побачити в неї на голові невеличке заглиблення — третє око? Спостереження запиши у свій щоденник та зроби короткий відеоогляд тварини для розміщення в інтернеті.



В Україні поширені близько 10-ти видів ящірок, проте більшість із них вельми рідкісні або водяться лише в окремих регіонах. Тому, скоріш за все, вам вдасться спіймати прудку або живородну ящірку. Ящірки дуже рухливі. Тіло спійманої тварини з боків спирається на широко розставлені короткі кінцівки приблизно однакової довжини. Через таке положення тіла відносно землі їх і називають плазунами — з боку це



виглядає так, ніби вони тягнуть тіло поверхнею. У прудкої ящірки виразно помітна шия, тим часом як у живородної шиї майже не видно. У всіх ящірок довгий хвіст, часом навіть довший за тулуб. На кінцівках можна помітити нарости на пальцях із рогових пластинок — оторочки. Це утворення потрібне для полегшення руху сипучим ґрунтом. Окрім цього, у ящірок особливе розташування кінцівок:



*Голова ящірки з барабанною перетинкою і «третім оком» на тім'ї*

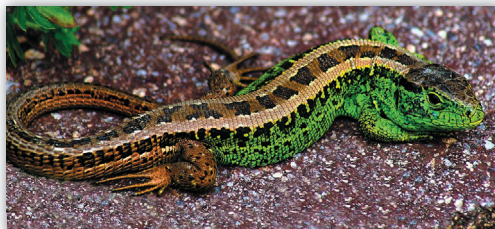
вони розташовані під тулубом, що дає тваринам змогу трохи підняти тулуб над землею. Завдяки цьому ящірки бігають, хоча й своїм дивовижним чином. Якщо влаштувати перегони між тваринами, пустельні ящірки здатні обігнати білку, польову мишу й навіть домашню свиню!

Морда в ящірки загострена, на ній з боків розташовані двоє очей з рухливими повіками. На голові в ящірок (згори посередині) можна побачити світлу пляму — третє (тім'яне) око. Воно сховане під шкірою і за будовою частин нагадує звичайне око. У процесі розвитку світу тварин це око втратило функцію зору та стало частиною системи гормональної регуляції (ендокринної системи). У ящірок тім'яне око є ще й своєрідним термометром. Коли воно перегрівається, то повідомляє, що час ховатися в затінок. Щоправда, «триокі» не лише рептилії — залишки третього ока є і в птахів та ссавців. У нас воно перетворилося на шишкоподібну ендокринну залозу. У ящірки на морді є 2 ніздрі, й вона добре відчуває запахи завдяки розвиненим долям переднього мозку, що відповідають за нюх. Помітно, що на голові немає вушних раковин і слухових проходів, зате наявні щільні барабанні перетинки з боків. Якщо зазирнути ящірці до рота, видно дрібні, ледь загнуті зуби, призначені для втримування здобичі. Здобич ящірка не пережовує, а ковтає цілою.

Спробуйте визначити вид ящірки, яку ви спіймали. Прудку й живородну ящірок можна розрізнити за кількома ознаками: за забарвленням й розміром: якщо ви спіймали чималу ящірку, швидше за все, це прудка. Якщо дрібна й темно-коричнева — живородна. І зрештою, важливе значення має місцевість, де її спіймали: якщо біля водойми, це живородна ящірка, якщо в степу або в полі, — прудка.



Живородна ящірка

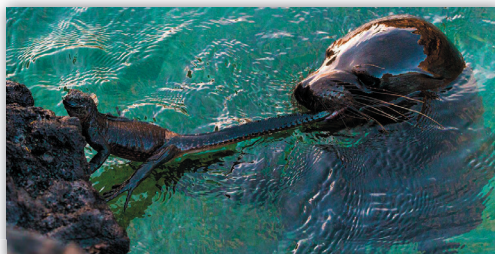


Прудка ящірка

Ти, певно, знаєш, що якщо хижак нападе на ящірку та схопить її за хвіст, то вона може відкинути цей орган, а той за якийсь час поступово відросте. Такий процес особливо цікавий для медичної галузі. Цікаво, чи відрізняється відрослий хвіст від втраченого? Іншими словами — відновлений орган такий самий чи зовсім інший?



Уважно розглянь хвіст спійманої ящірки. Новий хвіст подібний до старого, але на місці перелому можна помітити незначне звуження або ділянку тіла, що відрізняється забарвленням. Проведи пальцем по тілу ящірки в цьому місці. Чи відрізняється воно на дотик від інших частин? Не випускаючи першої ящірки (обережно поклади її в банку чи коробку), спробуй спіймати ще одну та перевірити її хвіст. Порівняй двох ящірок за зовнішнім виглядом і довжиною хвостів. Не забудь після дослідження випустити тварин на волю. Спостереження запиши у лабораторний журнал, зафільмуй процес для свого каналу про біологічні дослідження.



Малоефективна стратегія полювання на ящірок — ловити їх за хвіст



Ящірка без хвоста й хвіст без ящірки



Хвіст у ящірок — одна з найважливіших частин тіла. Він допомагає в пересуванні, може використовуватися для привабливості особин протилежної статі, а також є місцем відкладання жиру на голодні часи. Представники деяких видів ящірок зберігають у хвості до 60 % жирових запасів. Одна з особливостей скелета ящірок — здатність до аутономії, відкидання хвоста в разі необхідності. У хвостових хребцях ящірок є незакостенілі прошарки. За сильного скорочення хвостових м'язів відбувається обламування хвоста в місцях їхнього розташування (у деяких ящірок розлам проходить між хребців). При цьому в ящірки немає відчутної крововтрати, тому що під час різкого скорочення хвостових м'язів судини перетискаються.

Головна мета відкидання хвоста — відволікання уваги хижака. Поки хижак «досліджує» хвіст, ящірка встигає втекти й заховатися. При цьому в деяких ящірок хвіст має особливо яскраве забарвлення, тож стає першою ціллю атаки хижака. І якщо тактична перемога дістається нападникові — ящірка «впіймана», то стратегічна — жертві-ящірці — тварина на волі, а хижак лишився з хвостом!



*Регенована частина хвоста гекона істотно відрізняється від втраченої*

За кілька тижнів чи місяців хвіст виростає наново, проте хребці не виростають удруге, тому новий хвіст має іншу опору — хрящовий стрижень. Через це вдруге вже не вдасться відкинути хвоста. З огляду на таку особливість, ящірки стараються скинути не весь хвіст, а лише його кінчик, тоді буде можлива повторна аутономія у місці, вищому за регенований (вирощений наново) кінчик.

Щоразу після втрати хвоста ящірки змушені змінювати спосіб життя. Особи, які залишилися без хвостів, складно зберегти провідну роль в спільноті. Їм непросто захищати свою територію та знаходити партнерів. Самки, що втратили хвости, відкладають менше яєць, тому що більша частина їхньої енергії витрачається на відновлення втраченої частини тіла.



1. Сформулюй припущення, що могло б пояснити зміну живородіння в північних регіонах на відкладання яєць у південних краях у живородної ящірки.

2. Порівняй стратегію ящірок щодо відволікання уваги хижака зі стратегіями інших тварин, як-от чорнильними завісами восьминогів чи підняттям мулу морськими гребінцями. Які переваги й недоліки має стратегія відкидання хвоста?

## Велика доросла черепаха

Черепаха — одна з найпопулярніших домашніх тварин. Усі поціновувачі коміксів і мультфільмів про черепашок-ніндзя знають, що прообразом героїв стала черепаха, яка жила в акваріумі. У природі акваріумні черепахи, такі, як червоновухі, поширені в південно-східних регіонах Північної Америки.



Жовточерева (червоновуха) черепаха

Але завдяки своїй чарівності ці черепахи розповсюдились в усьому світі. Червоновуха черепаха давно перестала вважатися рідкісною, проте й досі бажана домашня тварина. Молоді черепашки цього виду яскраво-зелені. Підрастаючи, вони темнішають. На голові та шиї в них завжди є прикраса, подібна до малюнка з хвилястих смуг і плям. Кінцівки черепахи також укриті пістрявими смужками: білими й зеленими. Основна їжа цих тварин — лукові трави: кульбаба, конюшина, гусячий чортополох, подорожник.



Якщо в тебе чи друзів / подруг є черепаха, що живе в акваріумі, то можна визначити її вік. Рептилії, як і риби, здатні рости впродовж усього життя. Тож,

уважно вивчивши, наприклад, тіло черепахи та провівши певні вимірювання, можна визначити, скільки років прожила тварина. Найчастіше домашньою улюбленицею виявляється прісноводна жовточерева (червоновуха) черепаха. До спеціалізованих магазинів України такі черепахи потрапляють зазвичай у віці одного року (довжиною 3–4 сантиметри).

Щоб дізнатися вік черепахи, знадобиться звичайна шкільна лінійка (до 30 см). Черепаху треба розмістити на пласкій поверхні та виміряти її довжину від початку морди до кінчика хвоста. А далі перевести розмір у вік, скориставшись таблицею зросту черепахи в природі.

Цілком можливо, що черепаці чотири роки, але її довжина становить уже 25 см. Чому так? Річ у тім, що в природних умовах черепахи в холодну пору року сповільнюють свій метаболізм і мало їдять. В акваріумі, де цілий рік увімкнена лампа, температура стала і сприяє тому, що тварина їсть багато. Тобто надмірний розмір не означає, що черепаха хвора, просто у подальшому слід враховувати особливості утримання черепах та необхідний температурний режим у різні пори року.

Але тобі все-таки цікаво, скільки років тварині насправді. Можна скористатися другим способом визначення її віку — аналізом річних кілець на верхній частині панцира. Як порахувати кільця? Спершу потрібно знайти окремі щитки панцира. За зовнішнім виглядом щиток нагадує зріз стовбура дерева. На спинному боці панцира їх чимало. Поглянь на один з них і порахуй, скільки кілець він містить. Одному рокові

Вік черепахи	Довжина черепахи
1 рік	4,9 см
2 роки	7,0 см
5 років	15,1 см
7 років	18,6 см
9 років	20,6 см
12 років	22,6 см



*Панцир жовточеревої (червоновухої) черепахи*



*Щиток панцира леопардової черепахи з річними кільцями*

життя черепахи відповідають два кільця. Наприклад, якщо в одному щитку нарахували 15 кілець, обчислення слід виконувати так:  $15 : 2 = 7,5 = 7$  років і 6 місяців.



Щитки на панцирі черепахи — це рогові нарости, що закладаються в шкірі, але утворені за рахунок кісткових клітин (остеобластів). Зовні щитки рельєфні, межі шарів (кілець) добре помітні. Від моменту вилуплення до розвитку перших статевих ознак ріст черепах триває швидко. Протягом першого року життя більшість черепах стрімко набирають вагу (упродовж другого року життя розмір черепахи може збільшитися вдвічі!), а в наступні роки швидкість росту поступово знижується. Щороку в певні сезони в черепах чергуються сплески росту (весна та літо) й паузи (осінь та зима), що залежить від доступної їжі. Це означає, що протягом року утворюється два нових річних кільця. З віком процес утворення сповільнюється до мінімуму. Таким чином, як і всі рептилії, черепахи ростуть усе життя, проте до 15–20 років річний приріст настільки знижується, що його складно помітити.



1. На основі даних наведеної таблиці, побудуй графік швидкості росту залежно від віку черепахи. Чому з віком ріст сповільнюється?
2. Хто — самці чи самки — виростає більшим? Висунь гіпотези, що могли б пояснити таку закономірність та обговори їхню обґрунтованість з учителем чи вчителькою біології.

## Мудрий мов черепаха

Одного разу заєць зустрів біля річки черепаху й сказав: «Побіжімо наввипередки...» Так починається відома народна казка. В американському мультфільмі, знятому за її мотивами, кролик Бакс Банні вирішив побитися об заклад із черепахою Сесілом на те, хто перший дістанеться фінішної прямої. Ось Бакс Банні стартує, а Сесіл не рветься до фінішу, зате сповіщає всіх своїх знайомих черепах, щоби ті вдали з себе його. Бакс Банні біжить дорогою та зустрічає тварин, що вдають із себе Сесіла, тому щоразу прискорюється. Але це не допомагає, тому що за рогом на нього вже чекає інший «Сесіл». І так аж до фінішної прямої. Цей

веселий мультик (і багато інших) зображує черепах як доволі розумних тварин. І вони справді розумні! Перевірмо це дослідним шляхом!



Познайомте домашню черепаху чи ту, яку ви зустріли під час відпочинку чи риболовлі на березі озера, з іншими тваринами, наприклад, із кішкою чи собакою. Чи тікатиме черепаха від собаки / кота? Чи ховатиметься в панцир? А може, зацікавлено досліджуватиме іншу живу істоту? «Пограйте» з черепахою в м'яча. Яку реакцію матиме тварина на неживий предмет? Чи зважатиме вона на м'яч? Чи почне з ним бавитися? Спостереження запишіть у щоденник та зніміть відео.



Головною ознакою, за якою визначаються відмінності черепах від решти рептилій, є панцир, що слугує захисним щитом цієї тварини. Панцир складається з двох частин — спинної та черевної. Спинна частина зростається з ребрами й відростками хребців, а черевна складається з дев'яти кісток, похідних від кістко-грудної клітини четвероногих. Спереду й ззаду в панцирі є отвори, у які черепаха може сховати кінцівки, якщо відчує небезпеку. Важливо зрозуміти, що панцир є частиною тіла черепахи й безпосередньо поєднується з іншими органами. Тому «відламати шматочок для спогадів» те ж саме, що й «відламування» частини тіла людини! На спинній і черевній частинах панцира утворюються щитки. Про них уже згадувалося вище, коли йшлося про визначення віку черепахи. Щитки — це рогові пластинки, здатні змінювати своє положення, пом'якшуючи (амортизуючи) навантаження. Цей механізм забезпечує стійкість поверхні під впливом зовнішніх сил. Інженери сподіваються збагнути біомеханічні властивості панцира, щоб розробити матеріал, здатний виконувати аналогічну захисну функцію. Це корисно, наприклад, для створення бронезилетів.

Завдяки такому природному бронезилету черепахам вдається успішно захищати внутрішні органи й уникати пошкоджень у разі нападу. Собаки й коти вважають черепаху здобиччю та виявляють мисливське зацікавлення нею. Тому в ситуації, коли черепаха



*Панцир черепахи*

зустрічається з представником іншого виду тварин, який здаватиметься їй небезпечним, вона сховає кінцівки та голову в панцир. Але під час знайомства з м'ячиком захисна реакція не спостерігатиметься. Швидше за все, черепаха просто проігнорує предмет або спробує його скуштувати. Завдяки органам чуття та складному мозку тварина здатна відрізнити живе від неживого!



*Картонний лабіринт у коробці*

Хоча багато років вважалося, що черепахи, ящірки та змії не володіють високорозвиненим інтелектом, в останні роки репутація рептилій починає змінюватися. Експерименти, пов'язані з визначенням їхніх інтелектуальних здібностей проливають дедалі більше світла на їхні справжні «таланти». На думку вчених, вони є своєрідним ключем до розуміння процесів еволюції пам'яті та здатності до навчання.



Прикладом дослідження інтелектуальних здібностей рептилій є тест із лабіринтом. Для проведення експерименту потрібні картон, канцелярський ніж, лінійка, клей. Виготови з картону нескладний лабіринт із одним входом і виходом. Для цього приклей картонні перегородки до основи й таким чином створи заплутаний прохід. У окремому куточку можеш насипати камінчиків, аби подивитися, чи забиратиметься на них черепашка. На підлогу лабіринту бажано постелити повстяну тканину, яка полегшуватиме пересування тварини. Біля єдиного виходу поклади щось смачненьке для черепахи — наприклад, кульбабу.

Тепер запускай черепаху в лабіринт і спостерігай за тим, як вона його подолає. Потрібно засікти час, який вона витратить на це. Зафільмуй процес, а згодом зроби прискорене відео. Після успішного завершення «мандрівки» поверни черепаху в домівку (акваріум чи тераріум). Спробуй через кілька годин ще раз запустити черепаху в лабіринт (не пересувай його до тих пір!) і знову зафіксуй час. Спостерігай, чи скорочується час проходження лабіринту порівняно з першим разом. Згодом повтори дослід і зафіксуй час проходження втретє. Не засмучуйся, якщо черепаха не зацікавиться лабіринтом, — значить, їй не до вподоби ця «гра». Відпусти її та спробуй повторити вправу іншим разом. До речі, ти можеш також провести подібний дослід з ящіркою.





Мабуть, через неквапливі рухи багато хто вважає черепах не надто розумними. Однак це враження, вочевидь, хибне. Ці рептилії швидко навчаються та володіють довготривалою пам'яттю. Коли черепаха проходить лабіринт уперше, вона дізнається, що може отримати щось смачненьке, якщо пройде до кінця. І коли тварина потрапляє в лабіринт вдруге, вона здатна обрати правильний шлях, аби швидше дістати «приз» знову. Скорочення часу на проходження лабіринту за другої спроби свідчить, що тварині не потрібно наново вирішувати, куди повернути в пошуках виходу — спрацьовує пам'ять! Важливо, що для навчання достатньо одного проходження і, як правило, решта тривають приблизно однаково. Цікаво, що навіть за кілька місяців черепахи здатні успішно виконати поставлене перед ними завдання з проходження того самого лабіринту.

При цьому черепахи — тварини з високим рівнем соціалізації. Тож якщо в лабіринт запустити відразу двох черепах, одна з яких уже його проходила, друга черепаха може скопіювати поведінку першої і таким чином навчитися швидше проходити лабіринт. Позаяк імітація лежить у основі соціального навчання та є базою для поширення культури, упродовж тривалого часу вважалося, що здатність набувати новий досвід зі спостережень за поведінкою представників свого виду властива лише людині.



*Черепаха під час поїдання  
смаколика*



В інтернеті ви можете побачити, як коти, активно полюють на рухливу пляму від лазерної указки, намагаючись її спіймати. «Мисливський інстинкт», — скажете ви. І матимете рацію! Розгляньмо, як він виявляється у черепахи.

Для цього погодуй тварину живими креветками. Найкраще взяти спеціальні для акваріума, різнокольорові, добре помітні у воді. Такі можна купити в зоомагазині. Спершу вилий креветок у миску й злий воду. Одразу після цього налий до креветок воду з акваріума з черепахою. Це потрібно для того, щоб склад води не відволікав тварину від процесу полювання. Тепер акуратно перенеси кілька креветок в акваріум до черепахи. Що стається далі? Як зреагує черепаха на креветки? Чи прокинеться її мисливський інстинкт?



Черепахи харчуються як рослинами, так і дрібними тваринами. Попри те, що у всіх представників цього виду відсутні вушні раковини та слухові проходи, чують вони так само добре, як і коти. Очі в черепах розвинуті достатньо, тому ці організми мають гострий зір. Якщо запустити в акваріум креветок, у черепахи прокинеться мисливський інстинкт. Вона вловлює сліди запаху здобичі та переслідує її. Якщо жертва починає віддалятися, то в черепахи спрацьовує так званий інстинкт гонитви. До речі, полювання не обов'язково має виявитися успішним, але саме вже переслідування може принести тварині задоволення. А щойно жертва стає недоступною, черепаха припиняє полювання.



1. Як ти думаєш, як черепаха визначає, чи становить для неї загрозу об'єкт? Запропонуй дослід, що міг би допомогти перевірити твоє припущення.
2. Чи самі лише плазуни здатні вчитися у своїх родичів? Чи є така здатність у простіших хребетних і безхребетних тварин? Як вона проявляється?
3. Чому червоновуха черепаха віддає перевагу тваринній їжі, навіть за наявності рослинної?

# ПТАХИ



Наші пращури здавна наділяли птахів надзвичайною силою. За часів Київської Русі було прийнято зустрічати весну з появою перших перелітних птахів. У цей день люди дарували одне одному пряники у формі жайворонка. Існують також легенди про лелеку, який приносить новонароджених дітей у капусті. Ластівка ж вважається вісником добра, щастя й домашнього затишку. Образ голуба — це символ миру. Є навіть приказка: «Гніздо голуба й ластівки руйнувати гріх».



Флюгер у вигляді півня

А вранішній спів півня, за переказами, мав такий вплив на потойбічних істот, що всі пекельні створіння втрачали свої сили, почувши гучне «ку-ку-рі-ку». Тому здавна для захисту від зла люди вирізали з дерева силуети цих птахів і розміщували на дахах своїх осель (нині їх можна побачити на флюгерах). Ці приклади доводять, що птахи завжди були важливою частиною нашого життя. У цьому розділі ми спробуємо детальніше вивчити тварин, які підкорили небо.

## Птахи лікують

Пташине м'ясо називають дієтичним, оскільки воно менш жирне, ніж свиняче або коров'яче. Воно легко засвоюється і не дуже калорійне. Також корисним і дієтичним вважаються качачі, курячі та перепелині яйця. Тому часто людям із ожирінням до складу раціону рекомендують замість звичайного м'яса включити саме дієтичне, пташине, м'ясо.

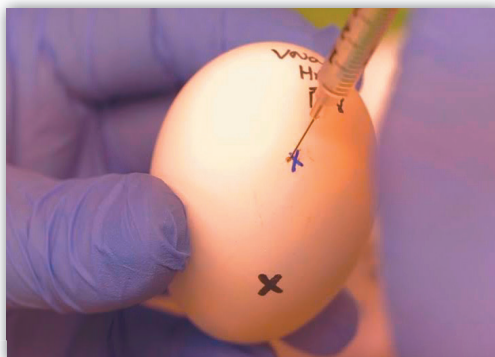


Перепелині яйця

Останнім часом дуже популярними стали перепелині яйця. Вони дійсно поживні, і в них міститься в 5 разів більше калію, в 4,5 рази більше заліза, 2,5 рази більше вітамінів  $B_1$  і  $B_2$ , а також значно більше вітаміну А, фосфору, кобальту й нікотинової кислоти, аніж у курячих яйцях.

Сизого голуба вже понад півстоліття використовують для вивчення процесів елементарного навчання, пам'яті й процесів прийняття рішень. Дослідження поведінки голубів складає основу сучасних психологічних теорій навчання. Велика кількість спостережень за поведінкою й докладна інформація про будову нервової системи птиці зробили голуба ключовим модельним організмом у поведінковій нейробіології — науки про біологічні основи поведінки. Цікаво, що генетичні порушення, пов'язані зі зміною забарвлення оперення в голубів, подібні з порушеннями пігментації шкіри в людини, що є причиною деяких шкірних захворювань. Учені сподіваються, що використання голубиних моделей одного разу зможе допомогти в лікуванні меланоми та інших шкірних захворювань.

Курачий ембріон — це біологічний об'єкт на якому вивчають розвиток раку та культивування вірусів. Існує багато вакцин, розроблених на такій «курачій» основі. Вакцина — це медичний препарат, призначений для вироблення імунітету проти будь-якої хвороби. Наприклад, для отримання вакцини від грипу в запліднені курячі яйця вводять вірус грипу. Через пару днів з яйця виділяють рідину з розмноженим вірусом. Далі цю рідину очищують і виділяють вірусні білки, які вводять людям для вироблення імунітету.



*Уведення вірусу до курячого ембріону в яйці*

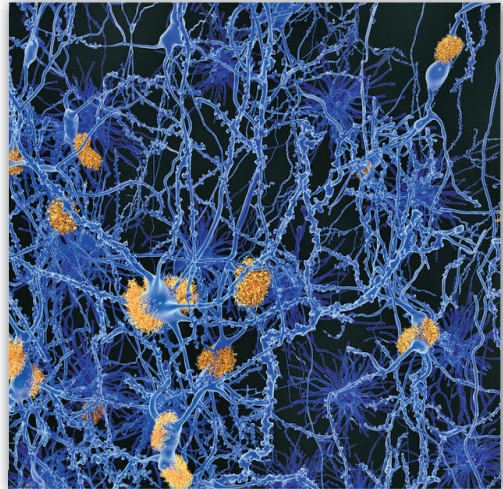
Омелюхи та дрозди є хорошими об'єктами для вивчення розщеплення алкоголю, а птахи, які не мають стійкості до етанолу (індички, наприклад), використовуються для вивчення ефектів від тривалого вживання алкоголю.

Дятлів розглядають як модельний організм під час досліджень хвороби Альцгеймера — захворювання нервової системи, за якого головний мозок перестає виконувати свої функції належним чином і людина втрачає когнітивні здібності й навіть пам'ять. Річ у тому, що в передній долі їх мозку є відкладення тау-білка — речовини, накопичення якої в мозку людини є причиною хвороби Альцгеймера. На думку вчених, які розглядають дятлів як ключ до вирішення питань лікування хвороби Альцгеймера, високий рівень тау-білка — це спосіб захисту мозку

дятлів. Відповівши на питання, як виникають такі відкладення і чому вони не порушують функціонування мозку, птахи допоможуть у дослідженні причин, профілактики та, можливо, лікування хвороби Альцгеймера.

З розвитком можливостей генетично модифікувати тварин для задоволення різних потреб людини, учені зайнялися штучним виведенням курей, які зможуть забезпечити людство яйцями з необхідними ліками. І зараз вже є певні результати. Так, японськими

вченими створені генетично модифіковані кури, чиї яйця містять білок інтерферон бета. Він вважається ефективним засобом у боротьбі з такими захворюваннями, як рак шкіри й гепатит. Британські науковці вивели курей, яйця яких містять два спеціальних білки людини. Один із них має протівірусні й протиракові властивості, а другий — підсилює загоєння пошкоджених тканин.



Модель накопичення тау-білка (жовтий) у нервових клітинах мозку (сині)

## Ті, що не знають обмежень

У світі існує безліч заходів для спостереження за птахами в природному середовищі. Наприклад, акція «Година із садовими птахами», організатором якої є Союз охорони природи та біорізноманіття (*Nature And Biodiversity Conservation Union*). Її мета — протягом години відзначити всі види птахів, які кожен може виявити у власному саду, на вулиці або у дворі школи. «Година із садовими птахами» завжди проводиться у вихідні на початку травня. Ще один захід — пташині перегони. Учасники намагаються побачити якомога більше різних видів птахів за один весняний день. В Україні останнім часом стали популярними екскурсії з професійними орнітологами — ученими, які вивчають птахів, — так званий бьордвотчінг (від англійських слів, що означають «птахи»

та «дивитися»). Спробуй приєднатися до подібного заходу або просто вирушай до більш-менш безлюдного місця (разом з дорослими, звісно), щоб поспостерігати за птахами.

У всіх сучасних птахів є пір'я, вони відкладають яйця, більшість із цих істот може літати, їхні передні кінцівки перетворилися на крила, а на задніх є пальці з кігтями. Це й багато іншого про птахів тобі вже відомо, але ми впевнені, нижче ти знайдеш чимало нового та цікавого про пернатих тварин!



У природному середовищі цілком можливі спостереження за горобцями, синицями, воронами й іншими птахами, що живуть поблизу людських осель. У сільській місцевості об'єктами спостережень можуть бути домашні кури, качки, гуси, індики. Навесні й улітку в тебе є гарний шанс побачити, як водоплавні птахи живуть і вирощують молодняк. Помітивши сім'ю з малечю, регулярно стеж за тим, що відбувається з ними. Звертай увагу на те, як ростуть і розвиваються пташенята. Окрім цього, можеш узяти бінокль і вирушити на узлісся або берег озера, щоб поспостерігати за рідкіснішими представниками пташиного світу.

Також для своїх досліджень можна використати штучні гнізда (шпаківні) або годівниці. Спробуй виготовити різні їх варіанти за схемами, доступним в інтернеті, і розвісити в багатьох місцях. Коли ти побачиш, що тварини активно відвідують певну годівницю (тобто швидко з'їдають корм), вирушай в експедицію, щоб поспостерігати за ними. Постарайся зафільмувати процес харчування птахів, розмістивши камеру з картою пам'яті неподалік годівниці.



*Горобець на найпростішій годівниці*



Побачити птахів дуже легко, особливо непосидючим дослідникам. Трохи потренувавшись в спостережливості, ти скоро зможеш помічати багато різних птахів навколо себе. Найкраще робити це зранку, тепло вдягнувшись і зручно розташувавшись спиною до сонця. Розпізнати птахів складніше, ніж їх побачити. Тож тут тобі точно знадобиться бінокль, а також книга (атлас) про птахів. Хоча сьогодні завдяки сучасним технологіям ти можеш скористатися й додатками, які за фото або «піснею» птаха визначають його вид.



*Плиска (ліворуч) і рибалочка (праворуч)*

Найбільш важливими характеристиками для ідентифікації птахів є середовище існування, колір оперення, розмір тіла та пісня. З біноклем можна розглянути забарвлення та розмір тіла. Більшість птахів можна почути раніше, ніж побачити. Тому спостереження доцільно почати з того, що треба прислухатися, а вже потім шукати тварину для розглядання в бінокль. Постарайся запам'ятати пісні птахів. Зробивши це, тобі буде легше розрізнити голоси пернатих вокалістів.

Дуже багато інформації про звички птахів можна отримати, якщо повісити ранньою весною біля будинку шпаківню. Розвішувати їх найкраще в спокійних місцях, осторонь жвавих доріг, місць масового відпочинку в парку чи сквері. Найкраще, звичайно, розміщувати штучні гнізда якнайвище, подалі від зайвої уваги людей і на безпечній відстані від хижаків. Якщо ти живеш в місті, то в гнізді можуть оселитися великі синиці, горобці, повзики, горихвістки, мухоловки, плиски. А в сільській місцевості в шпаківнях можна зустріти хатнього сича або навіть хижого боривітра!



*Повзик (ліворуч), горихвістка (у центрі) та мухоловка (праворуч)*





Вельми цінні відомості про харчування хижих птахів можна отримати, розбираючи вміст їхніх пелеток. Оскільки птахи не мають зубів, то ковтають їжу не розжовуючи. При цьому птах згодом відригує неперетравлені тверді частини здобичі (кістки, шерсть, риб'ячу луску) у вигляді овальних або видовжених грудок, які називають пелетками (або погадками). Метод вивчення харчування птахів за пелетками зручний тим, що він не завдає тваринам ніякої шкоди. Їх можна знайти на місцях годування хижих і рибоїдних птахів: під гніздами, поодинокими деревами й стовпами.



У пелетках можна знайти залишки з'їдених тварин і визначити, чим харчуються хижаки: іншими птахами, дрібними гризунами, зміями, комахами або рибою. Наприклад, чайки і крячки, поїдаючи риб, можуть перетравити лише їхні м'які тканини. Кістки риб і луску вони відригують. А під деревом, на якому сорокопуд поїдає здобич, можна виявити дрібні клаптики шкірок гризунів або пір'їни птахів, видерті великими клаптями. У комахоїдних птахів в пелетках можна знайти шматочки хітинових панцирів жертв.



*Погадка боривітра*



1. Навіщо птахи видають різноманітні звуки? Чи відрізняються функції пташиних співів й перегукувань від функцій жаб'ячих?

2. Організуйте з однокласниками й однокласницями «пташині перегони». У ранішній час кожен має спостерігати за птахами коло своєї оселі. Хто побачив більше? Як думаєш, чому саме ця людина «перемогла» і як це пов'язано з місцем, де проводилося спостереження?

3. Чому немає сенсу досліджувати пелетки травоядних птахів?

## Птаха видно за пір'ям

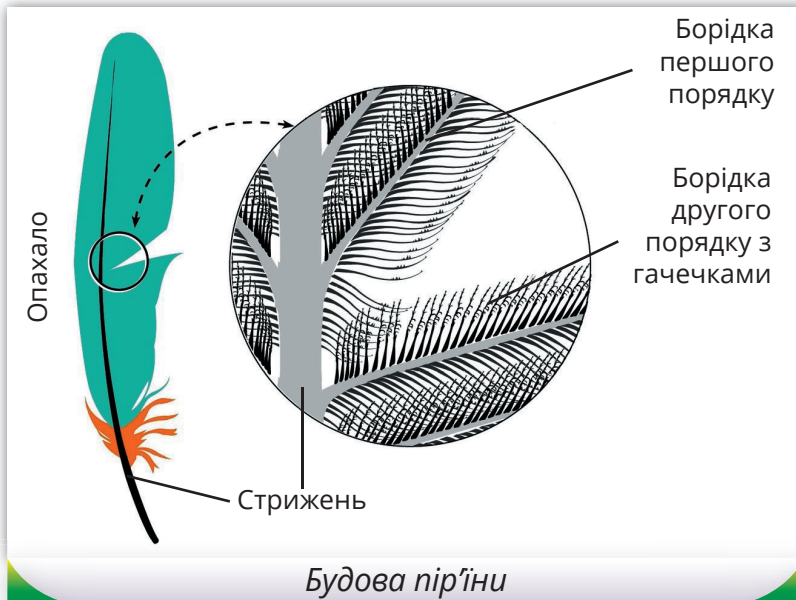
Лише птахам та вимерлим динозаврам властивим є пір'я на тілі. Але з чого складаються пір'їни, як влаштовані та яким чином «працюють»? Розберімося в цьому, дослідивши властивості пір'я. Для початку на вулиці, у парку або біля водойми, назбирай пір'я різних птахів, відмінного за забарвленням, розміром та формою.



Розглянь через лупу особливості будови всіх частин пір'їни. З чого вона складається? А з чого побудовані окремі частини?



Найбільше на вулиці ти знайдеш довгих пір'їн. Їх називають контурними перами. Від стрижня пір'їни відходять пружні трубочки — борідки, від яких відходять ще дрібніші борідки. На останніх є гачки, що зчіплюються з сусідніми борідками, утворюючи опахало пера.



Візьми пташине перо й трохи поруш цілісність опахала, розтягнувши його частини вгору й униз. Тепер спробуй з'єднати опахало в місці, де була порушена цілісність. Чи вдасться це тобі? Зніми коротке відео експерименту.



Завдяки гнучкості борідок і наявності гачечків після порушення структури опахала воно легко відновлює свою цілісність. Це важливо, бо якби цілісність не відновлювалася, то пір'яний покрив птахів швидко ставав би розірваним і волога та холодне повітря могли б легко проникнути через щілини до шкіри тварин. Але птахи регулярно за допомогою дзьоба відновлюють цілісність опахал, а разом із ним і всього покриву. Утім, що станеться, якщо пір'я стане вологе і важке? Чи зможе птах тоді літати? Подивімося, чи намокають пір'яни.



Візьми контурне перо, піпетку, папір, олівець, ножиці. За допомогою олівця обведи контур пера на папері й виріж цю форму. Поклади пір'яну й паперове перо на стіл і крапни води на них. Подивись, що станеться згодом. Зніми відео експерименту для публікації його в інтернеті.



На паперовому пері крапля води досить швидко всмокчеться в папір. А в справжнє перо вода не потрапить. Як тільки ти піднімеш останнє, то крапля води скотиться з нього. Завдяки особливій структурі й особливостям поверхні борідок вода не може проникнути в оперення та намочити птахів. Річ також у тому, що кератин, з якого складається пір'я, є водовідштовхувальною роговою речовиною. Ця властивість пір'я дуже важлива для птахів, бо мокрий птах буде важким і не зможе ефективно літати. Крім цього, спеціальна шкірна залоза птахів — куприкова — виробляє жири, якими птах змащує оперення за допомогою дзьоба.



*Мокра, але незмокла пір'яна*

Щоб більше дізнатися про склад пір'я, проведи експеримент з його спалювання.



Для цього досліду тобі знадобиться допомога батьків, смужка паперу, шматочок бавовняної тканини або жмуток вати, трохи хутра і перо, а також залізна миска й сірники. Цей експеримент треба проводити просто неба.

По черзі спали папір, бавовну, хутро та пір'я. Уважно спостерігай за зовнішнім виглядом і кольором полум'я, а також запам'ятай запахи. Чим відрізняється горіння різних об'єктів? Як вважаєш, чому? Зроби відеозапис кожного досліду й запиши спостереження в лабораторний журнал.



Папір і бавовна горять набагато краще, ніж хутро або пір'я. Під час горіння паперу і бавовни запах буде не різким. Матеріали ж тваринного походження, згораючи, будуть дуже сильно пахнути. Відрізнятиметься й колір та інтенсивність полум'я.

Річ у тім, що пір'я птахів за походженням і складом схоже на волосся й кігті інших тварин, оскільки також є шкірними утвореннями. Усі вони складаються, в основному, з білка шкіри — кератину. А папір і вата побудовані з вуглеводу — целюлози. Коли щось горить, то за запахом можна відрізнити, що саме горить: рослинний або тварини матеріал, адже продукти горіння будуть абсолютно різними!

Однак що там усередині стрижня й борідок?



Розламай одне перо в кількох місцях і, озброївшись збільшувальним склом, зазирни всередину трубочок, що його утворюють. Що там є? Запиши спостереження в лабораторний журнал.



Стрижень і борідки є порожніми або заповненими губчастою тканиною трубочками. Така структура важлива для полегшення пера, адже на підняття кожного грама зайвої ваги птах повинен витратити сили та енергію!

Легкість пера поєднується з великою площиною поверхні його опахала, що дозволяє птаху ширяти в повітрі, а не падати каменем вниз. Це легко продемонструвати в досліді зі свічкою.



Тобі знадобиться невелике перо (краще вкорочене пухове), обрізана з обох боків півлітрова пляшка, що після розрізання має виглядати як прозора трубка, два однакових за висотою камінця (чи цеглини) або металеві бруски висотою 5–10 см, свічка й сірники.

Постав свічку між двома камінцями або брусками на такій відстані, щоб обрізана пляшка могла на них стояти. При цьому

низ трубки повинен бути на висоті близько 5–10 см над верхом свічки (щоб пляшка-трубка не почала плавитися). Запали свічку й постав на брусочки обрізану пляшку (щоб вона не впала, можна її прикріпити клейкою стрічкою до цеглин / брусків). Тепер зверху в трубку ніжно вкинь пір'їну. Що ти спостерігатимеш? Чи буде пір'їнка утримуватися гарячим повітрям? Чи буде опускатися? Зафільмууй дослід та вислови свої припущення, що пояснили б побачене. Поділись відео в інтернеті та обговори з подругами та друзями.



Схема дослідної установки



Якщо ти все правильно зробив (зробила), то пір'їнка буде «висіти» в повітрі, не опускаючись. Річ у тім, що гаряче повітря піднімається вгору трубкою і утримує перо в завислому стані. Навіть такого слабкого потоку від свічки досить для підтримки пера.

Цей принцип використовують хижі птахи, які «зависають» в повітрі, не махаючи крилами. Завдяки висхідним потокам уздовж схилів гір або від розігрітого чорнозему птахи тримаються в леті. І все завдяки тому, що їхні крила покриті дуже легкими пір'їнками з великою площею опахал.



Ширяння канюка



**1.** Обговори з учителькою чи учителем хімії, про що свідчить наявність різних запахів продуктів горіння білків і вуглеводів. Спрогнозуй, які ще запахи зумовлені речовинами-похідними білків.

**2.** Серпокрильці та ластівки активно махають крилами під час польоту, а соколи та канюки, навпаки, майже не рухають ними. Від чого залежить активність помахів? Яку роль у цьому відіграє розташування пір'я на тілі тварини?

## Шуба з пір'я



Горобець із  
настовбурченим пір'ям

Багато птахів нашої місцевості відлітають зимувати до теплих країв, проте чимало з них лишається. Такі зимові птахи на морозі часто настовбурчують оперення. Спробуймо розібратися, навіщо вони це роблять. Для дослідження тобі потрібно зібрати дві жмені пташиного пуху. Найпростіше назбирати його на вулиці або попросити в знайомих зберегти пір'я після обципування курки, качки або гуски.



Підготуй чотири склянки: дві великі і дві маленькі (можна використовувати чарки; головне, щоб менші поміщалися всередині більших), два термометра з максимальною позначкою не менше ніж 100 °С, колотий лід, змішаний із сіллю у великій посудині (мисці, відрі), гаряча вода. На дно першої великої склянки опусти пух і зверху постав маленьку склянку.

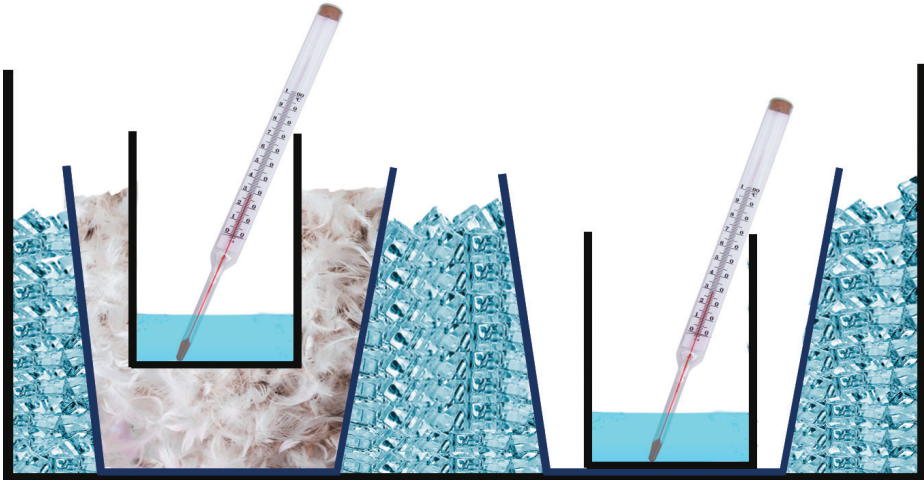


Схема досліду

Акуратно заповни простір між стінками склянок пухом. У другу велику склянку постав меншу. Обережно налий однакову кількість гарячої води (приблизно по 1 см у висоту) в маленькі склянки й перенеси обидві великі склянки в посудину з колотим льодом. Термометром постійно вимірюй температуру гарячої води й кожні 30 секунд записуй її в лабораторний журнал. Після завершення досліду побудуй на папері або в комп'ютерній програмі графік зміни температури.



Вода в обох маленьких склянках довгий час залишається теплою. Річ у тім, що повітря (як і будь-який газ або їх суміш) є поганим теплопровідником і добрим теплоізолятором. Завдяки цим властивостям тепло повільно виходить із гарячої води. Завдяки пір'ю довкола склянки виникає теплоізоляційний шар, заповнений повітрям. В іншій же частині склянки контактують дном. Саме через цю різницю гаряча вода в «пуховій шубі» вистигатиме повільніше, ніж в «повітряній шубі».

У птахів пухові пера розташовуються під контурним пір'ям. Але в пуху стрижень укорочений, є м'які й довгі борідки, позбавлені гачків, через що зчеплене опахало не утворюється. Пух здатний утримувати повітря на тілі птаха, як хутро на тілі ссавців. Завдяки йому розігріте повітря «застряє» біля тіла й повітряні потоки, що обдувають птаха, не здувають його. За допомогою шкірних м'язів птахи здатні настовбурчити пір'я на морозі. Завдяки цьому теплоізоляційний повітряний прошарок між тілом і навколишнім повітрям потовщується. Між іншим, у людей теж спостерігається подібне явище, коли волоски на шкірі стають дибки. Але оскільки волосняний покрив у людей не густий, то це, на жаль, нас не зігріває... До речі, нам для захисту від морозу також допомагає пташине пір'я: саме ним наповнені пухові куртки!

Коли ставки, озера й навіть річки взимку значно холоднішають, деякі стурбовані любителі природи побоюються, що водоплавні птахи, які не мігрували на південь, можуть замерзнути, бо їхні лапи постійно перебувають у крижаній воді. Однак це побоювання здебільшого хибне. Хоча лапи у птахів не покриті ані хутром, ані пухом, вони добре пристосовані до холоду. Кровоносні судини, що приносять кров у лапи й забирають її звідти в цих птахів розташовані дуже близько. Температура крові, яка тече від серця до лап та інших органів досягає температури

у майже 40 °С. Завдяки щільному розташуванню судин у ногах така гаряча кров зігріває холодну кров, що тече від ніг. Це призводить до того, що кров повертається в тіло лише трохи вистиглою. Тож качка, яка зимує на озері, не замерзає, навіть якщо годинами плаває в крижаній воді.



*Качка на зимовому ставку*

Тіло птахів має й інші пристосування до перенесення холодів. Контурні пера захищають «теплий» пух від намокання і, як наслідок, тварину від переохолодження. А інтенсивний обмін речовин у тілі, необхідний для активного польоту, дозволяє підтримувати поверхню тіла добре нагрітою. При цьому різниця температур усередині тіла й поза ним може досягати великих значень: наприклад, у пінгвінів вона часом становить 80 °С!



1. Чому пір'я є важливим для птахів на морозі, як інші тварини пристосовуються до холодних і спекотних умов?
2. Водоплавні птахи, що плавають у крижаній воді, могли б просто припинити кровопостачання лап і тоді у них взагалі кров не охолоджувалася б. Чому вони так не роблять?
3. Чим спричинена така велика різниця температур між тілом пінгвіна й доквіллям? Чим особливі ці птахи?



## Звичайне яйце

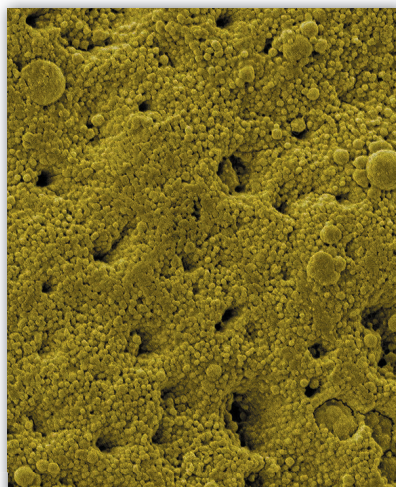
Птахи вирізняються складною й різноманітною соціальною поведінкою: хтось утворює пари на все життя (як лебеді), хтось змінює партнера щосезону (рожеві фламінго), а в когось — цілий гарем! Але усі птахи відкладають яйця. І цей звичний для нас об'єкт має свої біологічні особливості!



Для дослідження структури яєчної шкаралупи знадобляться два варених яйця, чайна ложка, туш або чорнило, вода, три маленькі склянки. Одне варене яйце надбий з гострого боку, а інше — з тупого. Далі з обох яєць акуратно чайною ложкою витягни вміст. Постав порожні шкаралупи в маленькі склянки. В окремій склянці вдвічі розведи водою чорнило чи туш. Налий до половини кожної зі шкаралуп розведену туш або чорнило та спостерігай, чи з'являться зовні чорні крапки. У якій частині шкаралупи їх найбільше? Яке значення пор, що є в шкаралупі яєць? Запиши спостереження в щоденник і зніми відео з проникненням фарби через шкаралупу.



Яйця птахів — це замкнені системи життєзабезпечення, у яких розвивається зародок. Для розвитку зародка в яйці є всі необхідні компоненти, крім одного — кисню. Щоб він міг надходити через шкаралупу в ній є пори. Ці пори дозволяють газам обмінюватися між вмістом яйця та навколишнім середовищем. Пори в шкаралупі курячого яйця зосереджені головним чином на тупому кінці яйця, де знаходиться повітряна камера й відбувається основний газообмін. У результаті дослідження, саме там утвориться більше чорних крапок. Однак за неправильного зберігання (помивши яйця і залишивши їх поза холодильником) через пори шкаралупи всередину можуть потрапити й мікроби, які спричиняють захворювання в людини, наприклад сальмонельоз.



*Пори яєчної шкаралупи під сканувальним електронним мікроскопом*



1. Чому курки в курнику часто скубуться й з'ясовують хто головніший? Що дає курці статус «головної»?
2. Кисень надходить до яйця, а які гази виходять назовні крізь пори шкаралупи?

## Хороший папуга

У птахів дуже розвинений слух і голос. Голос птахів — майже таке ж унікальне явище, як їх уміння літати. Різноманітні звуки утворюються завдяки нижній гортані і голосотвірним структурам у ній. Це суттєво відрізняє голос птахів від голосу ссавців, джерелом якого в останніх є верхня гортань. Багато птахів здатні імітувати голоси інших птахів або інші звуки. Солов'я справедливо вважають королем співочих птахів. У кожної тварини є своя неповторна пісня, але якщо прислухатися, то в пісні солов'я можна розрізнити звуки інших птахів, які живуть поряд із ним. І навіть квакання жаб! А ось деякі папуги здатні видавати звуки, що вимовляє людина. Спробуймо навчити їх реагувати на звуковий подразник, сформувавши умовний рефлекс.



*Хвилясті папужки*



Для проведення експерименту тобі знадобиться хвилястий папуга, або папуга жако, або ара, або інший вид папуг, які зарекомендували себе умілими говорунами. Дай птахові трохи корму і водночас промов його прізвисько або інше словосполучення, наприклад: «Тварини лікують». Ім'я птаха або словосполучення повтори кілька разів разом із кожною наступною порцією корму. Експеримент проводи щодня під час годування. Зауваж, через скільки днів птах почне реагувати на умовний подразник (прізвисько або словосполучення) та в чому буде проявлятися його реакція. Зніми відео на початку досліді й після формування рефлексу.



Птахи добре реагують на різні звуки. Пінгвіни, наприклад, відомі тим, що можуть розпізнати голос свого пташеняти з-посеред голосів мільйонів інших! Як і в усіх хребетних, у птахів виникають умовні рефлекси. Однак відбувається це набагато легше й швидше, ніж у простіших тварин. Реакція птахів на прізвисько чи словосполучення, що підкріплюється годуванням, найчастіше проявляється тим, що птахи, почувши кодову фразу, відразу ж переміщуються до місця годування.



1. Навіщо птахам добре розрізняти звуки? Які переваги їм це надає?
2. Чи можна папуг навчити розуміти людську мову? Що може цьому перешкодити?

# ССАВЦІ



Ссавці, або звірі, — одна з груп хребетних тварин із найскладнішою та найдосконалішою будовою. Живонародження та вигодовування дитинчат молоком, а також волосяний покрив тіла вирізняють цих тварин із-поміж решти. Завдяки високоорганізованій нервовій системі та наявності хутра вони добре пристосовуються до умов навколишнього середовища в найрізноманітніших природних зонах: від спекотних екваторіальних лісів до морської криги Арктики та Антарктики. Але, як і з будь-якого правила, є тварини-винятки. У одних, наприклад, у китів і дельфінів, немає волосяного покриву, а інші, однопрохідні (єхидни, проєхидни та качкодзьоб), відкладають яйця. Та всі без винятку ссавці годують дитинчат молоком, за що й отримали свою назву.

## Ссавці лікують

Визначальна особливість ссавців — їхня здатність до вироблення молока. Тобі змалечку постійно казали, яке корисне коров'яче молоко. А в багатьох регіонах Землі п'ють молоко та їдять молокопродукти на основі продукції інших тварин: кіз, овець, олениць, кобил і навіть верблюдиць і ослиць! Молоко є щедрим джерелом будівельного матеріалу для зміцнення кісток у дітей і профілактики остеопорозу (захворювання, пов'язаного з утратою міцності кісток) у дорослих, тому що воно містить багато кальцію та білки. Окрім іншого, коров'яче молоко містить фосфор і цинк, а також вітамін А та вітаміни групи В. Через високу калорійність (у ньому є як вуглеводи, так і крапельки жиру) молоко слід розглядати все-таки не як напій, а як повноцінний харчовий продукт.



Дояр із верблюдячим молоком

На жаль, у багатьох породиць власне молоко не утворюється або його утворюється недостатньо для грудного вигодовування. Завдяки розвиткові педіатрії та дієтології — медичних наук, які займаються питаннями здоров'я дітей і, відповідно, харчування — тепер на ринку є чимало молочних сумішей — замінників материнського молока. І головні компоненти цих продуктів отримують із молока ссавців — корів. Тож корови беруть участь не лише в харчуванні дорослих, а й у забезпеченні повноцінного та здорового вигодовування немовлят!

Через активність молочнокислих бактерій сире молоко навіть у холодильнику зберігається недовго — два-три дні. Завдяки кип'ятінню молока можна досягти довшого зберігання, але в процесі обробки багато вітамінів руйнується. У промисловості для стерилізації (знищення бактерій) молока використовують пастеризацію — процес обробки продукту шляхом одноразового нагрівання до температур, нижчих за 100 °С.

Попри це багато молочнокислих бактерій корисні, оскільки населяють наш кишківник і протидіють розвитку бактерій-збудників хвороб. Такі мікроорганізми (як правило, йдеться про бактерії родів *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*) називають пробіотиками. На них багаті кисломолочні (фактично прокислі молочні) продукти — кефір і йогурт. Уважається, що регулярне вживання цих продуктів важливе для підтримання здорової мікрофлори кишківника. Особливо актуальним стає їх вживання під час лікування антибіотиками — речовинами, які знищують бактерії. Через дію останніх гинуть як хвороботворні бактерії, так і молочнокислі кишківникові, а це призводить до порушення роботи органів травлення, діареї, закріпів. Щоб цього уникнути, важливо разом із прийомом антибіотиків вживати й кисломолочні продукти або спеціальні капсули з висушеними пробіотиками (неодмінно проконсультуйтеся з лікарем, перш ніж їх використовувати!).

Ба більше, кисломолочні продукти й сир є джерелами білка та кальцію для людей, не здатних засвоювати сире молоко. А таких людей у деяких регіонах (наприклад, у Південній Америці та Південно-Східній Азії) до 80 %! Ця особливість їхнього травлення пов'язана з відсутністю в організмі спеціального фермента, здатного перетравлювати молочний цукор — лактозу. Виявляється, ще близько 7–9 тисяч років тому більшість людей на нашій планеті, як і всі ссавці в дорослому віці, не могли вживати сире молоко. У цей час у групі людей на півночі Європи виникла мутація (зміна спадкової інформації), що увімкнула утворення фермента, потрібного

для розщеплення лактози, в організмі дорослої людини. Звідтоді ця мутація значно поширилася світом і тепер багато людей (як і більшість українців) здатні харчуватися сирим молоком.



Історія дружби людини та ссавців відходить ще до епохи палеоліту, тобто це почалося десятки тисяч років тому. І в кожній сучасній домашній тварині є свій дикий прототип, наприклад, у собак це вовки. В умовах утримання в неволі та зближення з людьми в поведінці тварин поступово почали дедалі яскравіше виявлятися риси, необхідні для ефективного співіснування поряд з людиною. З плином часу люди навчилися відбирати й розводити (селекціонувати) тварин із вподобаними характеристиками. Як наслідок, одомашнено численні види тварин: вовків, котів, рогата худоба, коней, домашня птицю, зрештою риб і бджіл.

З давніх-давен людина так звикла до товариства домашніх тварин, що вони стали членами сімей та навіть чимось більшим. Керівник групи дослідників екології тварин у Кембриджському університеті Джейм Серпелл вважає, що домашні тварини надають своєрідну емоційну підтримку, якої часом бракує навіть у родині, а вже про самотніх людей що й казати. На думку вченого, її цілком можна віднести до справжньої психотерапії. Недарма фундатор психоаналізу, австрійський доктор Зигмунд Фройд стверджував, що «час, проведений із котами, ніколи не буває змарнованим». Тому не дивно, що нині тварин дедалі більше використовують у психіатричних закладах, дитячих лікарнях, притулках для літніх людей, реабілітаційних центрах, школах і навіть виправних установах. Як тварин-терапевтів лікарі залучають коней, лам, собак, морських свинок, птахів, рептилій, рукокрилих і навіть павуків. Такий вид лікування називається анімалотерапією — тобто лікуванням з допомогою тварин.

Науково доведено, що долучення анімалотерапії до звичайного лікування пацієнта сприяє нормалізації кров'яного тиску, послабленню фізичного болю, вивільненню заспокійливих гормонів. Крім фізіологічних, є психосоціальні ефекти: слабшає відчуття ізоляції, поліпшуються соціальні навички, концентрація уваги, розвивається моторика. Наприклад, в університеті штату Огайо (США) під час дослідження ефективності терапії із застосуванням тварин (коней) виявили послаблення негативних симптомів у пацієнтів з хворобою Альцгеймера. Дослідження пацієнтів із притулків для літніх людей у США показало, що в тих, хто контактує з домашніми тваринами, в середньому на 69 % знижуються потреби в уживанні ліків, прописаних від больових синдромів. У дослідженнях пацієнтів, які проходили терапію за участі собак, помічене зниження рівня гормонів стресу (кортизолу й адреналіну) та підвищення рівня «гормонів радості й задоволення» — ендорфіну й окситоцину. Про користь спілкування хворих людей із собаками заявляють також дослідники з університету Лойоли (Чикаго, США). Вони виявили, що в пацієнтів, які перенесли операцію на суглобах, під час спілкування з собаками рівень болю знижується на 50 %.

Спілкування з собаками особливо рекомендоване літнім людям: вигул собак передбачає регулярні прогулянки, рухову активність і перебування на свіжому повітрі. Це позитивно впливає на тривалість життя, настроїв, є профілактикою розвитку атеросклерозу, надмірної ваги, стресів і пов'язаних із ними хвороб серця та порушень кровообігу.

Але є люди, які надають перевагу спілкуванню з котами. І знову ж таки, історія дружби людини з котами починається від моменту приручення. Якщо прирученням вовків людина розумна почала займатися кілька десятків тисяч років тому, то котів на Близькому Сході почали одомашнювати близько 9–10 тис. років тому. Завдяки аналізу ДНК стало відомо, що вся муркотлива братія походить від степового kota (*Felis lybica*). Учені припускають, що від початку коти ловили пацюків і мишей у селянських господарствах. Але процес одомашнювання не змінив незалежної вдачі хитреньких мурчиків. І якщо собак цінують за відданість, — не дарма їх ще й працювати примушують! — то котів поважають за незалежність: спробуй-но, примусь кішку виконувати якесь завдання! «Все, що потрібно було зробити цим тваринам, — це пристосуватися до співжиття з людьми», — говорить доктор Дрісколл, генетик із Національного інституту проблем алкоголізму



в Роквіллі (США). «Я б сказала, що коти самі обрали людське суспільство, проте це була угода, взаємовигідна для обох сторін», — пояснює професор Ґайґл, з інституту Жака Моно в Парижі, керівник досліджень генеалогічних ліній сучасних котів. І справді, людині вигідне спілкування з котами, тому що тіло кішки можна порівняти з грілкою: вона часто лягає туди, де болить, і полегшує стан хворого на артрит чи запалення, а якщо її погладжувати, ще й заспокоює!

Коти й собаки чудово допомагають у процесі соціалізації, але людям із порушеннями опорно-рухового апарату, атеросклерозом, черепно-мозковими травмами, поліомієлітом, хворобами травної системи, сколіозом корисніша іпотерапія — лікування з допомогою коней. Заняття з кінями допомагають також упоратися з наслідками інсультів, знижують гіперактивність і знімають хворобливе збудження. Під час їзди верхи людина розгойдується, а це розвиває відчуття рівноваги, поліпшує координацію рухів. Але кінь — це не кіт і навіть не собака. Він потребує особливого догляду, тому побачити коня, а тим більше поспілкуватися з ним може далеко не кожен. Через це на базах оздоровчих закладів, на іподромах, у зоопарках та в екологічних заповідниках дедалі частіше організують кінні комплекси, де пропонують послуги коня-терапевта під наглядом фахового інструктора. Наприклад, у Харкові на базі «Фельдман-екопарку» відкритий центр психологічної реабілітації, орієнтований на реабілітацію дітей і підлітків з психічними розладами, допомогу дітям з особливими потребами, а також дорослим після травм.



*Фізична іпотерапевтична  
реабілітація пораненого військового  
з порушеннями роботи кінцівок*

І ще один вид терапії, що став популярним упродовж останніх 20-ти років, — дельфінотерапія. Контакт з дельфінами посилює чутливість, поліпшує увагу та допомагає значно послабити різні страхи. Як з'ясувалося завдяки науковій роботі Раяна де Мареса, ефект зустрічей з дельфінами суттєво позначається на емоційній сфері. У випадках з інвалідністю, дельфінотерапія відіграє роль посилення зацікавленості життям, підтримує позитивний настрій і сприяє підтримці рухової активності. Річ у тім, що у воді завдяки дії сили Архімеда, вага тіла зменшується, що полегшує рух, а це вкрай важливо для людей з інвалідністю.



*Дельфінотерапія хлопчика  
із синдромом Дауна*

Цікавішою за анімалотерапію може бути лише програма з реабілітації рукокрилих. Здебільшого це кажани, знайдені небайдужими людьми в себе в домішках і на зимових вулицях. Діти й дорослі після попереднього навчання можуть брати участь у годуванні та догляданні рукокрилих. Після успішної реабілітації тварини повертаються до звичного середовища. Спілкування з кінями, дельфінами й рукокрилими допомагає стабілізувати психоемоційний стан людини, зняти психологічне напруження.

Попри всі позитивні моменти, терапія з використанням тварин навряд може замінити повноцінні ліки і не є засобом від усіх проблем, з якими люди стикаються через хвороби, травми чи стреси, але вона, безумовно, є потужним додатковим методом лікування.

Проводити час із тваринами корисно, але що робити, коли у тебе немає домашньої тварини? Не варто відразу бігти й купувати: не забувай, що домашні тварини — це велика відповідальність. Склади список друзів, у яких є домашні улюбленці, та

зателефонуй їм, запропонує свою допомогу в догляданні. Жоден власник домашньої тварини не відмовиться, якщо ти допоможеш вигуляти її, погратися з нею чи погодувати. Такий підхід, окрім іншого, дає змогу спілкуватися відразу з кількома видами тварин (зокрема й людьми!). Ти також можеш стати волонтером у розплідниках або зоопарках.

Велику роль у вивченні роботи нервової системи тварин та людини зіграла собака. І не будь-яка, а так звана «собака Павлова». Таку назву отримав експеримент, у якому Іван Павлов вивчив формування умовного рефлексу. Ученому вдалося сформувати рефлекс слиновиділення в собаки на світловий або звуковий сигнал. Завдяки його дослідженням природа поведінки та реакцій людини на подразники стала більш зрозумілою, що сприяло розвитку медичної науки.

Крім собаки, класичними модельними організмами стали лабораторні миші та пацюки, а згодом і примати (найчастіше шимпанзе). Будь-яке випробування ліків чи вакцин у наш час спочатку відбувається на тваринах і лише згодом на людях. Подекуди віддаючи своє життя, ці тварини стали мірилом безпечності препаратів і медичних процедур — лише після того, як дослідники і дослідниці упевняться в безпечності препарату на лабораторних тваринах, вони отримують дозвіл перейти до дослідження на добровольцях. Ба більше, без лабораторних гризунів важко уявити собі сучасні наукові медичні дослідження. Ці тварини часто хворіють людськими хворобами. Учені виводять такі породи й у подальшому, вивчаючи перебіг захворювання в них, здобувають такі необхідні для лікування людини знання.

Широкому використанню мишей та пацюків у лабораторіях сприяє й відносна легкість генетичної модифікації цих тварин. Завдяки цьому вдається створити тварин із визначеними властивостями, сприйнятливих до людських інфекцій, а також вивчити функції окремих генів, клітин, тканин та органів. Яскравим прикладом такого застосування ссавців є заплановане українськими вченими з Інституту біології клітини (Львів) створення вакцини проти коронавірусної хвороби COVID-19 з використанням генетично модифікованих мишей, здатних хворіти нею, бо звичайні миші не заражаються її вірусом-збудником.

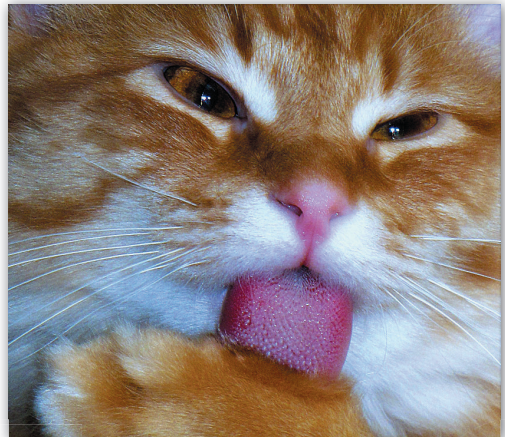
Ще один напрям досліджень у галузі змін генома ссавців — виведення тварин, які виробляють продукти з нехарактерним, лікувальним компонентом. Наприклад, для людей із лактозною непереносимістю виведено корів, які дають молоко без лактози.

А для отримання повноцінних сухих молочних сумішей створено кіз, що продукують молоко з білком лактоферином, який має противірусні, протигрибкові властивості та є імуностимулятором. За ці властивості його ще називають «природним антибіотиком», і потенційно він може в майбутньому стати зброєю проти бактерій-збудників хвороб.

## *Сонце посміхається тим, хто умивається*

Волосяний покрив потребує догляду. Тому значну увагу ссавці приділяють гігієні. Представники родини котячих, наприклад, присвячують умиванню третину свого життя! Як і багато інших ссавців, вони позбуваються бруду й пилу за допомогою особливої щітки — власного язика. Такий язык-щітка має жорстку поверхню, яка добре вичісує забруднення, а в слині містяться речовини, що пригнічують розмноження бактерій.

Але не тільки котячі володіють здатністю підтримувати чистоту. Інші тварини також стежать за своїм зовнішнім виглядом, хоча іноді й у вельми незвичайний спосіб. Кабани, слони, бегемоти надають перевагу купанню в багнюці, яка згодом прилипає до шкіри, укриває її скоринкою і так захищає від укусів комах. На відміну від птахів і рептилій, шкіра ссавців багата на залози.



*Котячий язык-щітка*

Особливо виражені в ссавців пітні та сальні залози. Сальні залози виділяють шкірний жир, який допомагає зберігати вологу у волосинах і змазує їх, а також створює потрібне кислотне середовище, яке бере участь у захисті тіла від збудників хвороб. Шиншили, тушканчики, білки приймають ванни з пилуки — «сухі шампуні» ефективно очищують хутро та регулюють роботу сальних залоз.



*Слониха у ванні  
з грязюки*



*Шиншила приймає  
пилову ванну*



Для експерименту тобі знадобляться канцелярський ніж, блюдце з водою, мило, серветки. Відломи одну заздалегідь затуплену металеву пластинку від леза канцелярського ножа. Ретельно промий її милом та поклади пласкою поверхнею на воду. Лезо потоне. Дістань пластинку з води й насухо витри серветкою. Потри пластинку об шерсть собаки чи kota, щоб змазати її поверхню шкірним салом. Знову акуратно поклади пластинку пласкою поверхнею на воду. Що спостерігаєш? Чи змінилися результати експерименту? Дістань пластинку й струси воду — чи багато вологи залишилося на пластинці? Зніми відео для публікації в інтернеті, а спостереження запиши в журнал.



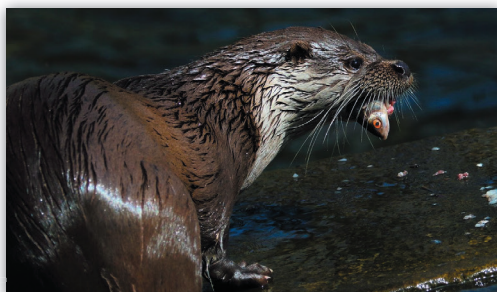
Потому, як пластинку змазали шкірним салом, вона не тоне. Це відбувається тому, що завдяки жиру поверхня пластинки не змочується водою. Так само шкірне сало захищає шкіру від проникнення вологи ззовні. Та чому тоді тварини регулярно «приймають ванни»? Мета їх не тільки видалення прилиплоного бруду, а й стимулювання роботи сальних залоз. Свіжі порції шкірного жиру сприяють розвитку корисних мікробів (бактерій, вірусів, мікроскопічних грибків) на шкірі. Завдяки їм шкіра має додатковий захист від організмів, здатних спричинити захворювання, — корисні мікроорганізми слугують за імунний бар'єр. Тому в здорових тварин завжди доглянута, блискуча шерсть.



1. Дізнайся, чи є шкірне сало в людини, та чи здатне воно зробити металеву пластину непотоплюваною?
2. Хутро яких ссавців покрите найбільшою кількістю жиру? Чому?

## Їсти чи не їсти?

Ще одне спостереження, яке ти легко зможеш провести в зоопарку чи навіть удома, — це визначення хижаків і нехижаків. Тут тобі потрібно буде розподілити тварин на групи за будовою зубів і раціоном. Хижаки — це організми, які полюють на інші організми та харчуються ними, вбиваючи. Серед хижаків розрізняють три основні групи за типом їжі: комахоїдні, рибоїдні та м'ясоїдні (останні харчуються птахами та ссавцями). З'ясуймо, хто є хто (ну, або хто кого)!



*Рибоїдний (видра) та м'ясоїдний (лисеня) хижаки зі здобиччю*

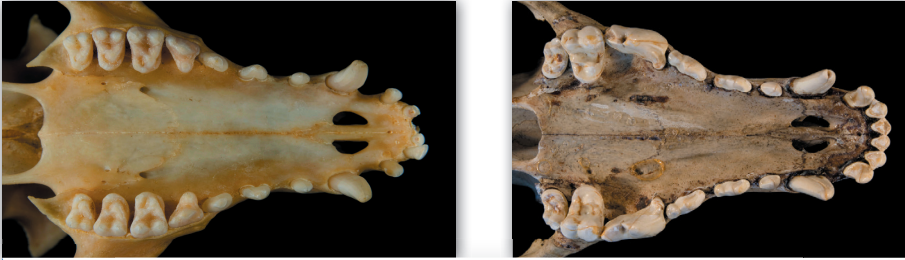


Хижаки й травоїдні розрізняються за особливостями будови щелеп, зубів, наявністю або відсутністю кігтів, тому й споживають їжу та воду по-різному. Порівняй за цими характеристиками кількох тварин кожної групи. Представниками травоїдних можуть бути, наприклад, кінь, коза чи корова. Представниками хижаків — собака, кіт, тигр або вовк. Зроби висновки після спостережень у журналі та вкажи на основні особливості хижаків і травоїдних.



Перше, що впадає в око, — як тварина їсть, тому що це пов'язано з будовою щелеп і рота. Хижаки заковтують їжу великими шматками, а травоїдні — невеличкими порціями. Травоїдні п'ють рідину, а хижаки сьорбають язиком. Щелепи хижака рухаються вертикально, а в травоїдного — в горизонтальній площині. Першим це потрібно, щоб перекушувати й відривати шматки їжі, а другим — аби перемелювати тверду їжу. У м'ясоїдних зуби довгі й загострені, у травоїдних — пласкі. Хижаки активні переважно в сутінках та в нічний час і загалом сплять більше, ніж травоїдні. Описані особливості вочевидь не абсолютні. Прикладом може слугувати, скажімо, вже знайома нам великовуха

лисиця, яка живе в пустелі. Лисиці належать до родини вовчих і харчуються м'ясом ссавців і птахів, але в пустелі його не так просто знайти, тож великовухі лисиці пристосувалися до харчування комахами. Це призвело до зміни будови їхнього черепа, так само, як і до розвитку особливого типу плоских зубів. У їхніх родичів, вовків, гострі зуби, якими вони рвуть м'ясо, тимчасом у великовухих лисиць багато дрібних зубів, потрібних для пережовування комах.



*Верхня щелепа (вигляд знизу) комахоїдної великовухої лисиці (ліворуч) та м'ясоїдного вовка (праворуч)*

Ссавці розрізняються також і ротовими апаратами. Хоча кити, предками яких є наземні ссавці, мають зуби, у багатьох видів вони перебувають в нерозвиненому стані. У беззубих вусатих китів зуби перетворилися на кістяні пластини, оздоблені торочками, що отримали назву «китовий вус»; вони пристосовані для проціджування води. Їх певною мірою можна порівняти з ситом чи фільтром, який не пропускає лише те, що є їстівним для кита, — дрібних рачків криля.



*Китовий вус: фрагмент (ліворуч) та вигляд у ротовій порожнині тварини (праворуч)*



Миша — маленький сірий гризун, який часто живе в людських помешканнях, але не є домашньою твариною. Живуть миші скрізь: багато їх у лісах, на полях і там,



Хатня миша

де миша може знайти корм. Визначмо, яку їжу люблять миші. Для експерименту тобі знадобляться два десятки прозорих пластикових пляшок об'ємом пів літра з широким горлом (у таких продають, наприклад, холодний «чай»), маркер і різні приманки: сушений чорний й білий

хліб, хлібний сухар, змочений у духмяній соняшниковій олії, шматочок яблука, шматочок в'яленого м'яса, сало, зерно тощо.

Є різні методи отримання інформації про смакові вподобання тих чи інших тварин. Для польових досліджень часто застосовують пастки. Але ж ти хочеш не спіймати мишу, а просто подивитися, що вона їсть! Тому скористайся пляшкою з достатньо широкою горлянкою, щоб туди проникла миша, але не пробралися інші лісові мешканці. Напиши маркером на пляшках, що в них міститься. При цьому в одну пляшку можна покласти відразу дві різні приманки. Влаштуй по 2–3 пастки з кожним видом приманки (чи набором приманок). Для цього влітку пляшки з приманками розклади в лісі чи лісопарку кожні 5–10 метрів. Упродовж наступного тижня щодня перевіряй пляшки та фіксуй в польовому щоденнику, що з'їдене, а що ні. У ті пляшки, де миша з'їла харч, поклади іншу приманку. Після проведення експерименту всі пляшки необхідно зібрати й викинути в контейнери для пластику.



Наукова назва миші — *Mus musculus*. Слово «мус» походить із давньоіндійської мови та означає «зłodий».

Миші — охайні тварини, попри це можуть переносити чимало збудників людських хвороб. Вони дуже допитливі й щодня досліджують місце, де живуть, запам'ятовують місцевість, стежки, перешкоди, точки харчування тощо. Миші люблять ховатися в щілинах або всередині стін, копають невеличкі нори зі складними тунелями, камерами, гніздами й трьома-чотирма виходами. Зуби в мишей так само тверді, як алмази (а це найтвердіша з відомих людству речовин). Здебільшого миші їдять усе, що їм трапиться: рослини, насіння, корінці, листя, комах (личинок жуків, багатоніжок, тарганів), тобто все, що можуть знайти й «поцупити». Тож не дивуйтеся, якщо ваші пастки спорожніють надто швидко.



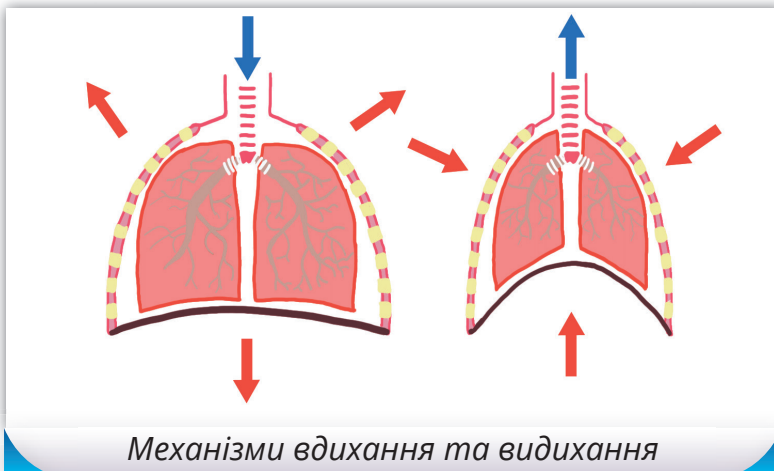
У мишей поганий зір, зате чудові нюх, відчуття смаку та слух. Саме тому пастки з хлібом у духмяній олії порожнітимуть швидше за ті, у яких лежав просто хліб. Як і багато інших ссавців, миші використовують свої вуса (вібриси) для хімічного чуття. Щойно вус торкається до певного об'єкта, сигнал надходить у мозок і тварина починає розуміти, з чим саме вона зіткнулася: з їжею, ворогом чи неживим предметом.



1. Чи достатньо знань про будову зубів для визначення харчового раціону тварини? За якими ще характеристиками можна визначити, що тварина їсть?
2. Від яких чинників залежить твердість зубів тварини?

## *Дихайте, не дихайте*

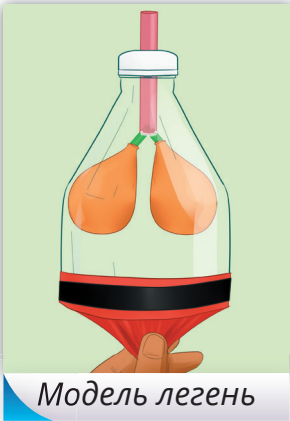
Ссавці походять від стародавніх тварин, схожих на рептилій, і виникли ще за життя динозаврів. У чомусь вони залишилися подібними до своїх предків, але багато в чому відрізняються. Так, ссавці теплокровні, а не холоднокровні, як їхні еволюційні родичі — рептилії. Велику роль у виникненні теплокровності зіграло вдосконалення кровоносної та дихальної систем. До таких удосконалень у ссавців належать чотирикамерне серце та участь діафрагми — опуклого м'язу між грудною та черевною порожнинами — в диханні. Завдяки скороченням діафрагми та міжреберних м'язів під час вдихів і видихів ссавці здатні поглинати й вивільняти значні об'єми повітря. Нумо вивчати принцип дихання ссавців на кульковій моделі легень!





Для експерименту тобі знадобляться 1,5-літрова пластикова пляшка, три повітряні кульки, дві пластикові трубочки для коктейлів, скотч, ножиці. Візьми одну трубочку й відріж від неї два фрагменти завдовжки 5 см кожен. Один край кожного фрагмента зріж навскіс. Візьми другу трубочку та склей її липкою стрічкою із двома відрізками так, щоб вийшла рогатка. Місце з'єднання має бути добре заклеєне, щоб повітря не виходило з трубочок. Тепер за допомогою скотчу прикріпи по кульці до кожної короткої гілки «рогатки».

Ножицями відріж дно пляшки. За допомогою цвяха чи свердла пробий у кришці отвір, за потреби розшир його ножом чи напилком до діаметру трубочки. Тепер маєш вставити «рогатку» з кульками в пляшку крізь відрізане дно та встромити трубочку в дірку накривки. Зафіксуй трубку скотчем або пластином так, щоб повітря могло проникнути всередину пляшки лише через трубочку. Відріж кінчик у третьої кульки та натяни її на відрізаний знизу край пляшки, закріпи скотчем. Кульки на «рогатці» мають, зрештою, виявитися всередині місткості, замкненої згори кришкою з трубочкою, а знизу — фрагментом повітряної кульки.



Модель легень

Тепер поглянь, що відбувається з кульками, якщо об'єм повітря в місткості збільшується або зменшується. Для цього спочатку відтягни донизу гумове дно (рештки третьої кульки), а годом — відпусти. Чому кульки всередині розтягуються? Зніми відео з роботою твоєї моделі легень та опублікуй його в інтернеті.



Довга трубочка — аналог трахеї — частини дихальної системи, розташованої між гортанню і легенями. Два короткі фрагменти трубочок — це аналог бронхів, що ведуть від трахеї до легень. Кульки всередині — власне легені, а сама обрізана пляшка — герметична грудна порожнина, замкнена знизу спеціальним м'язом — діафрагмою. У нашому випадку її функції виконує частина повітряної кульки, що утворює дно місткості. Під час її розтягування — скорочення діафрагми — об'єм грудної порожнини збільшується і в ній, згідно із законом Бойля-Маріотта, знижується тиск. Через це в «легені» надходить повітря ззовні. Щойно об'єм порожнини зменшується, повітря «видихається» із мовних «легень».



1. Чому кулькова модель легень не працюватиме, якщо всередину потраплятиме атмосферне повітря? Як така ситуація може трапитися в житті реального ссавця?
2. Діафрагма — це еволюційне надбання ссавців. А завдяки чому здійснюється вдих і видих у амфібій, рептилій та птахів, які також мають легені?

## Дресування на щодень

Ссавців не дарма називають найрозумнішими тваринами на планеті. Вони швидко навчаються, володіють гарною пам'яттю та здатні протягом життя використовувати прості предмети. Турбота про нащадків, притаманна ссавцям, призвела до виникнення груп тварин, здатних до співробітництва та взаємодопомоги. Відомо, що ссавці здатні до взаємного навчання та передавання нащадкам своїх знань. Для нас, людей, вони не просто джерело поживних речовин, а й вірні друзі та незамінні помічники. Наприклад, собаки: охороняють і захищають, допомагають випасати худобу, шукають вибухівку та наркотики, допомагають людям із обмеженими можливостями... Якщо ж кошеня чи песика змалку чогось навчити й прищепити їм певні навички, вони їх не втратять ніколи.



*Собака-поводир — нерозлучний помічник людини з вадами зору*



Навчити котика чи цуценя брати приманку з рук, ставши на задні лапи, не дуже складно. Для цього потрібні ковбаса або м'ясо та гребінець. Аби здолати реакцію на незнайому обстановку, яка часто гальмує харчові рефлекси, корисно дресувати домашнього улюбленця в різних місцях.

Посади його біля себе. Візьми гребінець і проведи пальцями по його зубцях. Почуєш неголосний тріск. Ледь наблизь гребінець до тварини; вона зазвичай задкує від подразника (це захисний рефлекс), потім починає тягнутися до нього й обнюхувати. Щоб стимулювати цю реакцію, руку з гребінцем повільно відведи далі, хай тварина «переслідує» подразник, що віддаляється. Якщо це вдалося, тут-таки поряд із гребінцем має з'явитися приманка — м'ясо чи ковбаса. Важливо, щоб тварина її з'їла. Потому піднеси гребінець згори. Щойно тварина потягнеться за звуком, згори піднеси корм і хай тварина підніметься за ним на задні лапи. Ці дії потрібно повторити кілька разів і щоразу збільшувати інтервал між звуком і моментом, коли тварина побачить гребінець (умовний подразник), та пригощанням (безумовним підкріпленням). Рефлекс вважається виробленим, коли тварина зреагує на звук гребінця та стане на задні лапи, навіть якщо не бачить приманки. Зніми відео процесу дресирування, щоби показати його своїм друзям і подругам в інтернеті.



*Реакція кицьки на подразник над нею*



Як і під час попередніх дослідів з вироблення умовного рефлексу, необхідно, щоб майбутній умовний подразник (тут — звук гребінця) кілька разів поєднувався з безумовним подразником (тут — їжа) та передував його появі. Унаслідок умовного рефлексу умовний подразник стає сигналом майбутнього безумовного, якого може й не бути.



1. Як ти вважаєш, чому в усіх дослідах з вироблення умовних рефлексів у якості безумовного подразника використовувалася їжа? Обговори свої припущення із вчителем чи вчителькою біології.
2. Де ще можуть стати в пригоді коти, окрім як у ролі домашніх улюбленців? Чим пояснюється невелика кількість «ролей» котів порівнянно з іншими домашніми тваринами?

## Їсти молоко, щоб рости

Новонароджені ссавці часто бувають сліпими, не здатними стояти на ногах і беззахисними.

І в цей період їм особливо потрібні захист і харчування, забезпечені батьками. Один із найважливіших елементів турботи — материнське молоко, яким харчуються всі без винятку ссавці в цей період. Спробуймо дослідити значення молока для ссавців на прикладі кроликів.



Теля ссе материне молоко



Для проведення експерименту тобі знадобляться кроленята з кролицею, три клітки для відсаджування молодняку, ваги та миска, у якій ти зважуватимеш кроленят. Кроленят одного приплоду, що досягли місячного віку, поділи на три групи. Одну групу відсади в окрему клітку в місячному віці, другу — через 10 днів, третю — ще через 10. Після відсаджування давай кроленятам кожної групи однакову кількість їжі й води (у розрахунку на одного кроля). Зважуй кроленят кожні 10 днів. Спостерігай, кроленята якої групи швидше ростуть. Веди спостереження впродовж трьох місяців. При цьому відзначає активність молодняку, його зовнішній вигляд (стан шерсті, положення вух тощо). Час від часу знімай відео, щоб потім змонтувати ролик, а всі результати не забувай записувати в лабораторний журнал для наступного аналізу.



Кроленята, які довше підгодовувалися молоком матері, під час переходу на харчування рослинним кормом, ростуть і розвиваються значно швидше, порівняно з відлученими від матері в більш ранньому віці. Їх зовнішній вигляд часто кращий, активність вища, ніж у «недогодованих». «Пізні» кроленята здоровіші на вигляд й рідше хворіють.

Вигодовування молоком корисне й необхідне юним ссавцям. Молоко містить важливі поживні речовини та захищає від хвороб. Важливу роль у підтриманні імунної системи відіграє білок

лактоферин, що міститься в грудному молоці. Крім того, фізична близькість із матір'ю заспокоює дитинчат. Годування молоком оптимально пристосоване природою для фізичного розвитку молоді, який у різних видів ссавців протікає по-різному. По завершенню періоду вигодовування в матерів зупиняється вироблення грудного молока, а в дитинчат, які підростають, — знижується активність ферментів для його перетравлювання. Тому годувати дорослих котів і їжаків молоком не варто!



*Кролиця та кроленята*



1. Чому новонароджені дитинчата ссавців не здатні житися іншими продуктами, окрім молока?
2. Які інші причини, крім раннього відлучення від матері, можуть пояснювати сповільнений ріст кроленят у досліді? Як вони можуть вплинути на висновок?

## Зміст

Передмова . . . . .	3
Основні правила безпеки під час спостережень та експериментів . . . . .	5
Умовні позначення . . . . .	6
<b>ЖАЛКІ . . . . .</b>	<b>7</b>
Жалкі лікують . . . . .	8
Життя медуз . . . . .	9
Рибка для морських анемонів . . . . .	15
Полювання з лупою на гідру . . . . .	19
<b>ПЛАСКІ ХРОБАКИ . . . . .</b>	<b>25</b>
Пласкі хробаки лікують . . . . .	26
Хижакування планарії . . . . .	27
<b>КІЛЬЧАСТІ ХРОБАКИ . . . . .</b>	<b>33</b>
Кільчасті хробаки лікують . . . . .	34
Що любить дощовий хробак? . . . . .	36
Тварини проти бактерій . . . . .	40
<b>М'ЯКУНИ . . . . .</b>	<b>45</b>
М'якуни лікують . . . . .	46
Навіжений гребінець . . . . .	47
Бісус — підводний шовк . . . . .	53
Беззубки — негамовні копачі й фільтратори . . . . .	57
Виноградовий равлик . . . . .	65
З лопатою за скам'янілостями . . . . .	73
<b>РАКОПОДІБНІ . . . . .</b>	<b>77</b>
Ракоподібні лікують . . . . .	78
Суходільні раки, або як живуть мокриці . . . . .	79
Водяна блоха . . . . .	83
<b>ПАВУКОПОДІБНІ . . . . .</b>	<b>90</b>
Павукоподібні лікують . . . . .	91
Колопряди — ті, що плетуть тенета колами . . . . .	93
Стрибуни і краби . . . . .	96
<b>КОМАХИ . . . . .</b>	<b>100</b>
Комахи лікують . . . . .	101

Камо грядеши, або чому нічні метелики летять на світло . . .	103
Танець скарабея . . . . .	110
Хто ти? . . . . .	115
Ідеальні хижакі . . . . .	122
Чужий . . . . .	130
<b>РИБИ . . . . .</b>	<b>134</b>
Риби лікують . . . . .	135
Хочеш швидко плавати — будь як риба . . . . .	137
Внутрішня риба . . . . .	139
Річні кільця риб . . . . .	145
Разом ми сила . . . . .	148
Риб'ячі рефлeksi . . . . .	149
<b>АМФІБІЇ . . . . .</b>	<b>152</b>
Амфібії лікують . . . . .	153
Лапи амфібіям потрібні, щоб плавати, стрибати й повзати . .	156
Унікальна шкіра . . . . .	162
Розумна жаба . . . . .	164
Життя амфібій від яйця до яйця . . . . .	167
<b>РЕПТИЛІЇ . . . . .</b>	<b>171</b>
Рептилії лікують . . . . .	172
Хвостаті рептилії . . . . .	174
Велика доросла черепаха . . . . .	179
Мудрий мов черепаха . . . . .	181
<b>ПТАХИ . . . . .</b>	<b>186</b>
Птахи лікують . . . . .	187
Ті, що не знають обмежень . . . . .	189
Птаха видно за пір'ям . . . . .	193
Шуба з пір'я . . . . .	197
Звичайне яйце . . . . .	200
Хороший папуга . . . . .	201
<b>ССАВЦІ . . . . .</b>	<b>203</b>
Ссавці лікують . . . . .	204
Сонце посміхається тим, хто умивається . . . . .	211
Їсти чи не їсти? . . . . .	213
Дихайте, не дихайте . . . . .	216
Дресування на щодень . . . . .	218
Їсти молоко, щоб рости . . . . .	220



НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ  
Серія «Шкільна бібліотека»

ЗАМОРОКА Андрій Михайлович  
ДРАГУЛЯН Марія Валеріївна

## ТВАРИНИ ЛІКУЮТЬ

посібник серії «Шкільна бібліотека»  
для 7 класу закладів загальної середньої освіти

**Видано за рахунок державних коштів.  
Продаж заборонено**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

Науковий редактор *Микита Каліберда*  
Літературний редактор *Владислав Колеснік*  
Комп'ютерна верстка *Михайло Чумак*

Формат 70×100/16. Папір офсетний. Друк офсетний.  
Гарнітура Open Sans. Умовн. друк. арк. 18,2.  
Наклад 82078 прим. Зам. № XXXX.

Творче об'єднання «Соняшник»  
61115, Харків, а/с 3182; [vydavnytstvo@sunbook.com.ua](mailto:vydavnytstvo@sunbook.com.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 5180 від 11.08.2016 р.

Видрукувано на ПрАТ «Білоцерківська книжкова фабрика»  
09117, м. Біла Церква, вул. Леся Курбаса, 4  
Тел./факс (0456) 39-17-40  
E-mail: [bc-book@ukr.net](mailto:bc-book@ukr.net); сайт: <http://www.bc-book.com.ua>  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 5454 від 14.08.2017 р.