



Дарія Біда

# ПОБАЧИТИ НЕВИДИМЕ

Частина 2

## ХТО НА ЩО ЗДАТЕН

Основою сприйняття світу людиною є зорові відчуття. Саме зір дарує нам понад 80 % інформації про навколишній світ. Недарма ми кажемо „побачимо“, „з огляду на“, „очевидно“ навіть тоді, коли не йдеться про зорові образи. Наші погляди визначаються не лише тим, що можна побачити очима, вони – частина переконань та принципів, а життєву позицію, програму поведінки та діяльності ми називаємо „світоглядом“.

Однак не для всіх істот на Землі зір відіграє домінуючу роль. Твій собака погано розрізняє кольори і бачить гірше за тебе, зате слух і нюх у нього розвинені набагато краще, ніж у людини. А в дощового черв'яка найважливішими є дотикові відчуття. Акули мають особливі рецептори, чутливі до електрики; краби – ворсинки для визначення напрямку течії води; кільце з оксиду заліза навколо черевця допомагає бджолам визначати магнітні поля й орієнтуватись у просторі; цвіркуни слухають лапками; ще не до кінця зрозуміло, як саме мурашки відчувають рух під шаром землі товщиною 5 см і як розрізняють поляризоване світло. За межами нашого сприйняття є



багато цікавих процесів. Як можна довідатися про них і побачити невидимі для нас явища? Саме про це піде мова далі.

## ІСТОРІЯ ВІДКРИТТЯ

Інфрачервоне випромінювання відкрив на початку XIX століття англійський учений Уільям Гершель. Skorиставшись чутливим термометром, він виявив, що за межею червоної області спектра температура зростає, а отже, туди потрапляє невидиме випромінювання, яке назвали інфрачервоним (ІЧ)\* або тепловим. Ти можеш відчути його, якщо піднесеш долоню до нагрітих предметів, наприклад, до своєї щоки. Відчуваєш тепло? Це – дія ІЧ випромінювання. Усі нагріті тіла випромінюють теплові промені. Що вища температура тіла, то сильніше воно випромінює в ІЧ діапазоні.



Уільям Гершель

ІЧ випромінювання підлягає тим самим законам, що й видиме – відбивається, заломлюється, поглинається, розсіюється, має енергію. Людина не бачить ані інфрачервоного, ані ультрафіолетового\* випромінювання. Чому? Такий захисний механізм придумала природа. Енергія ультрафіолетового випромінювання здатна пошкодити молекули білків та нуклеїнових кислот, а енергії інфрачервоного, навпаки, не вистачає, щоб збудити у світлочутливому пігменті (родопсині) фотохімічний процес, який викликає зорові відчуття. Однак ми відчуваємо ІЧ випромінювання, на відміну від УФ. З'ясуємо, як саме.

## РЕЦЕПТОРИ ТЕПЛА

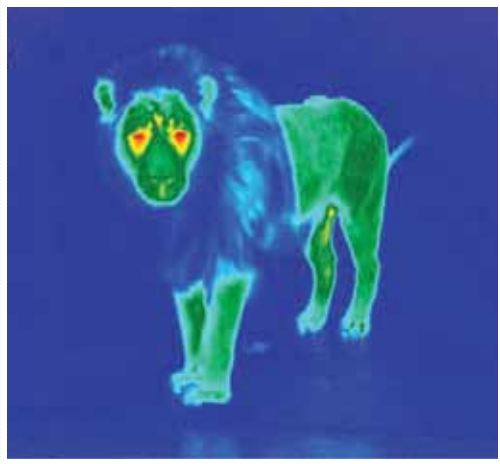
Рецептори холоду та тепла розташовані по всьому тілу людини. Рецептори холоду (їх приблизно 150 000) попереджують нас про можливу втрату тепла. Найбільше їх у шкірі верхньої губи, носа, підборіддя, грудей, лоба і пальців. Пригадай, адже саме ці частини тіла найшвидше синіють узимку, коли ти замерз на вулиці. Інші, теплові рецептори (їх приблизно 16 000), повідомляють нас про надходження тепла від гарячих предметів, оберігаючи від опіків. Більшість із них розташовані на кінчиках пальців, носа, на згині ліктів. Що ж, не все так зле! Бачити ІЧ випромінювання ми не можемо, зате відчуваємо його шкірою. До того ж у нас є могутній орган – мозок. Хіба він не здатний придумати пристрій, за допомогою якого можна побачити невидимі промені? Звичайно, здатний і вже придумав!

\*Див. „КОЛОСОК“, № 10/2011.





## ТЕПЛОБАЧЕННЯ



Мал. 1

Теплобачення (або інфрачервоне бачення) з'явилося ще в минулому столітті разом із особливими матеріалами, які реагують на ІЧ промені. Його використовували, в основному, військові для наведення високоточної зброї на тіла, що випромінюють тепло. Сьогодні теплотехніку застосовують у медицині, біології, астрономії, сільському господарстві, промисловості, побуті, лісництві, геології, фотографуванні.

Різниця температур на ділянках відкритої поверхні тіла людини може становити 7 °С. Найменша температура тіла в області стопи ( $\approx 27$  °С), а порівняно висока – в очній впадині ( $\approx 36,4$  °С) і на шиї, поблизу сонної артерії ( $\approx 34$  °С). Зміна температури є сигналом про збій у „тепловій машині” людини. Підвищення температури на градус (і навіть менше!) – ознака виникнення захворювання.

Принцип дії тепловізора базується на перетворенні невидимого теплового випромінювання від об'єктів на видиме. Зупинений кадр тепловізора, на відміну від телевізора, не лише фіксує миттєву картину, але й дає тепловий енергетичний портрет, наприклад, обличчя людини. На екрані тепловізора з'являється кольорове зображення, забарвлення елементів якого визначається різницею температур відповідних ділянок об'єкта. Це забарвлення є умовним, але воно наочно демонструє розподіл температур на поверхні об'єкта. Розглянь теплові портрети на мал. 1, 2 з умовним забарвленням. На мал. 2 ліворуч – портрет здорової людини, праворуч – людини з підвищеною температурою внаслідок гострого респіраторного захворювання.

Деякі дослідники надають перевагу чорно-білому тепловому зображенню, це справа звички і смаків



Мал. 2



ученого чи лікаря. Але, безперечно, топографія температур різних ділянок тіла дає лікарю набагато більше корисної інформації, ніж вимірювання температури в будь-якій одній точці.

Цікаво, що лікарі Давнього Єгипту обмазували тіла пацієнтів шаром червоної глини і за зміною її забарвлення у процесі висихання спостерігали розподіл температур на поверхні шкіри. А це не що інакше як метод тепловізійної діагностики!

## ФОТО У ТЕМРЯВІ

Інфрачервоні промені розсіюються менше, ніж видимі. Саме тому їх використовують для фотографування крізь негустий туман, серпанок. На жаль, ІЧ випромінювання порівняно слабо діє на фотоплівку. Використовуючи чутливу до ІЧ променів фотоемулсію, вчені з'ясували, що нічне небо є джерелом ІЧ випромінювання й отримали чіткі фотографії далеких гірських масивів у тумані. В ІЧ променях можна сфотографувати предмети не лише крізь туман, але й у повній темряві.

На мал. 3 ти бачиш дві фотографії. Перша – звичайна, а друга – зроблена за допомогою ІЧ фільтра. Друге фото дає уявлення про те, як небо, крона дерев, вода відбивають ІЧ промені. Що біліша ділянка фотографії, то більше ІЧ випромінювання відбиває об'єкт, зображений на ній. Звичайний пейзаж у інфрачервоних



Мал. 3. В інфрачервоних променях звичайний пейзаж набуває фантастичного вигляду





променях набуває фантастичного вигляду. Розглянь ландшафт (мал. 4), сфотографований у видимому діапазоні (ліворуч) та інфрачервоному (праворуч). Ці фотографії були опубліковані у першій половині ХХ століття у книзі „The Universe of Light“ („Всесвіт світла“) відомого популяризатора науки, англійського фізика Вільяма Генрі Брега (1862–1942). Тепловізорів у цей час ще не було, і фотографію (праворуч) отримали за допомогою фотопластинки, чутливої до ІЧ світла та фільтра, який пропускає лише червоні та ІЧ промені. В ІЧ променях ландшафт повністю змінився. Блакитне небо виглядає темним, чітко проглядаються гори вдалині, дерева і трава світлі, наче вкриті снігом, бо хлорофіл рослин не поглинає темно-червоні та інфрачервоні промені.



Мал. 4. Ландшафт у видимому та інфрачервоному світлі

## ІЧ ЛІКУЄ

Речовина у холодному стані найкраще поглинає саме ті промені, які у гарячому випромінює. Тому за допомогою ІЧ спектрів поглинання можна дослідити структуру молекул води, аміаку, вуглекислого газу, складних органічних молекул (наприклад, гормонів, вуглеводів).

У медицині ІЧ промені застосовують для діагностики судинних, запальних і онкологічних захворювань. Теплові промені проникають досить глибоко і прогрівають тіло ефективніше, ніж грілка з гарячою водою. Тепловим випромінюванням лікують деякі шкірні захворювання.

## ІЧ ОПАЛЕННЯ ЗЕМЛІ

Тепло, яке випромінює Сонце, життєво необхідне всьому живому на планеті. У сонячному спектрі присутні майже всі хвилі електромагнітного діапазону, але на шляху до Землі частина сонячного випромінювання поглинається атмосферою, яка захищає все живе від загибелі. Три чверті енергії, яка потрапляє на Землю, припадає на ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне випромінювання – саме у цьому діапазоні протікають усі фотобіологічні процеси на Землі. Сонце – потужний обігрівач нашої планети, і половина його випромінювання припадає саме на ІЧ діапазон. Інфрачер-

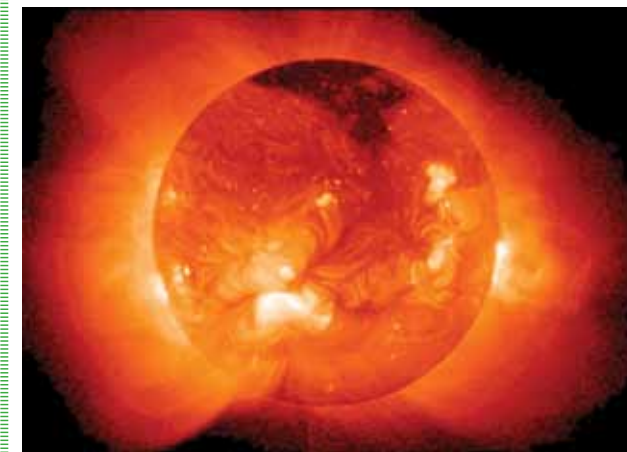


Джон Гершель

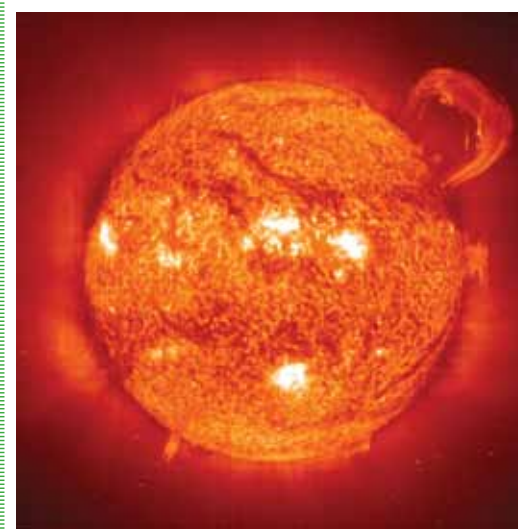
промені випарували спирт, і на папері виник своєрідний, не дуже чіткий малюнок. Сьогодні в астрономії для дослідження теплового випромінювання космічних об'єктів застосовують спеціальні інфрачервоні телескопи. Інфрачервоне „обличчя“ Сонця (мал. 4, 5) демонструє

вони промені проникають крізь простори космосу з мінімальними втратами енергії, поглинаються Землею і нагрівають її. Нагріті предмети випромінюють накопичене сонячне тепло, виконуючи роль акумуляторів і споживачів тепла.

Уперше інфрачервону фотографію Сонця отримав 1840 року Джон Гершель. Приймачем випромінювання слугував папір, змочений у спирті з часточками сажі. Виправдовуючи свою назву, теплові



Мал. 4



Мал. 5

розподіл температур на його поверхні. Темні ділянки відповідають меншій температурі. В ІЧ променях добре видно сонячну корону, невидиму у звичайному діапазоні.

ІЧ промені використовують для астрофізичних досліджень. Фотографуючи в ІЧ променях, учені встановили, що в атмосфері Венери є значна кількість вуглекислого газу, а атмосфера Юпітера, Сатурна і його найбільшого супутника Титана містять багато метану й аміаку.





## ІНФРАЧЕРВОНА ПАЛІТРА ПРИРОДИ



Пригадуєш мисливця-інопланетянина, який використовував тепловий зір у пошуках жертви і точного прицілювання в темряві? Гадаєш, фантастика? А от і ні! Такі мисливці живуть поруч із нами.

Деякі комахи, наприклад, бабки, бачать у інфрачервоному діапазоні. Вони оцінюють навколишній світ, „вимірюючи“ температуру тварин і предметів. Оце знахідка – очі-термометри (мал. 6)! Такий зір допомагає комасі орієнтуватись у просторі й знаходити здобич.

Рекордсмен інфрачервоного сприйняття – ямкоголова змія. Навіть у темряві вона бачить здобич, яка випромінює тепло. По обидва боки голови, між носом і очима, у неї є конічні заглиблення, облицьовані по краях чутливими до інфрачервоного випромінювання клітинами. Ямки розташовані на певній відстані, і це забезпечує бінокулярність сприйняття теплового джерела. Змія оцінює відстань до жертви і вибирає напрямок стрибка, щоб точно поцілити у жабу чи гризуна. Науковці стверджують, що змії вловлюють зміну температури у 0,0018 °С. Такої чутливості не мають навіть тепловізори останнього покоління!

Деяких змій можна демонструвати на виставці теплотехніки. Вони відчувають далекий ІЧ діапазон, недоступний основній масі живих істот на Землі. А це саме той діапазон, у якому „світяться“ теплокровні тварини! Гострота такого нічного бачення змій не дуже висока, але цілком достатня, щоб під час нічного полювання на мишей відслідковувати рухому ціль навіть у стрибку. До речі, окрім ІЧ бачення змії мають і звичайний зір.



Мал. 6



Чи відомий тобі факт, що комахи жалять деяких людей з особливим завзяттям? Це тому, що комарі та кліщі володіють підвищеною чутливістю до інфрачервоного випромінювання. Люди, в яких кровоносні капіляри залягають глибше, мають меншу температуру тіла, а тому комарі кусають їх менше. Якщо поруч знаходиться дві людини, в яких температура поверхні тіла різна, то комарі атакують теплішу „жертву“, а іншу – майже не кусають. Махаючи руками, розтираючи укуси, людина розігрівається і ще більше приваблює комах. Декому врешті-решт доводиться кидатися навтіки.

## БАЧИТИ ВСЕ!



Світ, який бачимо ми, відрізняється від світів бджоли, мурашки, жаби, бабки. Деякі живі істоти не розрізняють усіх кольорів, інші – нерухомих предметів, треті бачать світ плоским чи чорно-білим. Але, втративши один вимір світу, тварини набули інших можливостей. Чи вдасться людині сконструювати техніку, яка розширить можливості наших органів чуття, дасть змогу відчути світ у його шаленому розмаїтті? А якщо вдасться, чи зможемо ми все це сприйняти нашими органами чуття й усвідомити? Адже кожен із нас теж живе у своєму світі, немає двох людей із однаковими сенсорними системами. А тому і синтезовану картину світу кожен сприйматиме по-своєму. Сподіваємося, що попереду – справжній прорив науки у невидиме, а техніка розширить можливості нашого сприйняття і не заведе у глухий кут.

