

Моя школа  
оберегає клімат Землі



УДК 574 (262.5.05)  
ББК 20.18

Моя школа оберігає клімат Землі: Навчальний посібник/ Б. Григель, С. Пасерб,  
Є. Войтулевич, П. Кукля. – К.: 2011, 52 с.

**Автори матеріалів:**

Бартоломей Григель  
Славомир Пасерб  
Єжи Войтулевич  
Пьотр Кукля

**Редактор:**

Анастасія Попсуй

**Перекладач:**

Марія Витвицька-Жешотарська

**Дизайн та макетування:**

Ольга Ларіна



Публікація стала можливою за співпраці Фондації ефективного використання енергії (FEWE), Фондації ПАУСІ та Посольства США в Україні в рамках проекту «Створення осередків екологічної освіти в школах України». Більш детальна інформація про проект знаходиться на сайті Фондації ПАУСІ ([www.pauci.org](http://www.pauci.org)).

Видання здійснено за підтримки Фонду сприяння демократії Посольства США в Україні. Погляди авторів не обов'язково збігаються з офіційною позицією уряду США. / The publication is supported by the Democracy Grants Program of the U.S. Embassy in Ukraine. The views of the authors do not necessarily reflect the official position of the U.S. Government.

У посібнику розглядаються питання екології та змін клімату, а також вплив діяльності людини на екологічну ситуацію у світі. Посібник сприяє усвідомленню того, які є джерела забруднення навколишнього середовища та як розумно використовувати природні ресурси. Посібник розрахований на широке коло читачів, проте перш за все він буде корисним для школярів та вчителів, у класній та позакласній роботі, оскільки формує зміну поведінки та особистісне ставлення до природи.

© Фондація ПАУСІ

© Фондація ефективного використання енергії

Бартоломей Григель  
Славомир Пасерб  
Єжи Войтулевич  
Пьотр Кукля

# Моя школа оберігає клімат Землі

Навчальний посібник

Київ 2011



## Звичайне слово

На початку свого розвитку людина цілковито залежала від навколишньої природи та природних явищ. Але з розвитком цивілізації ситуація змінювалася. Покращуючи умови життя та задовольняючи щоразу вибагливіші потреби, ми почали значною мірою впливати на навколишнє середовище. Не раз протягом історії Землі людина вносила зміни в навколишнє середовище, в результаті яких гинуло багато видів рослин та тварин або було знищено цілі екосистеми. Сьогодні ми задаємо собі питання: де знаходиться межа людського впливу на навколишнє середовище? Відповідь на нього не проста. Очевидно, варто задуматися: чи наше піклування про стан Землі достатнє, чи наше сьогоденне занедбання не відіб'ється трагічно на майбутніх поколіннях? Виникнення цих запитань стало початком ідеї екорозвику. Ця концепція передбачає задоволення потреб цивілізованих суспільств та управління економічним розвитком таким чином, щоб «зберегти для сьогоденних та наступних поколінь багатство природи та вічних культурних цінностей». На сьогоднішній день більшість держав світу зобов'язалися застосовувати цей принцип в економічній та соціальній політиці. Але не слід себе перекопувати, що офіційні міжнародні угоди розв'яжуть усі екологічні проблеми. Потрібна участь кожного з нас!





Погода та клімат мають великий вплив на все живе на Землі, вони — обов'язкова частина нашої щоденності. Однак, якщо зміни погоди яскраво проявляють себе, то клімат, який нас оточує, залишається трохи непомітним. Клімат — це багаторічна система, характерна для конкретної зони погодних умов, які спостерігаються згідно з їх природним чергуванням протягом відповідного періоду. Ця система є результатом впливу сонячного випромінювання, циркуляції атмосфери, води (гідрологічного циклу) і географічних факторів. До географічних факторів належать: географічна широта, співвідношення суш і морів, висота над рівнем моря, ландшафт та його експозиція, морські течії, наявність рослинного чи снігового покриття. Додатковим фактором є діяльність людини та вирубування лісів, меліораційні роботи, будова великих мегаполісів та промислових осередків.

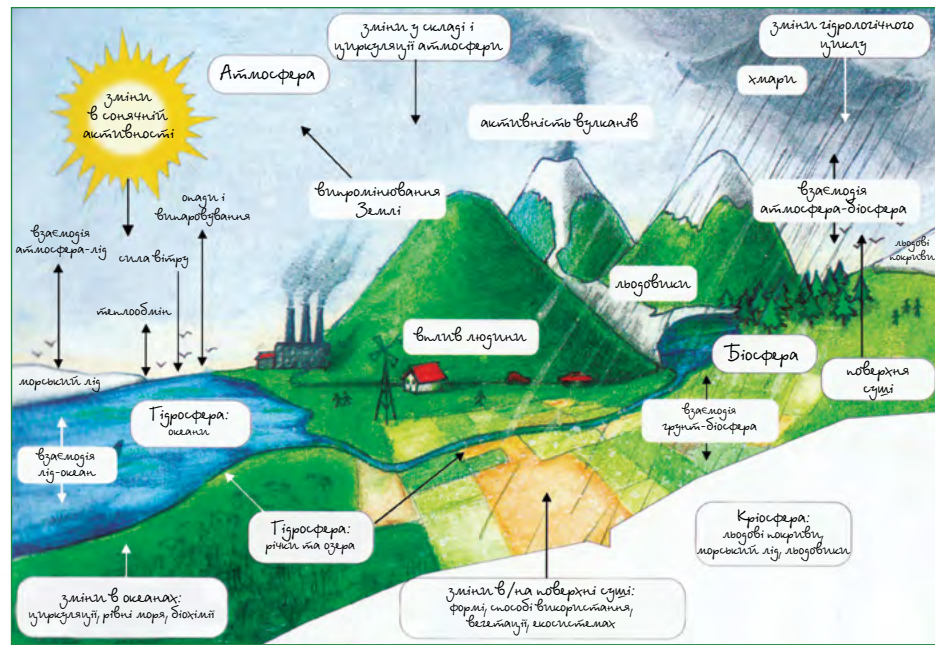


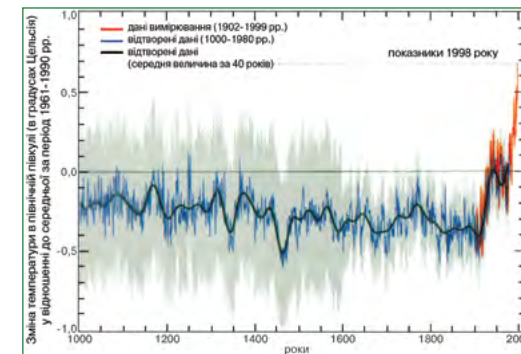
Рис. 1. Схема елементів глобальної кліматичної системи, процесів та взаємодій, які в ній відбуваються [Джерело: Міжурядова група експертів з питань змін клімату (IPCC)]

Кліматичні умови проявляють себе в елементах клімату, до яких належать: інсоляція, середня температура, вологість, хмарність, опади, атмосферний тиск та ін. Клімат земної кулі поділений на зони (приблизні) за широтами. Виділяють такі кліматичні пояси: екваторіальний, субекваторіальний, тропічний, субтропічний, поміркований, субарктичний і арктичний або антарктичний. У кожному з цих поясів існують різні типи місцевих кліматів, зумовлені розташуванням щодо морів і океанів, а також висотою місцевості. До них належать: морський, середземноморський, мусонний, континентальний, пустельний,

гірський клімат. Для опису системи взаємозв'язків поміж факторами, які творять клімат цілої планети, ми виокремлюємо кліматичну систему Землі.

## Клімат Землі нестійкий

Клімат Землі природно змінюється, а кожен фактор, що творить цю складну систему, потребує певного часу, протягом якого відбуваються ці зміни. Атмосферний стан змінюється щогодини, а детальне його передбачення на кілька днів наперед просто неможливе. Поверхневі шари океанів пристосовуються до змінних умов протягом кількох місяців у той час, коли глибинні води потребують на це сотні років. Зміни у життєдіяльності тварин та рослин у біосфері (яка має вплив на опади та температуру) зазвичай займають кілька десятиліть. Літосфера ж змінюється найповільніше — ріст гір та рухи континентів, які впливають на вітер та океанічні течії, можна зауважити через мільйони років.



Графік 1. Відображення змін температури протягом останнього тисячоліття: синій — відтворена на основі дослідження кілець дерев, коралових рифів, льодових покривів та історичних записів; червоний — дані вимірювання; чорна — середня 40-річна; сірий фон — межа похибки [Джерело: Міжурядова група експертів з питань змін клімату (IPCC)]

рив чи мамонтів. Є багато можливих причин, однак численні сліди вказують, що зникнення цих видів збіглося у часі з величезними кліматичними змінами. Дослідженням цих змін займається розділ науки, що називається палеокліматологія. На основі досліджень учені відтворюють історію змін клімату на Землі і намагаються визначити їх причини. Важливу інформацію надають кільця дерев, старі льодові покриви та океанічні відкладення. Аналіз пухирців «доісторичного» повітря, ув'язненого в льодовиках Антарктиди і Гренландії,

<sup>1</sup>Інсоляція — це притік сонячної радіації (в калоріях) на одиницю площі горизонтальної поверхні (1 см<sup>2</sup>) за одиницю часу (1 хвилина).



дозволив, наприклад, визначити склад атмосфери останнього Льодовикового Періоду понад 18 000-річної давності. Вона містила значно меншу кількість вуглекислого газу та метану, натомість, більшу кількість пилу. Вважається, що це значною мірою посприяло тому, що середня температура Землі була тоді на 5°C нижчою, ніж сьогодні. У той час льодовики покривали Канаду та значну частину Європи, а розміщення кліматичних поясів було зовсім інше. Навіть берегові лінії виглядали інакше, оскільки рівень моря був на 100 метрів нижчий, ніж зараз.

Стан клімату хаотично коливається навколо певної точки рівноваги. Він реагує також на певні додаткові фактори, які зумовлюють зміни. Якщо до Землі починає надходити більше сонячного проміння, наприклад, в результаті збільшення його активності, клімат стає теплішим. Якщо ж стається потужний вибух вулкану і в стратосферу викидається гігантська кількість дрібного пилу, що відбиває сонячне проміння, Земля охолоджується. Вже понад 200 років, відколи розпочалася промислова революція, фактором, що зумовлює кліматичні зміни в масштабі усієї планети, стала також діяльність людини.

## Парниковий ефект

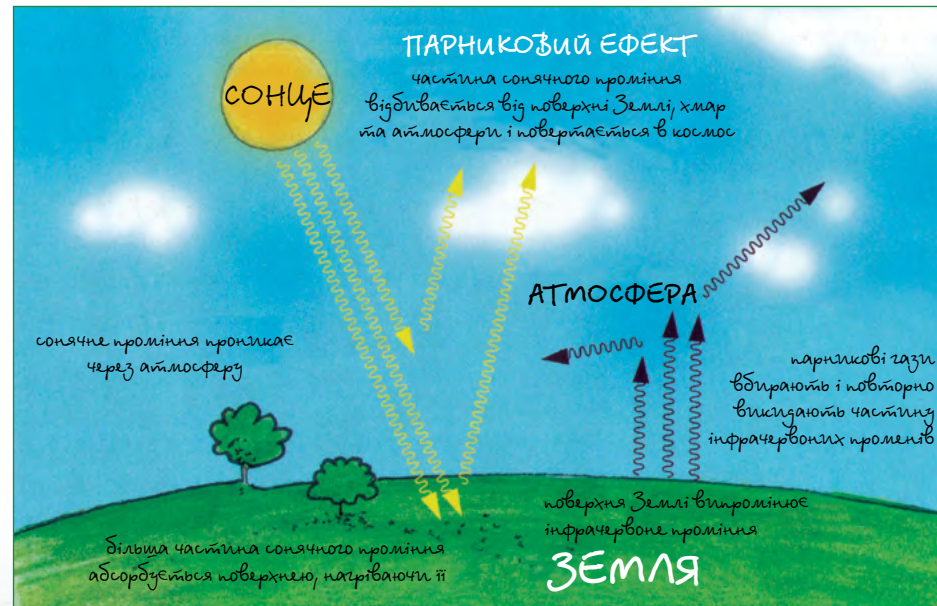


Рис. 2. Схема функціонування парникового ефекту

Атмосфера Землі – це суміш газів, наявність та характер яких дозволили розвинути всьому живому на Землі у відомих нам формах. Основними га-

зами, що входять до складу атмосфери, є: азот, кисень, аргон та водяна пара. Переважно ми уявляємо атмосферу як джерело кисню, необхідного для дихання. Але якщо до неї ближче придивитися, виявиться, що вона є також середовищем, у якому відбуваються погодні явища. І на цьому не закінчується її значення для життя на Землі. Окрім основних, до складу атмосфери входить також значна кількість залишкових газів, серед яких на особливу увагу заслуговують парникові гази, які теж називають тепличними, і які впливають на виникнення парникового ефекту.

Парниковий ефект – це природне для Землі явище. Щоб добре його зрозуміти, придивімося як Сонце обігріває Землю, і чому на її поверхні панують температури, які сприяють розвитку життя.

Сонячне проміння, яке досягає найвищих шарів земної атмосфери, складається з хвиль різної довжини, більшість з яких становить видиме неозброєним оком світло. Частина цього проміння, яке складається зі шкідливих для живого організму коротких ультрафіолетових хвиль (UV), поглинається озоновим шаром, що знаходиться в стратосфері.

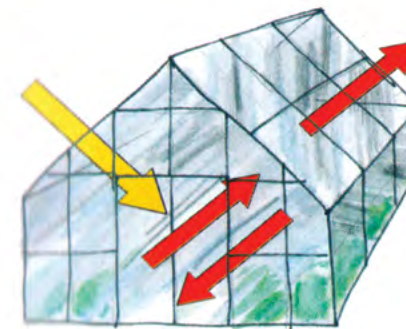


Рис. 3. Парникові гази в атмосфері створюють ефект теплиці

Решта проміння досягає верхніх шарів тропосфери, де частково відбивається хмарами. Наступний етап – проникнення до поверхні Землі. Тут сонячне проміння зустрічає на своєму шляху парникові гази. Вони мають таку особливу властивість: із суміші хвиль, з яких складається сонячне проміння, відбивають найдовші – інфрачервоне випромінювання. Тому Землі досягає майже виключно видиме проміння (світло), яке нагріває її поверхню. Земля має природну властивість утворення власних хвиль у вигляді інфрачервоного випромінювання. Саме це випромінювання й відбивають парникові гази, які знаходяться в атмосфері. Це запобігає надмірно швидкому викиду енергії в Космос. Дія парникових газів полягає у тому, що вони вбирають інфрачервоне випромінювання та повторно розсіюють його у різних напрямках. Таким чином, ці хвилі розпорошуються, поглинаються і знову розсіюються парниковими газами. Фактично, випромінювання потрапляє у своєрідну пастку в атмосфері і потребує значно більше часу, щоб врешті дістатися до космічного простору. За той час частина енергії випромінювання перетворюється на тепло. Якби не було цього явища, сонячне проміння обігрівало б виключно поверхню, а випромінювання Землі негайно б покидало атмосферу. Як наслідок, середня температура була б на 33°C нижчою, ніж зараз!

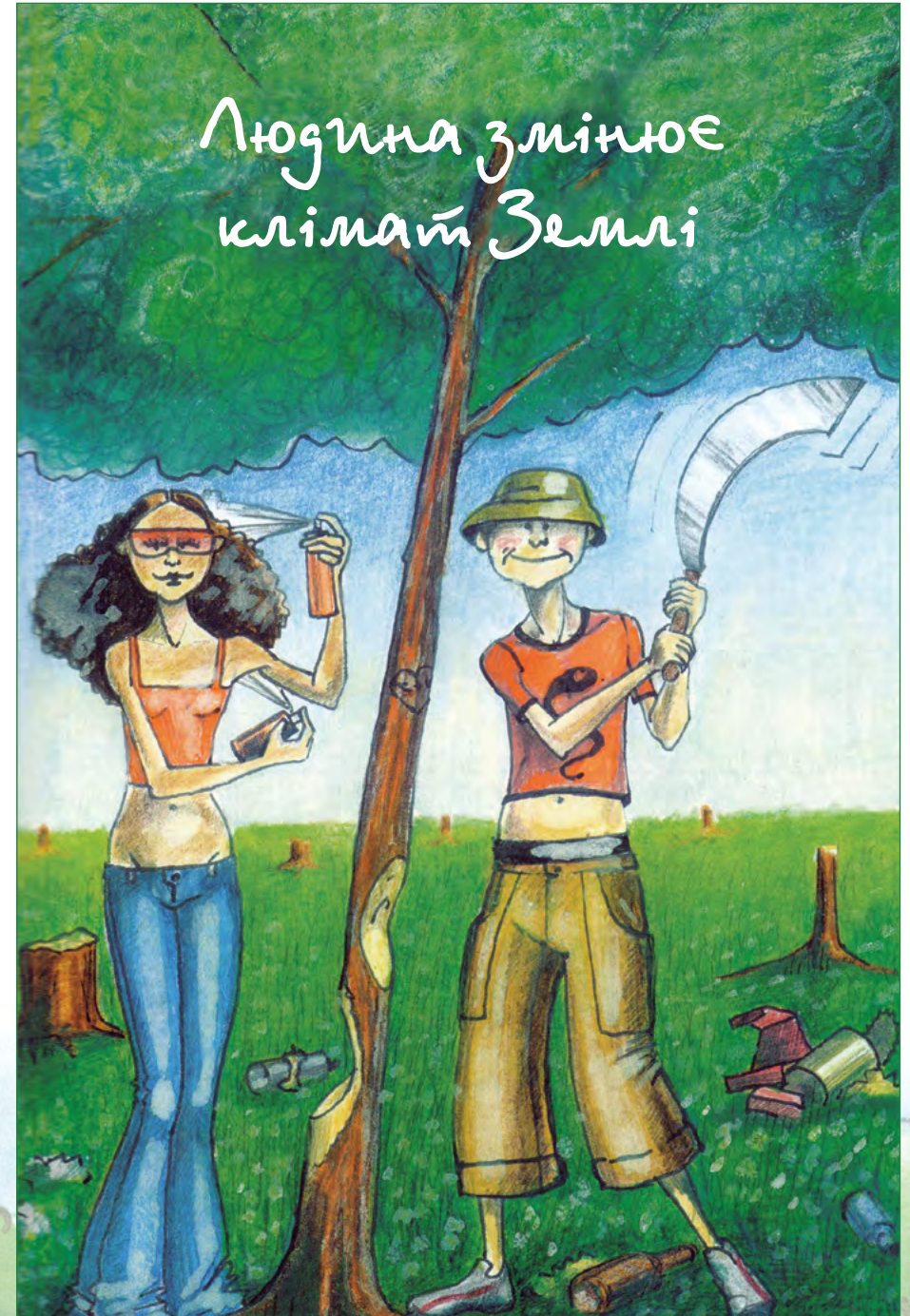


Замість поміркованих 14°C, середня температура повітря біля поверхні Землі становила б – 19°C.

Назва «парникові гази» походить від аналогії з теплицею, яку використовують для вирощування рослин. Скло, як і парникові гази, пропускає видиме сонячне проміння, проте затримує частину відбитого Землею інфрачервоного проміння. Це дозволяє утримувати в теплиці підвищену температуру та вологість, тобто сприятливі для вирощування рослин умови.

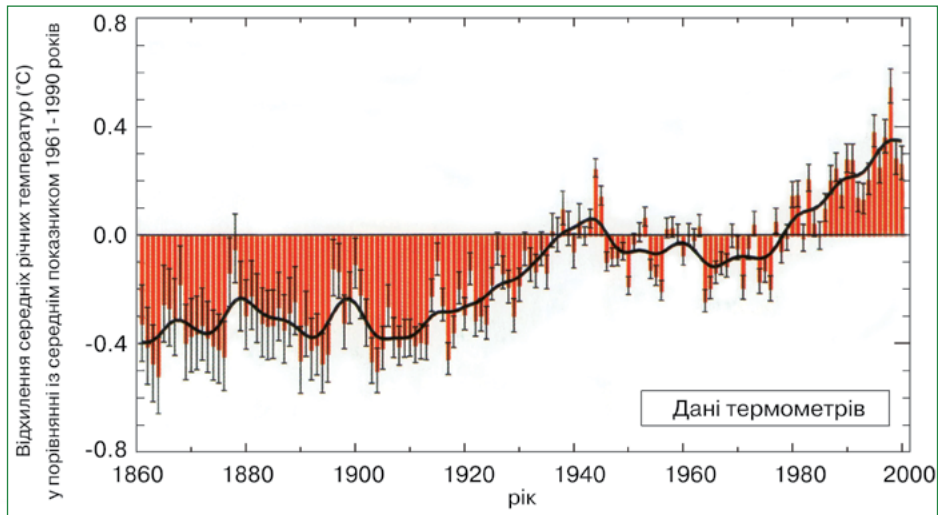
Слід згадати, що хмари також мають певний вплив на функціонування природного парникового ефекту. Як і парникові гази, хмари вбирають та розсіюють інфрачервоні промені, сприяючи таким чином нагріванню поверхні Землі. З іншого боку, вони сприяють її охолодженню, оскільки більшість хмар відбиває сонячне світло. Як наслідок – вплив хмар на середню температуру на Землі є незначним.

Середня температура поверхні та шару атмосфери, який до неї прилягає, є фактором, який безпосередньо впливає на життя на Землі. Для того, щоб середня температура Землі не піднімалася, слід зберегти рівновагу в глобальному енергетичному балансі. Простіше кажучи, наша планета повинна випромінювати стільки ж енергії, скільки протягом того ж відрізка часу отримує від Сонця. В іншому випадку середня температура буде змінюватися аж до моменту, коли буде досягнуто нового енергетичного балансу. Збільшення концентрації парникових газів в атмосфері є причиною підвищення температури, що в результаті може довести до кліматичних змін в усьому світі.





З початку XIX століття, коли почалася промислова революція, через комини фабрик людина почала викачувати в повітря величезну кількість продуктів згорання. До газів, що утворювались в результаті згорання палива, швидко долучилися нові, які утворилися внаслідок промислового та сільськогосподарського виробництва, а також синтетичні гази — продукти хімічної інженерії. Вважається, що збільшення концентрації парникових газів стало причиною посилення парникового ефекту, як результат — затримка більшої кількості інфрачервоних проміннів в атмосфері. Це спричинило порушення рівноваги в глобальному енергетичному балансі, і середня температура на Землі почала підвищуватися. У минулому столітті це підвищення становило 0,6°C, а останнє десятиліття було, мабуть, найтеплішим періодом від початку існування цивілізації. У порівнянні зі щоденними змінами температури здається, що це небагато, однак підвищення ще на 1,4-5,8°C, яке передбачають у XXI столітті, може мати дуже серйозні наслідки.



Графік 2. Підвищення середньої температури Землі, починаючи з II половини XIX ст.  
[Джерело: Міжурядова група експертів з питань змін клімату (IPCC)]

## Парникові гази

Парниковим газом може бути будь-який газ, який знаходиться в атмосфері і здатний вбирати та розсіювати інфрачервоні промені. Фактично, це усі гази, молекули яких складаються з трьох і більше атомів. Найважливішими газами, які впливають на середню температуру на Землі, є:

- водяна пара,
- вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>),
- метан (CH<sub>4</sub>),

- окис азоту (N<sub>2</sub>O),
- озон (O<sub>3</sub>),
- синтетичні гази.

Окрім останніх, усі названі гази природно присутні в атмосфері. Концентрація кожного з них — це пункт рівноваги між швидкістю, з якою він потрапляє в атмосферу, та часом, через який він з неї усувається через природні процеси розпаду чи дифузії.

Різним є вплив окремих тепличних газів на парниковий ефект. Кожному з них відповідає власний, характерний йому, середній період, після якого він зникає з атмосфери. Більше того, гази різняться також своєю здатністю вбирати інфрачервоне проміння (GWP — з англ. global warming potential: потенціал глобального потепління). Цю інформацію вміщено у таблиці 1. Варто звернути увагу, що здатність газів до вбирання інфрачервоних хвиль порівнюється з такою ж здатністю вуглекислого газу, для якого вона становить одиницю. Це дозволяє визначити здатність суміші парникових газів вбирати інфрачервоне проміння за допомогою одиниці вуглекислого газу (можна, наприклад, ствердити, що викид в атмосферу 1 кілограма метану вбирає таку ж кількість інфрачервоного проміння, як 21 кілограм вуглекислого газу). Це так звані еквівалентні викиди. Часто вживається формулювання: «викиди становлять 10 гігатон парникових газів у перерахунку на вуглекислий газ», — це означає, що до атмосфери потрапила певна суміш парникових газів, здатна затримувати таку ж кількість інфрачервоного проміння як 10 гігатон вуглекислого газу.

Газ	Середнє перебування в атмосфері	Потенціал глобального потепління	Концентрація на 1750 р.	Концентрація на 1998 р.	Підвищення концентрації	Вплив на збільшення глобального потепління
CO <sub>2</sub> (вуглекислий газ)	120 років	1	~ 280 ppm	365 ppm	31%	~ 60%
Метан	12 років	21	~ 700 ppb	1745 ppb	150%	~ 20%
Закис азоту	114 років	310	~ 270 ppm	314 ppb	16%	~ 6%
Озон	тиждень / місяць	—	—	—	35%	*)
Галогени та інші штучні гази	2-50000 років	до ~15000	0	**)		~ 14%

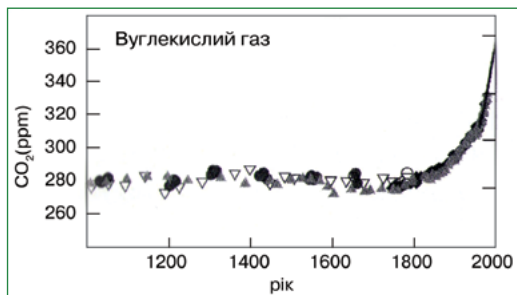
\*) Озон не враховується (не береться до уваги) через його нерівномірне розповсюдження в атмосфері

\*\*\*) Концентрація цих газів дуже різна

Таблиця 1. Зміни концентрації парникових газів від початку промислової революції, їх вплив на посилення парникового ефекту та здатність вбирати інфрачервоне проміння; ppm — part per million (одна мільйонна частина), ppb — part per billion (одна мільярдна частина)

Парникові гази викидаються в атмосферу під час активної людської діяльності. Викиди почали збільшуватися у XIX столітті, що було пов'язане з початком промислової революції та зміною способу експлуатації землі. Багато процесів, в результаті яких утворюються найбільша кількість парникових газів, на цей момент є основними у світовій економіці і становлять важливий елемент сучасного життя.

## Вуглекислий газ



Графік 3. Підвищення концентрації вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) в атмосфері у минулому тисячолітті  
[Джерело: Міжурядова група експертів з питань змін клімату (IPCC)]

Вуглекислий газ на сьогоднішній день відповідає за понад 60% відчутного посилення парникового ефекту. Ізотопний склад вуглекислого газу в атмосфері та видиме зменшення кількості кисню вказують, що збільшення концентрації першого пов'язане з окисленням вуглецю органічного походження. Це означає, що причинами, передусім, є спалення викопного палива та зменшення вкритої лісом території планети. Важливу інформацію про вплив вуглекислого газу на клімат Землі надають палеокліматологічні дослідження повітря. Досліджуються гази, які зберігалися в льодовиках протягом тисяч років. Результати вказують, що концентрація вуглекислого газу в атмосфері не була такою ж високою, як зараз.

Атмосфера, океани та життя на суші щороку обмінюються один з одним мільярдами тон вуглекислого газу. Ще донедавна, незважаючи на розмір та складність цієї природної системи, такий обмін був ідеально збалансованим. Завдяки цьому протягом 10 тисяч років до індустріалізації концентрація вуглекислого газу в атмосфері коливалася не більше ніж на 10%.

Раптове підвищення концентрації вуглекислого газу почалося з вибухом промислової революції. Протягом останніх 200 років вміст цього газу в атмосфері зріс на 33%. Не зважаючи на те, що половину викидів вуглекислого газу від діяльності людини поглинають океани та рослинність, його концентрація зараз збільшується на 10% кожні 20 років. Зміну концентрації цього газу протягом останньої тисячі років представляє графік 3.

### Найбільше джерело – викопне паливо

Найбільшим джерелом викидів парникових газів є процеси згоряння викопного палива, під час яких утворюється вуглекислий газ. Нафта, газ та



вугілля (з якого утворюється найбільше вуглекислого газу на одиницю виробленої енергії) використовуються для продукції електроенергії, приводу автомобіля чи опалення будинків. Видобування та використання палива є причиною  $\frac{3}{4}$  антропогенних викидів вуглекислого газу,  $\frac{1}{5}$  викидів метану та значної кількості закису азоту. Загалом, людина вивільняє в атмосферу близько 25 мільярдів тонн парникових газів на рік. Під час згоряння утворюються також інші шкідливі для здоров'я речовини, такі як окиси азоту (NO), вуглеводи та окис вуглецю (CO). Окис вуглецю, хоча і не є парниковим газом, все ж впливає на перебіг хімічних реакцій в атмосфері, у результаті яких утворюються також парникові гази. Фотохімічні реакції, в яких беруть участь окиси азоту (NO), спричиняють утворення тропосферичного озону, що у значній мірі сприяє утворенню смогу. З іншого боку, молекули сполук сірки та аерозолі, що вивільняються під час згоряння палива, завдяки своїм властивостям тимчасово маскують частину парникового ефекту.

### Знищення лісів



Знищення лісів є другим за величиною джерелом викидів вуглекислого газу. Коли вирубуються ліси – під сільське господарство, для розвитку міст чи промисловості – більшість вуглецю у результаті згоряння чи розкладання дерев потрапляє в атмосферу у вигляді вуглекислого газу. Найбільше лісів вирубується в тропічних зонах. Коли насаджуються нові ліси, дерева вбирають додаткову кількість вуглекислого газу, усуваючи його з атмосфери.

### Окис кальцію

Окис кальцію (CaO), що утворюється під час виробництва цементу, є причиною 2,5% викидів вуглекислого газу з промислових джерел. Кальцій видобувається зі скель органічного походження – вапна. Можна сказати, що ці

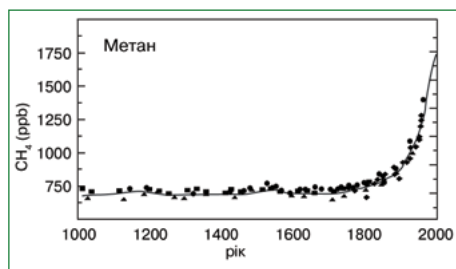


викиди також мають викопне походження — вапно утворилося, в основному, з морських ракушок та іншої біоскельної маси, що збереглися у відкладеннях на дні колишніх океанів.

Вуглекислий газ усувається з атмосфери за допомогою природних процесів: рослини абсорбують його в процесі фотосинтезу, живі організми в океанах вбирають під час життєдіяльності, у вигляді вапна він осідає на дні морів та океанів. На жаль, цей процес відбувається надто повільно, щоб наздогнати щораз більшу кількість вуглекислого газу, який викидає в навколишнє середовище людина. У зв'язку з цим його концентрація в атмосфері надалі підвищується, уже сьогодні досягаючи дуже небезпечного рівня.

## Метан

Метан ( $\text{CH}_4$ ) є потужним парниковим газом, а його концентрація збільшилася на 150% від початку промислової революції! Більш ніж половина метану, що потрапляє в атмосферу, має антропологічне походження, — він вивільняється у процесі видобування викопного палива, тваринництва, вирощування рису та зі сміттєзвалищ. Підвищення концентрації цього газу в атмосфері протягом останнього тисячоліття показує графік 4.



Графік 4. Підвищення концентрації метану ( $\text{CH}_4$ ) в атмосфері протягом минулого тисячоліття [Джерело: Міжурядова група експертів з питань змін клімату (IPCC)]

## Тваринництво



Метан утворюється у процесі розведення м'ясних видів худоби: молочних корів, овець, кіз, свиней, верблюдів та коней. Причиною його утворення є внутрішня безкиснева ферментація, спричинена дією бактерії, яка знаходиться у шлунках тварин, та розпадом відходів. Таким чином вивільняється близько 25% метану, що утворюється через діяльність людини.

## Вирощування рису



Ще 20% антропогенних викидів метану походить з мокрого вирощування рису. Близько 90% його виробництва відбувається на полях, які заливаються водою майже на весь період вирощування. Викиди спричиняє діяльність бактерій та інших мікроорганізмів, які розкладають органіку в безкисневому середовищі.

## Звалища відходів



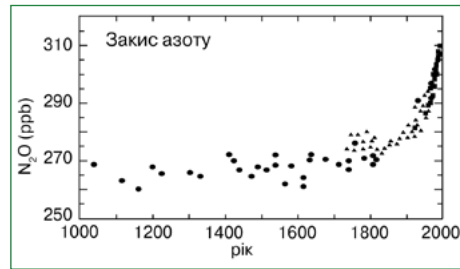
Коли органічні відходи нагромаджуються в землі, вони раніше чи пізніше підлягають безкисневому розпаду, в результаті якого утворюється метан (а також невелика кількість вуглекислого газу). Якщо цей газ не використовувати як паливо, він потрапляє в атмосферу. Це джерело викидів характерне для околиць великих міст, де сміття з багатьох будинків звозять в одне місце.

Викиди метану можуть також з'явитися в результаті неправильного утримання та витoku газу з трубопроводів, через які транспортують газ. Метан, що природно виступає в покладах вугілля у вигляді пухирців чи в розбавленій формі, витікає самостійно під час видобування та роздроблення вугілля. Інші газоподібні вуглеводи, що так само є парниковими газами, потрапляють в атмосферу через витік із танкерів і навіть під час звичайного наповнення автомобільного баку.

Основним механізмом усунення метану з атмосфери є хімічні реакції з іншими газами. Здавалося б, він не зберігається довго у порівнянні із середнім періодом розпаду вуглекислого газу, який триває 120 років. Однак, з іншого боку, пам'ятаймо, що здатність цього газу вбирати інфрачервоне проміння в 21 раз більша!

## Оксид азоту

Оцінюється, що концентрація закису азоту ( $N_2O$ ) в атмосфері збільшилась близько на 16% через інтенсивний розвиток сільського господарства. Азот, що міститься в багатьох сільськогосподарських добривах, сприяє природним процесам нітрифікації та денітрифікації, які відбуваються у ґрунті під впливом бактерій. Ці процеси сприяють перетворенню частини азоту в окис. Кількість окису азоту, що утворюється у сільськогосподарських ґрунтах, залежить від типу та виду добрива, властивостей ґрунту та клімату. Однак ця залежність ще не до кінця вивчена.



Графік 5. Підвищення концентрації закису азоту ( $N_2O$ ) в атмосфері протягом минулого тисячоліття [Джерело: Міжурядова група експертів з питань змін клімату (IPCC)]

## Озон

Озон ( $O_3$ ) природно виступає в атмосфері. Але якщо на великих висотах (у стратосфері) він творить так званий озоновий шар, який захищає все живе на Землі від ультрафіолетового опромінення, то його поява в тропосфері (нижньому шарі атмосфери) шкідлива для живих організмів. Цей газ не має безпосереднього джерела викидів. Його утворення пов'язане з фотохімічними реакціями, часто ініційованими молекулами газів антропологічного походження (наприклад, окиси азоту, утворені зі згоряння палив –  $NO$ ). Період його перебування в атмосфері порівняно короткий – від кількох тижнів до кількох місяців. Концентрація озону нерівномірно розподілена у всій атмосфері і змінюється з висотою, що й спричиняє складність оцінювання його ролі в посиленні парникового ефекту. Вважається, однак, що він третій парниковий газ щодо впливу на середню температуру Землі. Його концентрація в атмосфері збільшилась близько на 35% у порівнянні з періодом перед промисловою революцією.

## Синтетичні гази

У промисловості створено багато синтетичних газів для спеціального застосування. Ці гази також є парниковими. Винайдені в двадцятих роках ХХ століття галогеноводні, похідні хлору (СFC), використовувались для наповнення балончиків з аерозолями, у виробництві поролону для матраців, для охолоджувальних спіралей холодильників та кондиціонерів, у вогнегасниках, а також як розчинники. Дуже довго вважалося, що ці гази не мають

жодного негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей. Однак виявилось, що вони вступають у реакцію з озоном, який знаходиться на великих висотах і нищать його. Озоновий шар на висоті творить шар, що захищає все живе на Землі від шкідливого впливу ультрафіолетового проміння, яке потрапляє з космічного простору. Завдяки прийняттю у 1987 році Монреальського протоколу у справі речовин, що знищують озоновий шар, концентрація багатьох СFC перестала збільшуватися. Та, на жаль, шкідливі для озонового шару СFC замінюються іншими синтетичними сполуками (HFC і PFC) які, щоправда, не нищать озонового шару, однак сприяють глобальному потеплінню. Уже підписано міжнародні угоди (наприклад, Кіотський протокол), які спрямовані проти застосування цих газів.

Синтетичні гази не зустрічаються в природному середовищі. Середній період розпаду багатьох з них в атмосфері сягає тисяч років, при чому їх здатність вбирати інфрачервоне проміння безумовно більша, ніж у природних газів.

## Водяна пара

Серед парникових газів водяна пара має найбільший вплив на клімат Землі. Вважається, що її концентрація в атмосфері зумовлена передусім природним циклом випаровування та опадів. На цей процес діяльність людини впливає мало. Щоправда, можна собі уявити, що у випадку підвищення температури поверхні Землі збільшиться випаровування. Таким чином, парниковий ефект посилюватиметься через підвищення концентрації водяної пари в атмосфері. Однак, це малоімовірно, оскільки посилене випаровування спричинить утворення більшої кількості хмар, які відбиватимуть більшу кількість сонячного проміння. В результаті, збільшення кількості водяної пари в атмосфері не матиме істотного впливу на формування середньої температури, проте може спричинити зміни колообігу води в природі.

## Аерозолі



Аерозолі – це дуже маленькі постійні хімічні сполуки, що знаходяться в атмосфері. Деякі з них утворюються в результаті діяльності сполук сірки. Вони вивільнюються під час згоряння вугілля чи мазуту, є білого кольору, і тому розпорошують сонячне світло. Це спричиняє похолодання на Землі



через зменшення кількості сонячного проміння, яке досягає її поверхні. Попіл — продукт нецілковитого згоряння вугілля та дизелю — абсорбує сонячне світло, таким чином, зігріваючи планету. Аерозолі спричиняють збільшення кількості крапель у хмарах, що спричиняє у свою чергу відбивання більшої кількості сонячного проміння. Вважається, що загальний ефект від дії усіх аерозолів антропологічного походження має охолоджувальний вплив на клімат Землі.

## Результати зміни клімату, їх причини та наслідки

Інформація про зміни, розуміння їх причин та наслідків дозволяють створювати комп'ютерні моделі, що передбачають стан клімату в майбутньому. Завдяки їм сьогодні ми маємо змогу прогнозувати те, як діяльність людини може вплинути на клімат у майбутньому і до яких наслідків це призведе.

Кліматичні зміни матимуть вплив як у глобальному, так і в локальному масштабі. Вони істотно вплинуть на різні аспекти життя людини, змушуючи суспільства змінити спосіб життя чи, навіть, покинути територію, на якій вони досі проживали. Можна виділити чотири основні наслідки підвищення середньої температури Землі, які будуть безпосередньо причиною кліматичних змін:

- танення льодовиків та підвищення рівня морів і океанів,
- зміщення кліматичних поясів,
- почастішання кліматичних катастроф та екстремальних погодних явищ,
- зменшення ресурсів питної води.

Кожен з цих наслідків може стати трагічним.

## Танення льодовиків та підвищення рівня морів і океанів

Протягом останніх ста років рівень морів та океанів підвищився на 10-25 сантиметрів. Комп'ютерні моделі передбачають, що до 2100 року він підвищиться ще на 10-90 сантиметрів. Це явище має дві причини:

- збільшення об'єму води в океанах в результаті підвищення температур (термічна експансія),
- збільшення кількості води в результаті танення гірських льодовиків та полярних шапок (у ХХ столітті їх поверхня зменшилася близько на 10%).

Передбачається, що темп підвищення рівня морів та океанів у нашому столітті буде значно швидший, ніж в столітті минулому. Швидкість та напрямок змін (в деяких регіонах світу рівень моря, швидше всього, знизиться!) різнитимуться в різних частинах світу, залежно від характеру берегової лінії, змін океанічних течій, різниць у циклі припливів-відпливів та густини води, а також вертикальних рухів земної кори. Оскільки зміни в гідросфері проходять дуже повільно, слід сподіватися, що рівень морів підніматиметься протягом сотень років після стабілізації концентрації парникових газів в атмосфері.

Найбільшу загрозу підвищення рівня морів становлять для невеликих острівних держав (наприклад, Мальдіви), де висота найвищих точок не більше кількох метрів. Їм загрожує фізичне знищення ще до кінця ХХІ століття! Небезпека загрожує також іншим морським країнам, особливо тим, які розташовані в депресивних зонах.

Якщо рівень океанів підвищиться, наслідки деяких екстремальних погодних явищ, таких як високі припливи, циклони чи цунамі, можуть бути значно серйознішими. Вже зараз потоп, спричинений штормами, щороку зачіпає 46 мільйонів людей у більшості бідних країн. Підвищення рівня океану на 50 сантиметрів збільшить цю цифру до 92 мільйонів, а підвищення на 1 метр — до 118 мільйонів!

Підвищення рівня води становить загрозу також для таких галузей економіки як сільське господарство, рибальство та туризм. Багато густонаселених та родючих сільськогосподарських площ знаходиться в устях великих рік (Ніл, Брахмапутра, Ганг). На ділянках землі, що розташовані низько рівня моря (Голландія, а у Польщі — Жулави Вісліяні), незначне підвищення рівня моря спричинить підтоплення та підвищення рівня солоних ґрунтових вод. Засолений ґрунт не буде придатним для використання в сільському господарстві, люди втратять джерело утримання і будуть змушені переселитися на інші території.

Можна передбачити, що темп глобального потепління буде зростати. Менші поверхні льодовиків та льодових щитів будуть відбивати меншу кількість сонячного проміння, що спричинить більше накопичення енергії поверхнею Землі та океанів. Потепління океанів означає одночасне зменшення розчинності газів у воді, що в свою чергу призводить до обмеження спроможності вбирання вуглекислого газу. І так далі — одні явища можуть породжувати кілька інших, і тоді глобальне потепління набере форми ланцюгової реакції, пришвидшуватиметься і стане повністю невідворотним.

## Зміщення кліматичних поясів

### Зміщення сільськогосподарських територій

Разом із підвищенням середньої температури Землі кліматичні пояси, а за ними й сільськогосподарські зони, змістяться, скоріш за все, у бік полюсів. Оскільки в полярних районах очікується більше підвищення температур, ніж в екваторіальних, зміщення кліматичних поясів буде виразнішим на вищих географічних широтах. До кінця ХХІ століття зона поміркованих кліматів (45-60°C) може зміститися на 150-500 км у бік полюсів.

Значна частина сільськогосподарських зон світу знаходитиметься під загрозою кліматичних змін, однак для деяких територій вони можуть виявитися корисними. В тропічних та субтропічних регіонах, тобто там, де передбачається посилення спеки, яка спричинить висихання ґрунтів, врожаї

зменшуватимуться. І навпаки, подовження вегетаційного періоду в Європі та північній Канаді уможливило б виробництво на цих теренах більшої кількості продовольства. З'являється, натомість, інша проблема: види рослин, які вирощуються у певних регіонах, пристосовані до пануючих кліматичних умов. Перенесення вирощування певних видів на інші землі може бути ускладненим, оскільки ґрунти в нових кліматичних поясах можуть виявитися непридатними для інтенсивного вирощування. Самі ґрунти також знаходяться під впливом клімату, що змінюється. Кліматичні моделі передбачають збільшення випаровування та опадів, а також почастищення злив. У деяких регіонах пришвидшення гідрологічного циклу спричинятиме висихання ґрунтів, в інших — підвищення їх вологості.

Продовжений вегетативний період та зменшення морозів покращили б умови росту рослин передусім на вищих географічних поясах. Однак деякі види можуть опинитися під загрозою, особливо якщо підвищення температури співпаде у часі з нестачею води. Серед інших шкідливих явищ на сільському господарстві може відбитися інтенсивне розповсюдження деяких видів комах, бур'янів та хвороб рослин. Це може спричинити серйозні втрати врожаю.

У результаті змін у сільському господарстві деяких регіонів світу може виникнути небезпека нестачі продовольства. Якщо вірити прогнозам, то протягом найближчих ста років сільськогосподарська продукція задовольнить потреби у світовому масштабі. Але попри це деяким регіонам може загрожувати голод. Це стосується передусім народів, які мають мало орної землі, бідних та ізольованих, які цілком залежать від власних сільськогосподарських систем. Більшість з них заселяє пустельні та напівпустельні регіони Африки, південні та південно-східні регіони Азії, тропічні райони Латинської Америки та острови на Тихому океані, які вже зараз мають серйозні проблеми.

### *Вмирання видів та зміни в екосистемах*

Швидкі зміни клімату можуть призвести до зменшення кількості видів, наявних в певних екосистемах. Видам, які нездатні швидко присуватися до нових умов, загрожуватиме цілковите зникнення.

### *Ліси*

Ліси відіграють важливу роль у функціонуванні кліматичної системи. Вони є головним «резервуаром» вуглецю на Землі, вміщуючи близько 80% сполук вуглецю в одній рослині та 40% сполук вуглецю у ґрунтах. Північні ліси сильніше відчують кліматичні зміни, ніж ліси екваторіальні, оскільки підвищення температури буде більш значимим на вищих географічних широтах.



Ліси досить повільно адаптуються до змін. Спостереження та експерименти підтверджують прогнози, що підвищення середньої температури Землі навіть на 1°C може мати істотний вплив на функціонування і видовий склад лісових екосистем. Найбільш ймовірні сценарії кліматичних змін у XXI столітті показують, що під загрозою опиняться близько однієї третьої усіх лісів, що зараз покривають земну поверхню. Ліси деяких видів можуть цілком зникнути, їм на зміну придуть нові комбінації видів, що означало б виникнення абсолютно нових екосистем. Під час трансформації лісу з одного типу в інший в атмосферу вивільняється велика кількість вуглекислого газу. Стається так тому, що, вмираючи, ліс виділяє вуглець швидше, ніж може увібрати під час процесу росту. Це явище може значно сприяти посиленню парникового ефекту і становить важливий елемент одного зі згадуваних вже зворотних зв'язків.

### *Рівнини*



На рівнинних територіях слід очікувати подовження вегетаційного періоду. Луки використовуються для вигодовування близько половини тварин на світі. Вони також є джерелом живлення для диких тварин. Зміни температур і опадів можуть зміщувати кордони між трав'янистими, кущовими та лісовими зонами, спричиняючи зміни у видовому складі рослин та тварин на певній території.

### *Гори*

Гірські регіони зараз знаходяться під сильним впливом діяльності людини. Потепління клімату спричинить зміщення вгору шарів рослинності, а з ними й цілих екосистем. Якщо види й екосистеми будуть змушені переміститися у вищі райони, ті з них, що через кліматичні умови обмежують свій ареал до гірських верхов'їв, не матимуть куди подітися і зникнуть.





Кріосферу, яка вміщує в собі близько 80% усіх ресурсів прісної води, становлять усі снігові й льодові покриви Землі та вічна мерзлота. Замерзла вода дуже «чутлива» до змін температури. Якщо підтвердиться кліматичні прогнози, льодовики можуть зменшитися на 30% ще в цьому столітті. Це без сумніву вплине на усі сусідні екосистеми та життя людей, які живуть поблизу. Змінені русла гірських річок значно вплинуть на забезпечення водою як сільськогосподарських потреб, так і потреб у виробництві енергії на гідроелектростанціях. Значною мірою зміниться краєвид багатьох високих гірських вершин та полярних регіонів. Танення вічної мерзлоти може не тільки порушити функціонування екосистем, але й (як і у випадку лісів) вивільнити додаткову кількість вуглекислого газу та метану в атмосферу.

### Моря та океани



Кліматичні зміни спричинять зменшення поверхні льодовиків та змін у циркуляції океанічної води. Це може мати вплив на біологічну активність, доступність поживи для різних видів, а також на функції, які виконують окремі морські екосистеми. Зміна температури може також спричинити географічне зміщення розповсюдження видів на певній території, особливо в полярних регіонах, де вегетаційний період стане довшим. Окрім того, усі зміни в активності планктону можуть сильно вплинути на здатність океанів вбирати вуглекислий газ.

### Здоров'я людей

Прогнозується, що кліматичні зміни матимуть серйозні наслідки для здоров'я людей. Умовами доброго здоров'я є відповідне харчування, доступ до якісної питної води, відповідні побутові умови та контроль інфекційних захворювань. Кліматичні зміни можуть вплинути на кожен з цих елементів.

Загрозу може нести збільшення кількості екстремальних погодних явищ. Спеки, повені, бурі та урагани можуть спричинити загибель та каліцтво людей, голод, міграцію цілих популяцій з небезпечних територій, вибухи епідемій та суспільний неспокій. Надзвичайно складно передбачити, як із кліматичними змінами зміниться частота цих небезпечних явищ. Однак можна визначити зони, які наражатимуться на особливо часті повені та урагани. Це стосується найбільшою мірою незабезпечених належним чином берегових ліній.

Підвищення спеки завжди спричиняє збільшення кількості серцевих нападів та хвороб дихальної системи. Слід очікувати збільшення захворюваності та летальних випадків, особливо серед людей старшого віку. Однак з іншого боку, завдяки лагіднішим зимам у зонах поміркованого клімату, в деяких країнах може зменшитися кількість смертей, спричинених холодом.

Через зменшення ресурсів та доступу до питної води кліматичні зміни можуть шкідливо впливати на стан гігієни. Менший доступ до води означав би також погіршення функціонування стічних систем і збільшення концентрацій бактерій та інших мікроорганізмів у поверхневих водах. Нестача води може також змусити людей використовувати водні ресурси нижчої якості, які приходили б, наприклад, із забруднених рік. Наслідком погіршення доступу до якісної води може бути збільшення захворюваності на різного роду хвороби травного тракту.

На територіях, де значно зменшиться виробництво продуктів харчування, можуть з'явитися випадки недоїдання та голоду, що завжди призводить до серйозних і довготермінових наслідків для здоров'я, особливо у дітей.

Глобальне потепління спричинило б також збільшення територій розповсюдження організмів, що переносять інфекційні хвороби. Це стосується таких видів, як москіти, кліщі та гризуни, — кожен з них може з'явитися на вищих географічних широтах і на більших висотах над рівнем моря. Близько 45% людей на світі зараз заселяють території, що є сприятливими до малярії. Кліматичні прогнози припускають, що найбільшому враженню від хвороб піддаватимуться території, які зараз знаходяться на периферії малярійних зон. Особливо, беручи до уваги факт, що люди на цих територіях не матимуть імунітету проти цього захворювання. Згідно з дослідженнями Інституту всесвітнього спостереження (World Watch Institute) можна очікувати, що глобальне потепління спричинить мільйони додаткових смертельних випадків малярії на рік ще до 2050 року.

Оцінка впливу кліматичних змін на людське здоров'я є комплексним і передбачає врахування багатьох факторів, не пов'язаних безпосередньо з кліматом (наприклад, приріст населення чи зміни соціальних та економічних умов на певній території).

## Почастішання кліматичних катастроф та екстремальних погодних явищ

Клімат природно змінюється протягом певного періоду часу. Звичайно ж зміни можуть бути спричинені зовнішніми факторами, як, наприклад, вибухи вулканів чи зміни в активності Сонця. Вони також можуть бути наслідком внутрішньої взаємодії між елементами кліматичної системи: атмосферою, океанами, біосферою, кріосферою та літосферою. Ця внутрішня взаємодія спричиняє появу досить регулярних відхилень, таких як ENSO (El Niño – Southern Oscillation – квазіперіодичні зміни клімату, які відбуваються на всій тропічній частині Тихого океану приблизно кожні п'ять років), а також зовсім випадкові кліматичні зміни. Екстремальні явища та кліматичні катастрофи становлять зазвичай природний наслідок змінності клімату. У шкалі днів, місяців і років ця змінність призводить до появи спеки або морозів, ураганів чи надміру сильних штормів. Екстремальне кліматичне явище (погодне) – це значний і раптовий відхід від звичайного стану, в якому знаходиться кліматична система. Коли екстремальне явище спричиняє трагічні наслідки для життя людей або для функціонування певної екосистеми, його називають кліматичною катастрофою. У деяких регіонах світу кліматичні катастрофи відбуваються так часто, що їх можна вважати майже нормою. Цілком можливо, що кліматичні зміни, викликані збільшенням кількості парникових газів в атмосфері, збільшують частоту, масштаб та характер як екстремальних явищ, так і кліматичних катастроф.

Час від часу кожен регіон світу відчуває рекордні кліматичні катастрофи. У 1995 році літні хвилі спеки накрили центрально-західні штати Америки та індійський субконтинент. Коли червневі температури перевищили 50°C, через перегрівання організму в Сполучених Штатах померло понад 700 людей, у північній Індії – 500. Раніше у цьому ж році вийшли з берегів ріки Голландії, що змусило евакуювати 200 тисяч людей та близько мільйона голів свійських тварин. Це була найбільша повінь у цій країні з 1953 року, коли вода перелилася через голландські морські вали. Починаючи з 1970 року річні опади в зоні Сахел, що у північній Африці, дев'ять разів зменшувалися більш як на 20% від середнього показника, що утримувався тут від початку ХХ століття. Протягом попередніх 70 років посуха такого масштабу мала місце тільки один раз.

Чи шоразу частіші рапорти про «рекордні» наслідки екстремальних явищ означають, що їх кількість збільшується? Згідно з інформацією від Міжурядової групи експертів з питань змін клімату (IPCC) «немає достатніх даних, щоб стверджувати, що у ХХ столітті з'явилися тривалі показники змінності клімату

чи частіше екстремальних явищ». Можливо, що завдяки комунікаційній революції інформація про них стала більш доступною. Тому можна вважати, що вони з'являються частіше, однак це не доказ яскравої тенденції.

У майбутньому кліматичні зміни можуть істотно вплинути на частоту, розмір та місце виникнення екстремальних кліматичних явищ. Передусім можна очікувати почастішання спеки та злив, що можуть спровокувати повені на деяких територіях. Детальніше визначити, яким чином будуть між собою пов'язані кліматичні зміни та частота цих явищ, дуже важко. Вчені не можуть ствердити чи сьогоднішні явища є наслідком тривалих кліматичних змін. Це зумовлено, передусім, неповним вивченням та розумінням кліматичної системи та наслідків зміни концентрації парникових газів у атмосфері. Однак спостереження й дослідження цих явищ та уміння їх передбачати дуже важливі. Ми можемо бути впевнені, що серед усіх наслідків кліматичних змін, екстремальні явища можуть виявитися найважчими та спричинити величезні втрати.

## Зменшення ресурсів прісної води

Потепління земного шару прискорить гідрологічний цикл. Пришвидшене випаровування та збільшення кількості опадів спричинять підвищення вологості у світі. Але чи та волога опадатиме там, де це потрібно?

Гідрологічний цикл надзвичайно складний: зміни кількості та частоти опадів впливають на вологість ґрунтів, ріст рослин та поверхню льодовиків і, відповідно, на кількість відбитого від поверхні Землі сонячного світла. Ці елементи у свою чергу впливають на випаровування та формування хмар, що знову ж таки впливає на опади. У той же час гідрологічний цикл реагує також на діяльність людини – вирубування лісів, урбанізацію чи неекономне використання водних ресурсів. Складність цієї системи залежностей є причиною того, що неможливо передбачити регіональні та локальні наслідки глобального потепління.

Скоріш за все у деяких регіонах світу кількість опадів зросте, натомість в інших – зменшиться. Зменшення кількості та частоти опадів на різних територіях впливатимуть на кількість води, яку ми матимемо змогу використати. Чим сухіший клімат, тим місцевий гідрологічний цикл більш вразливий. Пустельні та напівпустельні регіони особливо відчують зменшення кількості опадів та пришвидшення випаровування води з ґрунтів та рослин, що призведе до ще більшого їх осушування.

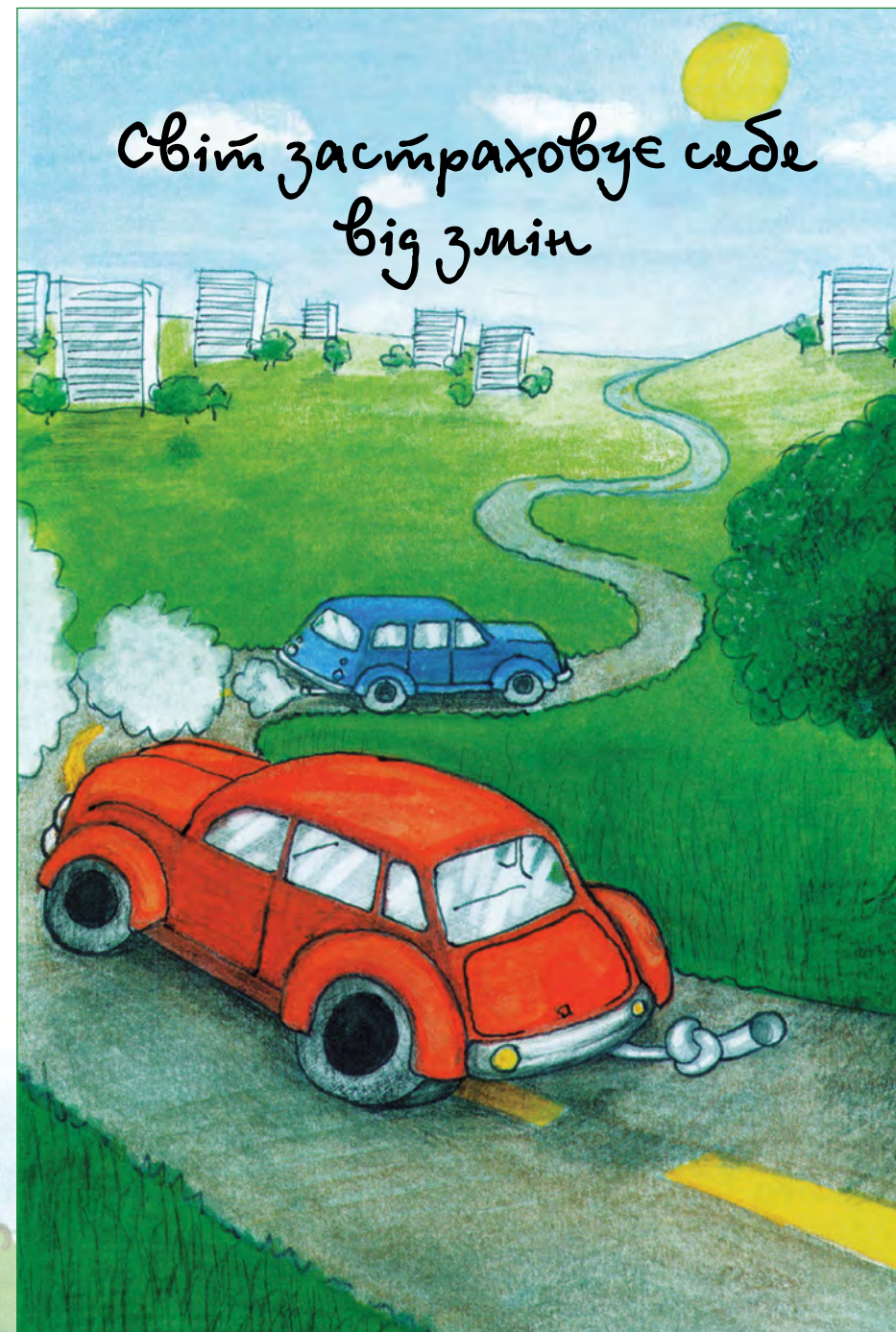
Підвищення рівня морів та океанів може призвести до змішування морської води з прибережними прісними водами, тим самим ускладнити чи навіть унеможливити їх використання у якості питної води. Вторгнення «соло-



ного фронту» в устя рік спричинить міграцію в глибину суші видів або навіть цілих екосистем, що залежать від доступу до прісної води.

Існує багато зв'язків між кліматичними змінами, доступністю води, виробництвом споживчих товарів, збільшенням чисельності населення, розвитком економіки, і вони дуже складні. Скоріш за все, зміни клімату стануть причиною наростання політичного та економічного напруження, особливо в регіонах, які вже сьогодні мають бідні водні ресурси. Більше того, багато важливих водних систем розділяють між собою два і більше народів, що уже неодноразово призводило до міжнародних конфліктів. Такі ситуації можуть траплятися щоразу частіше.

Покращення системи управління водними ресурсами може допомогти зменшити цю загрозу. Передусім слід ефективніше використовувати наявні ресурси, а також шукати нові. Довготермінові стратегії управління повинні включати запровадження правового врегулювання і технологій для безпосереднього контролю способів використання землі та води, введення податків з метою непрямого впливу на поведінку людей, а також будівництво нових резервуарів і трубопроводів з метою збільшення поставок води. Інші шляхи можуть включати усунення гребель з метою утримання розливів, захист водної рослинності, повернення річковим руслам їх первісної форми, зменшення забруднення. Все це потрібно робити з метою повернення річкам можливості ефективного самоочищення і тим самим збільшувати ресурси питної води.





Клімат не реагує на зміни в атмосфері чи сонячній активності одразу. Це зумовлене довгим періодом нагрівання океанічних вод. Необхідно кілька десятиліть, аби досягнути половини шляху від моменту виникнення причин підвищення температури до нового стану рівноваги. Навіть через 100 років ця реакція може проявитися тільки на 60-90%. Цей надзвичайно довгий, принаймні у порівнянні з тривалістю людського життя, час реакції клімату ускладнює прогнозування та сприйняття наслідків. Це означає, що сьогодні ми можемо започаткувати кліматичні зміни, які проявляться тільки через кілька поколінь. Важливо викрити і зрозуміти механізми кліматичних змін заздалегідь для того, щоб можна було вчасно застосувати відповідні запобіжні дії.

До кінця сімдесятих років дискусії про загрозу, пов'язану з кліматичними змінами, точилися майже виключно у вузькому колі науковців. У 1979 році в Женеві під час Першої всесвітньої кліматичної конференції вчені вперше оголосили, що кліматичні зміни, спричинені діяльністю людини, можуть у майбутньому становити серйозні проблеми. Було видано Декларацію, що закликала уряди держав у всьому світі «передбачати та запобігати потенційним кліматичним змінам, спричиненим діяльністю людини, які можуть мати негативний вплив на добробут людства». Протягом наступних років відбувалися міжнародні конференції, присвячені парниковим газам та їх впливу на кліматичну систему Землі. В результаті, це питання перестало розглядатися виключно науковцями і стало також предметом політичних аналізів.

У 1988 році Програма ООН з навколишнього середовища (UNEP – з англ.: United Nations Environmental Programme) та Всесвітня метеорологічна організація (WMO – з англ.: World Meteorological Organization) спільно утворили Міжурядову комісію з питань змін клімату (IPCC – англ.: Intergovernmental Panel of Climate Change). Цій міжнародній групі науковців було доручено провести оцінку доступних наукових та соціо-економічних даних про зміни клімату, їх вплив на умови життя на Землі, а також внесення пропозицій щодо способів зменшення наслідків цих змін та адаптації населення до нових умов життя. Починаючи з 1990 року IPCC опублікувала серію рапортів та аналізів, а також створила методологію оцінювання впливу людини на клімат. Вона стала також найбільш авторитетним органом, що репрезентує голос науки в дебатах про глобальне потепління. Зачитаний на Другій всесвітній кліматичній конференції (Женева, 1990 р.) Перший звіт IPCC став науковою базою для прийняття у 1992 році Рамкової конвенції ООН щодо кліматичних змін (UNFCCC – з англ.: United Nations Framework Convention on Climate Change) – Кліматичної конвенції. Найновіший, Третій звіт IPCC, видано під кінець 2001 року.

## Рамкова конвенція ООН щодо кліматичних змін

Кліматичну конвенцію було прийнято під час відомого Самміту Землі в Ріо-де-Жанейро у 1992 році. На сьогодні до неї приєдналися понад 170 держав світу, тому її вважають найважливішим міжнародним договором у галузі охорони клімату. Оскільки сьогоднішнє покоління ще не відчує наслідків глобального потепління, у центрі уваги ставиться добробут майбутніх генерацій. Це відповідає ідеї екорозвитку, якої зобов'язалися дотримуватися багато держав у своїй економічній, соціальній та екологічній політиці.

Основною метою Кліматичної конвенції є «досягнення стабілізації концентрації парникових газів в атмосфері на рівні, який запобігатиме небезпечному антропогенному впливу на кліматичну систему. Цього рівня слід досягнути протягом часу, достатнього для природного пристосування екосистем до змін клімату. Це необхідно для забезпечення виробництва харчової продукції та, як наслідку, збалансованого економічного розвитку».

Конвенція є декларацією всього світу докласти усіх зусиль задля протидії глобальному потеплінню. Прийнято кілька основних принципів, які визначають загальноприйнятну думку:

- принцип обережності, згідно з яким відсутність цілковитої впевненості науки не повинна використовуватись як привід для затримки заходів, що мають на меті запобігання невідворотним збитками,
- принцип спільної, але неоднакової відповідальності, за яким розвинені країни (так звана багата північ) є у більшій мірі відповідальними за виникнення загроз, і тому вони повинні прийняти на себе головну роль у реалізації завдань Конвенції.

Решта принципів стосуються конкретних потреб держав, що розвиваються, та необхідності популяризації ідеї збалансованого розвитку. Кліматична конвенція не шукає рішень для уникнення майбутніх кліматичних змін, викликаних діяльністю людини, але способів мінімізації та уповільнення змін для того, щоб екосистеми та люди встигли пристосуватися до нових умов.

Підписуючи Кліматичну конвенцію, сторони зобов'язалися усталити до 2000 року кількість викидів парникових газів на рівні 1990 року та взяти до уваги загрози, пов'язані з кліматичними змінами, у здійсненні власної політики. Також було постановлено, що представники держав, які підписали Конвенцію, щороку зустрічатимуться під час Конференції сторін (COP – з англ.: Conference of Parties). Роль COP полягає у визначенні конкретних рішень щодо впровадження в життя постанов Конвенції та планування подальших заходів, пов'язаних з обмеженням викидів парникових газів. Конференції дають змогу презентувати та оцінити міжнародні звіти про захист клімату, які усі сторони зобов'язані підготувати.

Під час Першої конференції сторін у Берліні (COP-1-1995 р.) було вирішено випрацювати нові зобов'язання на період до 2000 року. Було також постановлено, що на Третій конференції сторін у 1997 році буде прийнято



документ щодо накладання на сторони нових зобов'язань та пропозицій методів їх реалізації. Конвенція увійшла в життя 21 березня 1994 року після її ратифікації першими 50 державами-учасницями.

## Киотський протокол

СОР-3 відбулася в Кіото в Японії, її результатом було прийняття так званого Киотського протоколу. Після ратифікації його відповідною кількістю країн-учасниць (55 країн, які разом відповідають за щонайменше 55% світових викидів парникових газів) Протокол став правовим договором, згідно з яким країни з високим рівнем промисловості будуть зобов'язані до зменшення своїх сумарних викидів парникових газів на 5,2% протягом 2008-2012 років. З метою допомогти сторонам зменшити викиди, одночасно популяризуючи збалансований розвиток, Протокол впроваджує три спеціальні механізми: механізм чистого розвитку, торгівля викидами та механізм спільної реалізації. Дискусії на тему їх впровадження тривають до сьогодні. Часткового порозуміння вдалося досягнути під час СОР-7 в Маракеші у 2001 році, однак не всі держави погодилися (у тому числі США).

Вчасне здійснення заходів щодо уникнення загрози, пов'язаної з кліматичними змінами, може принести багато користі. Багато дослідників вірять, що можна буде обмежити суму збитків та адаптації, які у той же час принесуть користь в економічному плані, як, наприклад, створення ефективніших енергетичних систем, а також пришвидшений технологічний розвиток. Деякі способи охорони клімату можуть також принести користь для навколишнього середовища на локальному та регіональному рівнях, як, наприклад, зменшення забруднення повітря чи посилення захисту лісів та різноманітності видів.

## Трохи про сумніви

Загроза небезпечних кліматичних змін залишається науковою гіпотезою. Вона опирається на здавалося б простому твердженні, що з розвитком цивілізації збільшення концентрації парникових газів в атмосфері може призвести до трагічних наслідків – підвищення середньої температури Землі та значних кліматичних змін. Однак кліматична система настільки складна, що важко з цілковитою впевненістю стверджувати як виглядатимуть ці зміни та які можуть бути їхні наслідки для людей і всього живого на Землі. Важко також оцінювати в якій мірі вплине на них людина. Завдання вчених полягає передусім в спостереженні за змінами та обґрунтуванні їх виникнення. На жаль, вони можуть припуститися двох основних помилок:

- визначити неправильні причини явищ, які мають місце. У нашому випадку це означало б помилкове припущення, що збільшення концентрації парникових газів в атмосфері спричинене діяльністю людини (що є фактом) призведе до зміни клімату;

- помилково припускати, що існує зв'язок між збільшенням концентрації парникових газів та кліматичними змінами, і потепління викликане виключно природними причинами.

Варто задуматися, якими можуть бути наслідки кожної з цих помилок. Через другу помилку людство припинило б будь-які дії з метою обмеження погіршення кліматичної ситуації. Більше того, люди не намагалися б навіть приготуватися до змін, які наближаються і можуть настати раптово. Перша помилка здається менш небезпечною. У найгіршому випадку людство здійснить запобіжні заходи від загрози, якої фактично не існує. Тобто наслідком можуть бути зменшення тиску цивілізації на навколишнє середовище, збільшення ощадливості щодо природних ресурсів та зменшення кількості викидів і забруднень.

## Як зменшити викиди парникових газів

Парникові гази потрапляють в атмосферу в результаті господарської діяльності людини. Від виробництва відповідної кількості енергії та харчових продуктів залежить якість нашого життя. Не лише виробляючи, але й споживаючи продукти цивілізації, ми разом створюємо на сьогодні загрозу небезпечних змін клімату Землі. Уряди багатьох держав прийняли рішення про обмеження викидів парникових газів. Однак міжнародні угоди чи інші рішення політиків самі по собі не можуть істотно покращити ситуацію. Те, чи вдасться обмежити викиди парникових газів, залежить передусім від впровадження новітніх технологій у промисловості та нашої поведінки як споживачів благ цивілізації. Найбільше можливостей для покращення ситуації лежать у сфері покращення методів здобування енергії та її використання.

## Покращення методів здобування енергії з викопних палив

Теплова та електрична енергія найчастіше виробляється з використанням процесу згоряння викопних палив, таких як вугілля чи похідні нафти. Під час згоряння палива хімічна енергія, що в ньому міститься, перетворюється на тепло, яке в свою чергу може використовуватися для виробництва електроенергії. На шляху, який проходить енергія з родовища палива до місця її остаточного використання (наприклад, для освітлення приміщення), виникають значні втрати. Вони можуть бути зумовлені як недосконалістю окремих приладів, так і цілої промислової технології. Чим більша кількість енергії під час цього процесу перетворюється на корисну для нас форму, тим цей процес ефективніший. Якщо вдасться підвищити ефективність електростанції, то для виробництва тієї ж кількості електроенергії ми використаємо менше палива, таким чином зменшуючи викиди вуглекислого газу та забруднень в атмосферу.

Варто також пам'ятати, що викопне паливо можна поділити на більш і менш «брудне». Виробництво тієї ж кількості електроенергії за допомогою газу спричинить близько втричі менше викидів парникових газів, ніж при ви-



користанні кам'яного вугілля. Більше про це – у розділі «Твоя школа та навколишнє середовище».

### Виробництво енергії з відновлювальних джерел

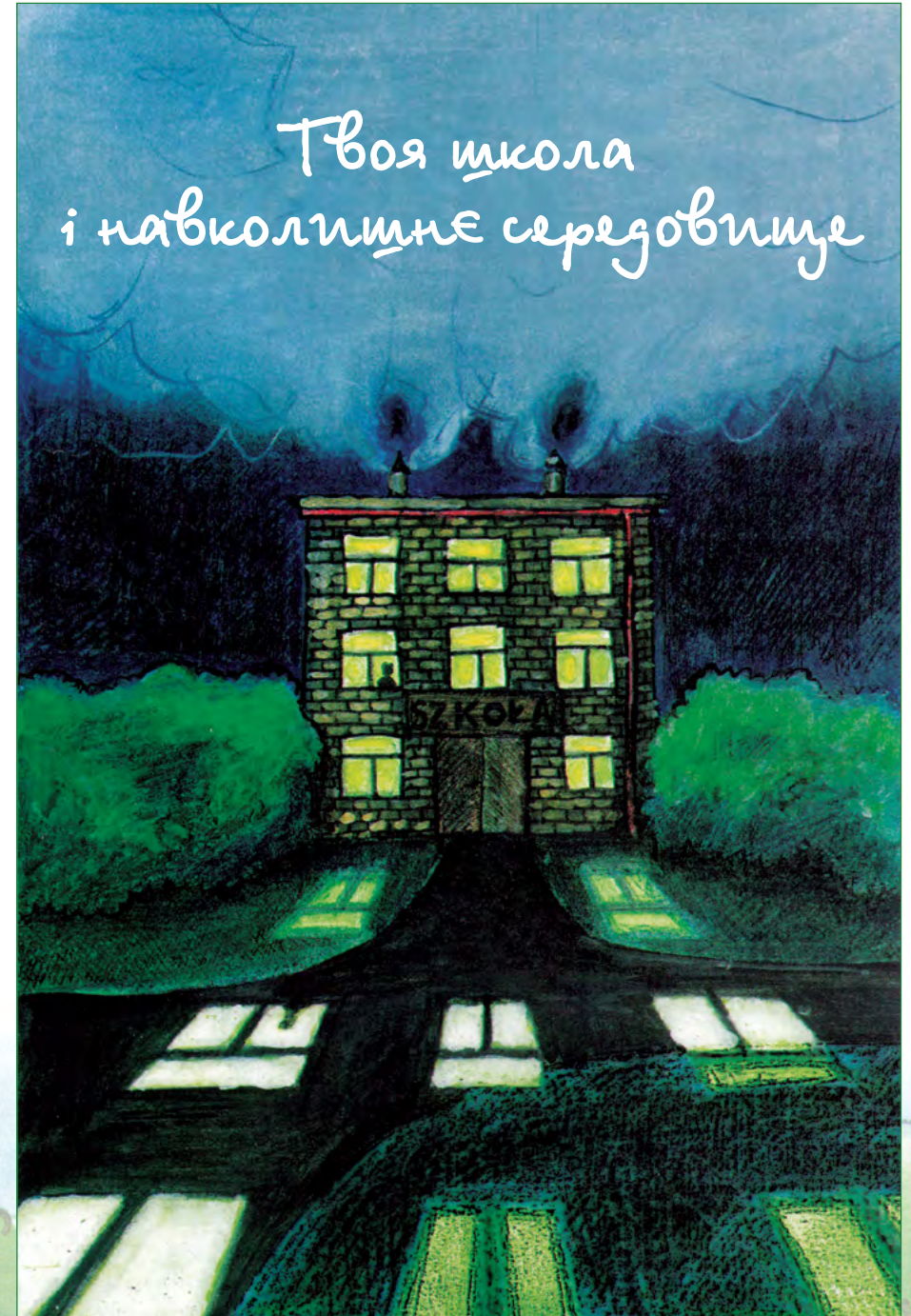
Для виробництва енергії можна використовувати не лише викопне паливо. Щоб створити тепло чи електроенергію, ми можемо вжити також інші ресурси навколишнього середовища, як, наприклад, енергія вітру та річок, сонячне проміння, енергія надр Землі, хімічна енергія, що міститься в рослинах (біомасі). Це відновлювальні джерела енергії, ресурси яких (принаймні, протягом існування нашої цивілізації) не будуть вичерпані – вони необмежені. Найважливішою їх рисою є те, що використання їх для виробництва енергії не спричиняє викидів парникових газів та бруду. Біомаса (солома чи спеціально вирощувані з метою виробництва з них енергії рослини) відноситься до відновлювальних джерел, оскільки підтверджено, що під час її згоряння в атмосферу потрапляє стільки ж вуглекислого газу, скільки вона увібрала під час свого росту. Тому використання біомаси не сприяє збільшенню концентрації вуглекислого газу в атмосфері. Збільшення кількості енергії, яка б вироблялася з відновлювальних джерел, сприяє зменшенню глобальних викидів парникових газів. Наразі, на жаль, це доволі дорогі технології. Вартість побудови вітряка чи закупівлі й встановлення сонячного колектора є надалі настільки високими, що вироблена за їхньою допомогою енергія дорожча за ту, яка продукується традиційно. Це становить найбільший бар'єр для ширшого застосування відновлювальних джерел.

### Ефективне використання енергії

Ми можемо зменшити викиди, не лише виробляючи енергію ефективніше. Великі можливості заховані й в ефективному використанні самої енергії, оскільки менше вжитої енергії – це менше викидів парникових газів та забруднення. На практиці це полягає в:

- використанні приладів, що потребують менше енергії для своєї роботи (пральні машини, холодильники, електричні та автомобільні двигуни і т.д.),
- обмеженні втрат тепла у будинках та інсталяціях за допомогою застосування відповідних ізоляційних матеріалів,
- раціональному використанні енергії, тобто використанні тільки тоді, коли це дійсно потрібно (вимкнення електричного обладнання, зниження температури в тимчасово вільному приміщенні і т.д.).

Ефективне та економне використання енергії є обов'язком кожного з нас. Завжди пам'ятаймо, це спосіб охорони навколишнього середовища, який також дозволяє нам зменшити витрати на щоразу дорожче паливо, електроенергію та тепло. Чи може бути краще рішення?





## Для чого нам, власне, будинок?

Почнімо від запитання: для чого нам, власне, потрібен будинок? Люди завжди намагалися ховатися від холоду, спеки, дощу, снігу, бурі та інших, не завжди приємних станів погоди. Якщо в місцях проживання не було природного сховища, вони будували укриття. Коли люди вже навчилися будувати будинки, то захотілося жити в зручніших умовах. У будинках з'явилося світло, опалення і, врешті, водопровід та електрика.

Спробуйте назвати характеристики будинку, в якому ви комфортно почуваетесь. Скоріш за все ви дійдете висновку, що, аби будинок відповідав вашим потребам, він повинен оберігати від поганої погоди, і в той же час пропускати всередину достатню кількість сонячного світла, у ньому має бути тепло, чисто, ясно, і щоб можна було користуватися різними приладами. Будинок школи використовується в основному для навчальних цілей. Тому у ньому повинні бути комфортні умови для полегшення запам'ятовування, читання та писання. Передусім у школі повинно бути тепло, ясно та чисто.

### Щоб було тепло

Температура у приміщеннях, що використовуються в навчальних закладах, повинна становити 20°C. Це означає, що коли надворі низька температура (осінь, зима, весна), то шкільне приміщення слід опалювати за допомогою власного котла або місцевої тепломережі.



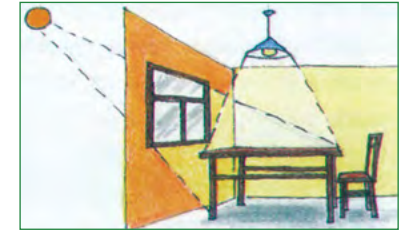
Якщо надворі спекотна погода (пізня весна, літо), то приміщення слід охолоджувати (застосовувати кондиціонер). В Україні школи переважно опалюються, але зазвичай у класах немає кондиціонерів.



Необхідно також нагрівати воду у шкільному басейні. Її температура повинна становити 24°C.

### Щоб було світло

Надто слабе освітлення ускладнює навчання, воно має також шкідливий вплив на здоров'я очей, погіршує здатність до концентрації та загальне самопочуття. Інтенсивність світла (яку ми вимірюємо в люксах) повинно відповідати певним стандартам. У класі під час уроку інтенсивність світла над партами та стільцями повинна становити 300 люксів. Удень зазвичай вистачає натурального світла, яке потрапляє до класів через вікна. Але в похмурі дні чи ввечері штучне освітлення просто необхідне.



### Щоб було чисто

Для підтримання чистоти та гігієни у школі потрібна передусім вода. Ви її використовуєте:

- для миття рук і застосування душу,
- у туалетах,
- для прибирання приміщень та миття посуду,
- для приготування їжі.

Окрім цього, в класах слід тримати повітря відповідної якості. Це вимагає вентиляції повітря натуральним (провітрювання) чи штучним (за допомогою вентиляторів) способом.

### Це ще не все

Для правильного функціонування школи замало самого тільки палива, електроенергії та води, бо:

- учні, вчителі та інші працівники повинні доїхати до школи громадським чи приватним транспортом,
- каналізація, сміття та інші відходи треба транспортувати зі школи на сміттєзвалище чи до очисної станції стічних вод,
- відходи після сортування треба перевезти до підприємств, які їх переробляють.

Усе це вимагає використання певної кількості енергії. Якщо звернете увагу, ви переконаєтесь, що школу збудовано з переробленої сировини, а встановлене у ній обладнання було виготовлене на фабриках, що вимагало також використання енергії.

Однак обмежимося лише ознайомленням із впливом діяльності школи на навколишнє середовище та клімат Землі. Ми зробимо так тому, що повсякденне функціонування школи здійснює значні викиди парникових газів та забруднення повітря. Але також слід побачити, що працівники та учні школи можуть значно сприяти покращенню ситуації.

## Школа, енергія та навколишнє середовище, або звідки беруться ті парникові гази

Ви вже знаєте, що в школі потрібна енергія. Ви також знаєте, що для її виробництва спалюють викопне паливо. А це, у свою чергу, є причиною потрапляння в атмосферу додаткової кількості парникових газів, наслідком чого є посилення парникового ефекту. Гази, які «викидають» у повітря просто зі шкільних коминів, називаються безпосередніми викидами. Посередніми викидами називають ті продукти згоряння, які потрапляють у атмосферу під час виробництва енергії для потреб школи, але далеко від неї (наприклад, на електро- або теплостанції). Тепер цілком зрозуміло, що навіть якщо на даху школи немає жодного комина, який би викидав продукти згоряння, то школа і так забруднює навколишнє середовище, використовуючи електрику чи тепло через трубопроводи. Тим самим ви сприяєте потеплінню клімату Землі.

Більшість парникових газів переміщується з атмосферою і рівномірно розповсюджується по всьому об'єму повітря, що оточує земну кулю. Тобто немає значення чи вони потрапили до атмосфери в нас, чи на іншому континенті, іншій країні чи місці. Тому усі разом і кожен споживач енергії, повинні нести відповідальність за зміни клімату, які вже зараз відбуваються. Усі ми повинні його охороняти.

Школа сприяє збільшенню концентрації парникових газів в атмосфері через:

- спалення палива (вугілля, коксу, газу, дров, олії для опалення) в котлах та інших нагрівальних приладах – тобто через безпосередні викиди,
- електроенергія, тепла мережа та вода спричиняють викиди ще під час їх виробництва та перевезення до школи,
- використання води та виведення і очищення стічних вод зі школи потребує витрат енергії; додаткові викиди походять з газів ферментації органічних речовин, які містяться в стічних водах,
- сміття та інші відходи слід відтранспортувати на сміттєзвалище з використанням палива; викиди парникових газів, в основному метану, походять також з процесів розкладу органічних речовин, що містяться в смітті на сміттєзвалищах.

## Більш детально – як школа спричиняє викиди парникових газів

Викиди парникових газів та інші забруднення повітря, спричинені функціонуванням школи, виникають як безпосередньо у самому будинку, так і поза ним. Познайомившись ближче зі способами використання палива, електроенергії та води у школі, ви більше довідаєтесь як це відбувається.

## Тверде, рідке та газоподібне паливо

У котлах та інших приладах для опалення школи можна спалювати кам'яне вугілля, кокс, дрова, газ, рідкий газ, олію для опалення та інші види палива. Зверніть увагу на шлях, який долає паливо від його видобування аж до моменту його використання у школі. За приклад візьмемо вугілля (рис. 4).

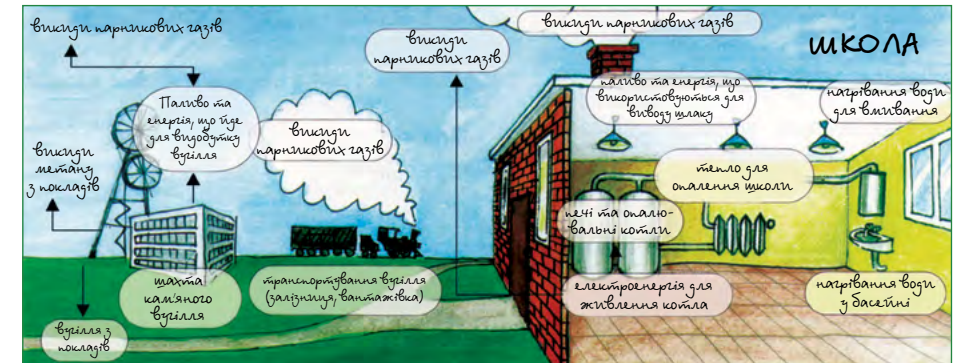


Рис. 4. Джерела викидів парникових газів у процесі використання кам'яного вугілля – від видобування до остаточного споживання у школі

Кожен вид палива містить певну кількість енергії, що називається хімічною енергією. Цю енергію можна виділити, наприклад, у процесі спалення, яке складається з багатьох одночасних хімічних реакцій. Ці реакції (реакції окислення) полягають в поєднанні з киснем хімічних елементів, таких як вуглець, водень чи сірка. З цим пов'язано виникнення нових хімічних сполук, яке супроводжується виділенням енергії у вигляді тепла (егзотермічні реакції). Хімічну енергію палива саму по собі важко використати, але тепло – цілком можливо. Саме таке перетворення енергії відбувається в опалювальному котлі, який знаходиться у школі.

У кожному кілограмі вугілля, що привозиться до школи, міститься певна кількість енергії, яку називають опалювальною вартістю палива та вимірюють в мегаджоулях (мДж) на одиницю продукту, прийняту для конкретного виду палива. У випадку вугілля вона становить зазвичай близько 23 мДж. Не всю хімічну енергію можна використати з користю (для опалення приміщень чи нагрівання води), оскільки частина її втрачається в самому котлі. Визначена у процентному співвідношенні частина хімічної енергії, яка нагріває воду для перенесення тепла до батарей, називається тепловою ефективністю котла. Чим кращий котел, тим його теплова ефективність буде більшою:

$$\eta_k = \frac{\text{тепло, передане воді}}{\text{хімічна енергія палива}} * 100\%,$$

де  $\eta_k$  – теплова ефективність котла.



Згорання вугілля у шкільному котлі спричиняє викиди парникових газів та інші забруднення повітря. З кожної тонни вугілля (із вмістом сірки 1% та попелу 20%), спаленої у старому котлі, утворюється:

- 1850 кг вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>),
- 16 кг діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>),
- 1,5 кг оксидів азоту (NO<sub>x</sub>),
- 100 кг оксиду вуглецю (CO),
- 40 кг пилу,
- 1 кг кіптяви (C),
- 0,02 кг бензо-альфа-піренів (B-a-P).

З усіх цих речовин на клімат Землі найбільше впливає вуглекислий газ. Решта – шкідливі для навколишнього середовища, здоров'я людей, рослин та тварин.

Перед тим як вугілля можна буде використовувати, його треба видобути та привезти до школи. Кожен наступний крок на його шляху від шахти до складу поблизу котла вимагає вживання додаткової порції енергії, наприклад, для роботи обладнання в шахті та двигунів вантажівок, які перевозять вугілля. Тому, поки 1 ГДж (гігаджоуль) у вигляді хімічної енергії вуглецю (що відповідає 43,5 кг вугілля) перетвориться у котлі на тепло, ми спочатку повинні використати додаткову енергію на його видобування та транспортування за допомогою певних видів палива. Таким чином, окрім шкільних, до атмосфери викидаються додаткові 7 кг вуглекислого газу на кожен гігаджоуль вугілля, вкинутаго до котла.

Та це ще не кінець. До радіаторів опалення (батарей) у приміщеннях тепло переноситься за допомогою гарячої води, яка нагрівається у котлі (рис. 5).

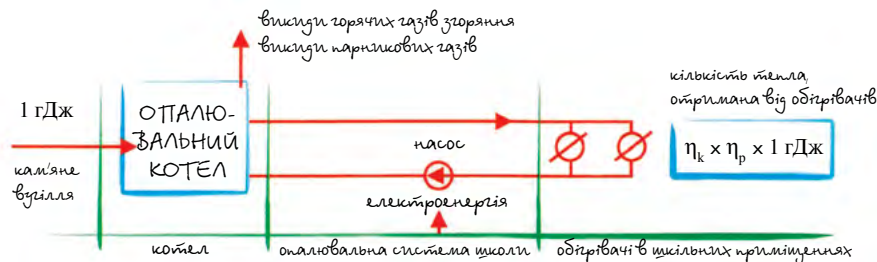


Рис. 5. Схема системи опалення школи, що опалюється за допомогою вугільного котла

Для того, щоб вода циркулювала в опалювальній системі школи, потрібні насоси, що працюють від електроенергії. Як ви вже знаєте, під час виробництва електроенергії також використовується паливо, яке спричиняє викиди парникових газів та забруднення повітря. Більше того, не уся енергія, що передається воді у котлі, надходить до радіаторів. Частина тепла втрачається у самій системі опалення зазвичай через відсутність або поганий стан термоізоляції труб. Так само, як і у випадку з котлом, ми маємо справу з ефективністю системи опалення:

$$\eta_p = \frac{\text{тепло, передане обігрівачу}}{\text{тепло, передане воді}} * 100\%,$$

де  $\eta_p$  – теплова ефективність системи опалення.

Таким чином, з 1 ГДж хімічної енергії вугілля, вкинутаго у котел, тільки частину буде передано до радіаторів у приміщеннях для опалення. Втрати енергії в котлі та системі опалення ми можемо назвати причиною додаткових викидів парникових газів та забруднення повітря.

Інші види твердого палива, а також рідке і газоподібне паливо, проходять схожий шлях від їх видобування до моменту споживання. Так, наприклад, на цьому шляху мазут проходить процес переробки нафти на нафтопереробному заводі, а у випадку коксу – термічне виділення кам'яного вугілля на коксовому заводі. Тому продукування 1 ГДж хімічної енергії різних видів палива спричиняє різну кількість викидів парникових газів за межами школи. Варто звернути увагу, що споживання 1 ГДж хімічної енергії спричиняє викиди різної кількості парникових газів (слід пам'ятати, що усю кількість парникових газів ми виміряємо в перерахунку на одиницю вуглекислого газу). Цей показник ілюструє таблиця 2.

№	Тип палива	Хімічна енергія й одиниці вимірювання палива		Викиди парникових газів у співвідношенні [кг CO <sub>2</sub> /ГДж]		
		одиниця вимірювання [о.в.]	тепловотворна здатність [ГДж/о.в.]	викиди під час видобування та перевезення палива до школи	викиди під час згорання палива у школі	сумарні викиди
1.	Кам'яне вугілля	Тонна	23,0	7,0	94,5	101,5
2.	Буре вугілля	Тонна	8,5	4,5	106,1	110,6
3.	Кокс	Тонна	28,0	17,3	94,7	112,0
4.	Природний газ	1000 м <sup>3</sup>	35,5	0,8	54,0	54,8
5.	Біомаса <sup>*)</sup>	м <sup>3</sup>	9,5	0,5	7,3	7,8
6.	Мазут	Тонна	43,7	1,2	72,3	73,5

<sup>\*)</sup> Примітка: для біомаси прийнято, що викиди CO<sub>2</sub> = 0, оскільки він потрапляє в атмосферу в тій же кількості, скільки його було використано у процесі фотосинтезу. Викиди CH<sub>4</sub> і N<sub>2</sub>O у співвідношенні з CO<sub>2</sub>, Таб. 2. Тепловотворна здатність різних видів палива, що використовується для опалення, та спричинені ними викиди парникових газів

## Теплова мережа

Тепло для опалення шкільних приміщень може до них потрапляти також за допомогою гарячої води, що доставляється через трубопроводи місцевої тепломережі. Гаряча вода нагрівається на теплостанції або теплоелектростанції і циркулює по так званому зовнішньому колу, тобто у міській тепломережі.

У школі знаходиться тепловузол, який виконує ту ж функцію, що й опалювальний котел. Тобто гаряча вода у вузлі нагріває воду, яка циркулює у внутрішній системі опалення будинку (внутрішня циркуляція).



Рис. 6. Джерела викидів парникових газів, пов'язані з підключенням школи до тепломережі

Як видно з рис. 6, усі викиди парникових газів та забруднення повітря, спричинені виробництвом тепла, відбуваються поза будинком школи. У цьому випадку вони збільшуються за рахунок додаткового використання енергії на:

- видобування вугілля у шахті,
- перевезення вугілля із шахти до тепло- або теплоелектростанції,
- підключення обладнання на тепло- або теплоелектростанції,
- постачання тепла (гарячої води) до школи.

Таким чином, поки 1 ГДж тепла в гарячій воді буде доставлено до школи, ми витратимо 1,25 ГДж хімічної енергії, що міститься у паливі, а це спричинить викиди близько 127 кг парникових газів у перерахунку на вуглекислий газ.

Як і у випадку системи опалення з котлом, при використанні тепломережі не усю енергію вдається передати радіаторам у приміщеннях. Втрати тепла залежать у цьому випадку від справності теплового вузла:

$$\eta_w = \frac{\text{тепло, передане до теплової мережі}}{\text{тепло, отримане із зовнішнього обігу}} * 100\%,$$

де  $\eta_w$  – теплова ефективність теплового вузла,

та справності внутрішньої системи опалення у школі:

$$\eta_p = \frac{\text{тепло, яке потрапляє до обігрівачів}}{\text{тепло, передане до теплової мережі}} * 100\%,$$

де  $\eta_p$  – теплова ефективність внутрішньої системи опалення.

Додатково витрачається певна кількість електроенергії для живлення насосів, щоб вода циркулювала у внутрішній системі (рис. 7).

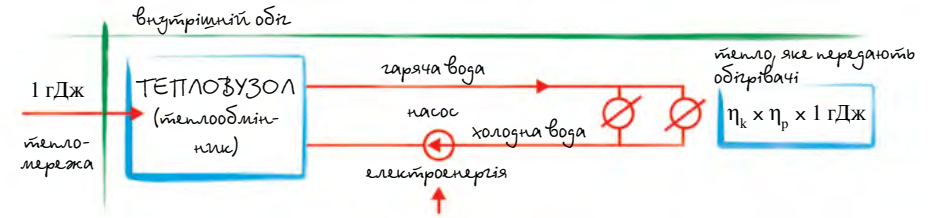


Рис. 7. Схема внутрішньої системи опалення школи, підключеної до тепломережі

Таким чином діяльність школи може бути причиною викидів парникових газів та забруднення повітря, навіть якщо безпосередньо у ній не спалюється жодного виду палива. Таблиця 3 показує, скільки парникових газів (у перерахунку на вуглекислий газ) утворюється за межами школи в процесі передачі їй 1 ГДж тепла з мережі, де  $\eta$  – теплова ефективність джерела тепла. Кількість тих газів залежить також від виду використаного палива.

№ п/п	Вид джерела походження тепла	Еквівалентні викиди парникових газів, що утворюються від видобування палива до передачі тепла в школу (кг CO <sub>2</sub> /ГДж)
1	Місцева вугільна теплостанція $\eta=0,7$	135,0
2	Місцева газова теплостанція $\eta=0,9$	60,1
3	Місцева мазутна теплостанція $\eta=0,9$	80,3
4	Вугільна теплоелектростанція $\eta=0,84$	112,5
5	Пересічні тепло- та теплоелектростанції $\eta=0,8$	135,8

Таблиця 3. Стандартна тепловіддача теплостанцій та спричинені ними викиди парникових газів

### Електроенергія

Електроенергія виробляється на електростанціях або теплоелектростанціях. У котлі спалюється вугілля або інший вид палива, створюючи при цьому водяну пару під високим тиском, який потім послаблюється, проходячи



через турбіну та обертаючи її. У турбіні енергія водяної пари перетворюється на енергію руху обертання, тобто на механічну енергію. Турбіна, що обертається, живить генератор, таким чином виробляючи електроенергію. Існують також турбіни, які живлять генератори безпосередньо гарячими продуктами згоряння.

Електроенергія є досить зручною для використання. Але поки вона потрапить до гнізда у стіні, її повинні виробити на електростанції, а потім перелати довгим шляхом електромережі (рис. 8).

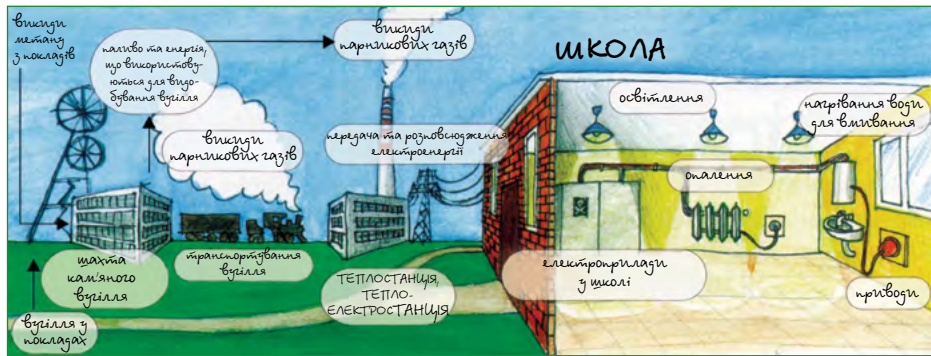


Рис. 8. Джерела викидів парникових газів, пов'язані з підключенням школи до тепломережі

## Вода

Воду, яка «тече з крану, варто тільки його відкрити» у кухні, ванній та туалеті, ми отримуємо з поверхневих джерел (рік та озер) і підземних (критиці). Зазвичай вона потребує очищення та приготування для того, щоб вона була смачною та безпечною для здоров'я людей. Очищення відбувається механічним, хімічним або біологічним шляхом. Тільки таким чином підготована вода потрапляє трубопроводами до споживачів. Як процеси очищення, так і постачання води, потребують використання енергії (наприклад, для приводу насосів). Постачання кожного кубометра води ( $m^3=1000$  літрів) до школи пов'язане з утворенням викидів в атмосферу  $0,55$  кг вуглекислого газу ( $0,55$  кг  $CO_2/m^3$ ).

## Стічні води

Стічні води зі школи надходять (принаймні повинні надходити) до очищувальної станції. Там із них усуваються біологічні та хімічні забруднення, щоб вода, яка повертається у ріки та моря, не несла загрози для здоров'я рослин, тварин та людей.

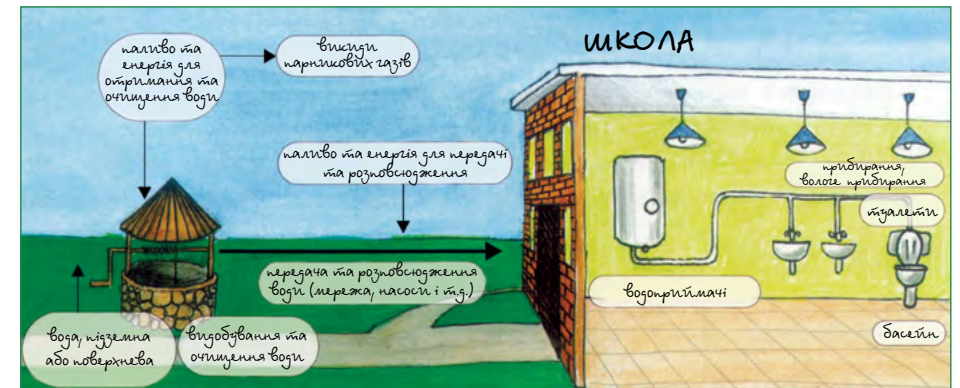


Рис. 9. Джерела викидів парникових газів, пов'язані з постачанням води до школи

Транспортування стічних вод до очищувальної станції відбувається за допомогою каналів та трубопроводів. Зазвичай ці води самостійно стікають завдяки відповідному розміщенню труб (різниця рівнів). Однак часом виникає потреба в застосуванні насосів, що живляться електроенергією. У каналізаційних каналах органічна матерія у стічних водах підлягає частковому розкладу через процеси ферментації. Ферментація є одним з головних процесів, що також використовуються для очищення стічних вод на очищувальних станціях. Хоча ферментація не така важлива в процесі повернення воді відповідної якості, та все одно є джерелом утворення парникових газів: метану та невеликої кількості вуглекислого газу. Більше того, для очищення стічних вод також використовується електроенергія та тепло. Як ми уже знаємо, це спричиняє додаткові викиди парникових газів та забруднення повітря.

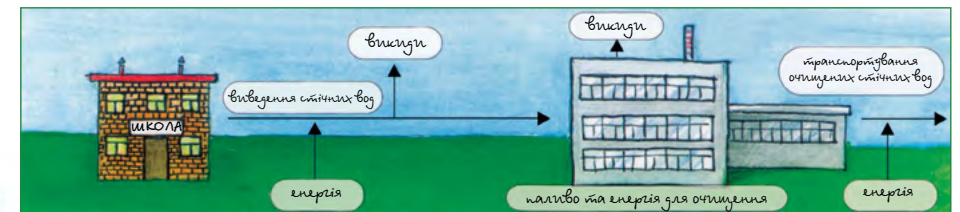


Рис. 10. Джерела викидів парникових газів, пов'язані з виведенням стічних вод зі школи

Припускаючи, що все відбувається як слід і стічні води у місті, де знаходиться ваша школа, повністю очищуються механічним, хімічним чи біологічним шляхом, то утворення кожного кубометра стічної води пов'язане з викидами  $0,6$  кг парникових газів у перерахунку на вуглекислий газ.

## ЗАМІСТЬ ВИСНОВКІВ

Тепер ти знаєш та розумієш, як наша життєдіяльність впливає на якість різних екологічних сфер Землі. Клімат змінний і реагує на результати нашої повсякденної діяльності. Парниковий ефект в атмосфері дозволяє поверхні землі прогрітися, але перенасиченість атмосфери парниковими газами загрожує прискоренню глобального потепління. Наслідки такого потепління не передбачувані, але за прогнозами експертів можуть призвести до жахливих катастроф.

Від нашого розумного використання ресурсів природи, енергоощадності, застосування альтернативних джерел енергії, зменшення викидів парникових газів в атмосферу залежить збереження видів рослин та тварин на Землі, утримання комфортної температури навколишнього середовища, прийнятність якості повітря та води для споживання, зменшення забруднення сміттям та хімічними відходами.

Мусимо тепер себе запитати: що я роблю для збереження клімату землі? Чи мої батьки піклуються про стан екології у повсякденному житті? Чи моя школа та навіть держава розумно ставиться до ресурсів природи?

Може здатися, що це складні запитання і тобі не під силу щось змінити. Проте, ти можеш більше, ніж гадаєш. Дотримуйся простих екологічних порад і це допоможе тобі, твоїм друзям, батькам та знайомим зберегти природу Землі від виснаження й екологічного руйнування.

### Для розумного користування водою:

- Закривай кран води, коли чистиш зуби, — не витрачай воду даремно;
- Встанови насадку-аератор води на крані — це зменшить її споживання до 30%. Раз на півроку знімай та чисти насадку від механічних частинок;
- Готуючи кип'яток для чаю електричним чайником, наливай води в чайник не більше, ніж тобі треба на той момент;
- Поливай рослини ввечері або вранці — втрати води через випаровування будуть менші;
- Миючи посуд, використовуй якомога менший струмінь води;
- Замість ванни, використовуй душ — це скоротить споживання води від 3 до 8 разів.

### Для збереження електроенергії:

- Вимикай електронні та електричні пристрої повністю, не залишаючи їх в режимі очікування;
- Не зловживай кондиціонерами влітку;
- Гучність радіо та телевізорів значно впливає на споживання електричного струму: голосно ввімкнутий пристрій споживає його значно більше;

- Встановлюй енергоощадні лампи, особливо це актуально восени та взимку;
- Зарядні пристрої до мобільних телефонів споживають струм, залишаючись у розетці. Виймай пристрої з розетки після заряджання;
- Використовуй електричний бойлер в економному режимі.

### Збережи комфорт в приміщенні з оптимальним використанням ресурсів:

- Приміщення краще провітрювати вночі і вранці, коли повітря на вулиці холодніше;
- Вдень прикривай вікна світло-відбивними щільними шторами;
- 80% енергії в приміщенні споживається на опалення. Уникай перегріву приміщень — використовуй регулятори температури на батареях;
- Заклей щілини у вікнах, щоб уникнути втрат тепла;
- Роби короткі, але часті провітрювання. Провітрюй класну кімнату кожну перерву;
- Встанови теплоізоляційну фольгу за радіатори тепла — це суттєво зменшить втрату тепла через стіну;
- Зменшуй температуру опалення в приміщеннях, коли в них нема людей, — заощадження тепла складе близько 15%;
- Готуючись до зими, повішай штори, які не закривають батареї;
- Встановлюй вікна з автоматичним гігроскопічним клапаном вентиляції для циркуляції свіжого повітря в приміщенні;
- Більшість тепла вікна втрачають через погані склопакети. Вікна мають бути з коефіцієнтом теплопровідності не більше 1,4.

### Для зменшення забруднення:

- Сортуй сміття на пластик, метал, скло та органічні рештки;
- Викидаючи порожні пластикові пляшки, пакети від соку та молока, зімни їх в пласку форму — так вони займатимуть значно менше місця в контейнері.
- Не спалюй сміття, суху траву та сухе листя на території населених пунктів, — краще вивозь чи використовуй як компост;
- Прибирай сніг замість посипання сіллю — це збереже ґрунти та ґрунтові води для майбутніх поколінь.

Сподіваємося, що дотримання цих порад буде легким та цікавим для тебе й твоїх друзів. Пізнавай природу та бережи її. Змінити світ на краще досить просто.

Успіхів тобі!



## КОРИСНІ ПОСИЛАННЯ

### Екологічні новини та інформація

- ▶ <http://pryroda.in.ua/blog/ukrayinskiy-ekologichniy-google/>  
Інтернет-ресурс «Зелений ВЕБ», пошукова система, основана на Google Custom Search, яка здійснює пошук на українських екологічних інтернет-ресурсах.
- ▶ <http://www.elvisti.com/ecology.shtml>  
Інформаційний Центр «Електронні вісті». Збірка постійно оновлюваних інформаційних матеріалів з проблем екології у всьому світі.
- ▶ [www.dossier.kiev.ua](http://www.dossier.kiev.ua)  
Благодійний інформаційно-видавничий центр «Зелене досє»: актуальна і оперативна екологічна інформація з України та світу для журналістів.
- ▶ <http://news.ukrntec.com/>  
Щоденно оновлювані екологічні новини України та всього світу. Сайт громадської організації «Інформаційно-екологічна громада «Чистий воздух»», м. Донецьк.
- ▶ <http://www.ic-chernobyl.kiev.ua/>  
Сайт Інфоцентру «Чорнобиль» Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій присвячений вирішенню проблем, що пов'язані з Чорнобильською катастрофою. Тут є дані про радіаційну ситуацію, а також результати наукових досліджень та конструкторських робіт у зоні Чорнобильської АЕС.
- ▶ <http://proeco.visti.net/>  
Сервер ПроЕко – інформація, екологічні новини тощо.
- ▶ <http://proeco.visti.net/naturalist/greenworld/>  
Сайт інформаційного центру української екологічної асоціації «Зелений світ». Тут є можливість переглянути найсвіжіші новини в галузі збереження навколишнього середовища та ресурсів.
- ▶ <http://ecoharmony.lviv.ua/go>  
Сайт «Екогармонія» – це екологічна інформаційно-пізнавальна радіопрограма, що виходила у Західній Україні на хвилях радіо «Люкс»: тексти радіограм, аудіо, спілкування, екопульс.
- ▶ <http://hfabd.who.dk/hfa/>  
База даних показників (захворюваності, демографічні показники) в країнах Європейського Союзу, країн Центральної та Східної Європи, Центральної Азії.
- ▶ <http://biotechny.com/edulib/sch-ru.htm>  
Фундаментальна електронна бібліотека «Флора і фауна».

- ▶ <http://ecozoom.org/>  
EcoZoom – цікавий російськомовний блог. Якщо охарактеризувати коротко, то суть сайту заключається у фразі «Про екологію – цікаво!».
- ▶ <http://www.necu.org.ua/>  
Національний екологічний центр України.
- ▶ <http://ecoclub.kiev.ua/>  
ЕкоКлуб «Зелена Хвиля» – це екологічна організація студентів та випускників НаУКМА.

### Публікації, журнали та on-line видання

- ▶ [www.ecolife.org.ua](http://www.ecolife.org.ua)  
EcoLife – це відкритий екологічний web-сайт, мета якого допомагати встановленню клонтактів між людьми, зацікавленими у вирішенні проблем охорони навколишнього середовища.
- ▶ <http://www.crimea.edu/tnu/magazine/geoecology/index.htm>  
«Записки Общества геоэкологов» – науково-популярний журнал, який видається Симферопольською міською молодіжною громадською організацією «Громада геоэкологов» та Географічним факультетом Таврического національного університету ім. В.І. Вернадського.
- ▶ [http://www.geocities.com./berkut\\_ua/homerus.htm](http://www.geocities.com./berkut_ua/homerus.htm)  
Сайт Українського орнітологічного журналу «Беркут».
- ▶ <http://proeco.visti.net/naturalist/>  
Сайт науково-популярного журналу «Натураліст» для тих, хто любить природу. Друкований орган Ліги захисту права на життя.
- ▶ <http://www.ecoline.ru/books/>  
Російський Інтернет-ресурс – електронна екологічна бібліотека на сервері Відкритої Довідково-інформаційної Служби «Ecoline»
- ▶ <http://fgtu.donntu.edu.ua/fm/eco.htm>  
Загальнодержавний науково-технічний журнал «Проблеми екології», видається Донецьким державним технічним університетом (ДонГТУ).
- ▶ <http://www.ln.com.ua/%7Ekekz/human.htm>  
Сайт Гуманітарного екологічного журналу, видавці – Київський еколого-культурний центр та Всесвітня комісія по територіям, що охороняються МСОП (WCRA/IUCN).
- ▶ <http://www.ecoleague.net/65490196-177.html>  
Електронна екологічна бібліотека Всеукраїнської екологічної ліги.

# ЗМІСТ

Вступне слово .....	4
<b>Клімат Землі.....</b>	<b>5</b>
Клімат Землі непостійний.....	7
Парниковий ефект.....	8
<b>Люди на змінює клімат Землі.....</b>	<b>11</b>
<b>Парникові гази.....</b>	<b>12</b>
Вуглекислий газ.....	14
Найбільше джерело – викопне паливо.....	14
Знищення лісів.....	15
Окис кальцію.....	15
Метан.....	16
Тваринництво.....	16
Вирощування рису.....	17
Звалища відходів.....	17
Окис азоту.....	18
Озон.....	18
Синтетичні гази.....	18
Водяна пара.....	19
Аерозолі.....	19
<b>Результати зміни клімату, їх причини та наслідки.....</b>	<b>20</b>
Танення льодовиків та підвищення рівня морів і океанів.....	20
Зміщення кліматичних поясів.....	21
Зміщення сільськогосподарських територій.....	21
Вимирання видів та зміни в екосистемах.....	22
Здоров'я людей.....	24

Почастішання кліматичних катастроф та екстремальних погодних явищ.....	26
Зменшення ресурсів прісної води.....	27

## Світ застраховує себе від змін.....29

Рамкова конвенція ООН щодо кліматичних змін.....	31
Киотський протокол.....	32
Трохи про сумніви.....	32
Як зменшити викиди парникових газів.....	33
Покращення методів здобування енергії з викопних палив.....	33
Виробництво енергії з відновлювальних джерел.....	34
Ефективне використання енергії.....	34

## Твоя школа і навколишнє середовище.....35

Для чого нам, власне, будинок?.....	36
Школа, енергія та навколишнє середовище, або звідки беруться ті парникові гази.....	38
Більш детально – як школа спричиняє викиди парникових газів.....	38
Тверде, рідке та газоподібне паливо.....	39
Теплова мережа.....	41
Електроенергія.....	43
Вода.....	44
Стічні води.....	44

Замість висновків.....	46
Корисні посилання.....	48
Зміст.....	50



ФУНДАЦІЯ ПАУСИ

# Моя школа оберегає клімат Землі

Навчальний посібник

Бартоломей Григелъ  
Славомир Пасерб  
Єжи Войтулевіч  
Пьотр Кукля

Друк ФОП Белобрюхов Д.В.  
м. Київ, вул. Стрийська, 6, оф. 306  
тел.: (044) 332 90 22  
[www.2up.in.ua](http://www.2up.in.ua)

Підписано до друку 15.06.2011 р.  
Друк офсетний. Папір офсетний.  
Наклад 500 прим. Замовлення №35