

С. О. Довгий,
К. В. Терлецька,
С. М. Бабійчук

КЛІМАТИЧНА ОСВІТА В МАЛІЙ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Анотація. Глобальні кліматичні зміни — одна з центральних проблем розвитку людства. У довгостроковій перспективі кліматичні зміни з великою імовірністю призведуть до суттєвого спаду економічного зростання. Освіта є одним з важливих інструментів для формування рішень щодо реагування на подальші зміни клімату. Кліматична освіта вимагає мультидисциплінарного підходу, який охоплює предмети як природничих (фізика, хімія, географія, біологія, геофізика тощо), так і соціальних наук (економіка, право тощо). Кліматична освіта в Малій академії наук України (як центру ЮНЕСКО з наукової освіти) включає навчальні заходи в рамках підходів наукової освіти, тобто на основі дослідницької діяльності і проєктів, пропагуючи активну освітню діяльність: дослідження, дискусії, висування та перевірка гіпотез, заохочення школярів до активної роботи в класах шляхом опитування, спроб та помилок, впровадження конкретних рішень для розв'язання проблем зміни клімату. Кінцевою метою методичної роботи є вдосконалення підготовки кадрів з питань змін клімату та вчителів природничих спеціальностей, розвиток екологічної обізнаності, розуміння фізичних аспектів формування природних явищ, як-от парниковий ефект, океанічні течії та атмосферні циркуляції, інших наукових знань та життєвих навичок. Вони є необхідними для молодих людей з метою розуміння причин, наслідків і механізмів, що призводять до змін клімату. У статті описані можливості інтеграції елементів наукової освіти з кліматичних питань у позашкільну освітню програму, наведено приклади тем і відповідних методик проведення демонстрацій фізичних експериментів, продемонстровано можливості застосування засобів дистанційного зондування Землі для моніторингу кліматичних змін та чинників, що впливають на них.

Ключові слова: зміни клімату, наукова освіта, демонстрації, фізичні експерименти, гідродинаміка, дистанційне зондування Землі.

Постановка проблеми. На часі є нагальна потреба в колективних діях задля пом'якшення наслідків зміни клімату й адаптації людства до змін клімату. Освіта є важливим інструментом глобальної відповіді на ці зміни. Концепція Нової української школи «Екологічна грамотність та здорове життя» — одна з десяти ключових компетентностей, що має формуватися за час навчання в школі.

Мета статті — ознайомлення з практичними прикладами впровадження ідей кліматичної освіти в Малій академії наук України.

Виклад основного матеріалу. У статті йтиметься про можливості інтеграції елементів наукової освіти з кліматичних питань у позашкільну програму, будуть наведені ідеї щодо тем і відповідні методики проведення демонстрацій як фізичних експериментів, так і можливості застосування дистанційного зондування Землі (далі — ДЗЗ) для моніторингу кліматичних змін і чинників, що впливають на них. Завдяки тому, що супутникова зйомка охоплює всю територію Земної кулі, учні можуть отримати інформацію про стан атмосферного повітря

з будь-якої частини світу, порівнювати процеси та явища, які одночасно відбуваються у різних країнах, континентах чи регіонах. Це дає їм змогу обирати об'єктом дослідження не лише територію, яку вони добре знають чи можуть відвідати, а й віддалені та важкодоступні місця.

Нині у світі існує багато міжнародних програм, які прагнуть зробити освіту впливовим інструментом міжнародної реакції на зміни клімату [1, 2, 3]. Суть цих програм полягає у посиленні можливостей та зв'язків між державами-учасниками й у створенні глобальних баз даних для можливостей досліджень причин та наслідків кліматичних змін. Так, наприклад, 2018 р. Національний центр «Мала академія наук України» (далі — НЦ «МАНУ») отримав статус Академії «Копернікус» і став частиною мережі, яка об'єднує європейські університети, дослідницькі установи, бізнес-школи у всьому світі з метою оприлюднення та оброблення даних ДЗЗ, в тому числі і для кліматичних досліджень [4]. Впроваджує ідеї програми «Копернікус» у НЦ «МАНУ» лабораторія «ГІС та ДЗЗ», основними напрямками діяльності якої є створення навчально-методичного забезпечення з основ ДЗЗ для освітньої діяльності закладів позашкільної та загальної середньої освіти.

Ефективна кліматична освіта має охоплювати такі питання:

1. Питання наукової освіти (наукове розуміння фізичних явищ і процесів, що лежать в основі формування погоди та клімату).

2. Питання екологічної обізнаності (розуміння наслідків людської діяльності).

3. Питання використання набутих навичок (критичне мислення, творче мислення, прийняття рішень і навички комплексного розв'язання проблем, самоусвідомлення та емпатія, стійкість і здатність давати собі раду зі стресом тощо) (рис. 1).

Підходи наукової освіти, що активно застосовуються НЦ «МАНУ», як центром з наукової освіти ЮНЕСКО, передбачають створення умов заохочення школярів до активної участі в процесі дослідження шляхом формулювання своїх наукових гіпотез, їх перевірки та подальших дискусій. А також можливе впровадження конкретних ідей для вирішення глобального виклику — зміни клімату. Два підходи до наукової освіти, які є ключовими, — це навчання на основі дослідницької діяльності і навчання на основі проєктів. Ці підходи спрямовані на підтримку школярів у розвитку їх критичного мислення та комплексного бачення проблеми дослідження. Крім того, застосовуються підходи до навчання на основі запитів (Inquiry Based Learning — навчальний підхід, що ґрунтується на пошуку учнями від-



Рис. 1. Схематичне відображення основних блоків кліматичної освіти

повідей, здебільшого через дослідження, на власні запитання), які характерні для STEM-освіти. Такі підходи, як правило, мають три етапи:

1. Запитання, ініційоване викладачем, яке допомагає дітям формулювати гіпотези.
2. Формулювання гіпотези: дослідження з метою вивчення цієї гіпотези, яке може бути проведено через експерименти, досліди та спостереження.
3. Дослідження і структурування знань спонукає до формулювання нових запитань.

Кліматичні зміни

Ґрунтуючись на аналізі тисяч наукових публікацій, Міжурядова група експертів з питань змін клімату (IPCC) дійшла висновку [4], що потепління кліматичної системи Землі є однозначним. Як видно з *рис. 2 (а)*, протягом останніх 100 років відбувається підвищення середньої глобальної температури поверхні всієї планети, а після промислової революції спостерігається підвищення швидкості потепління, і це

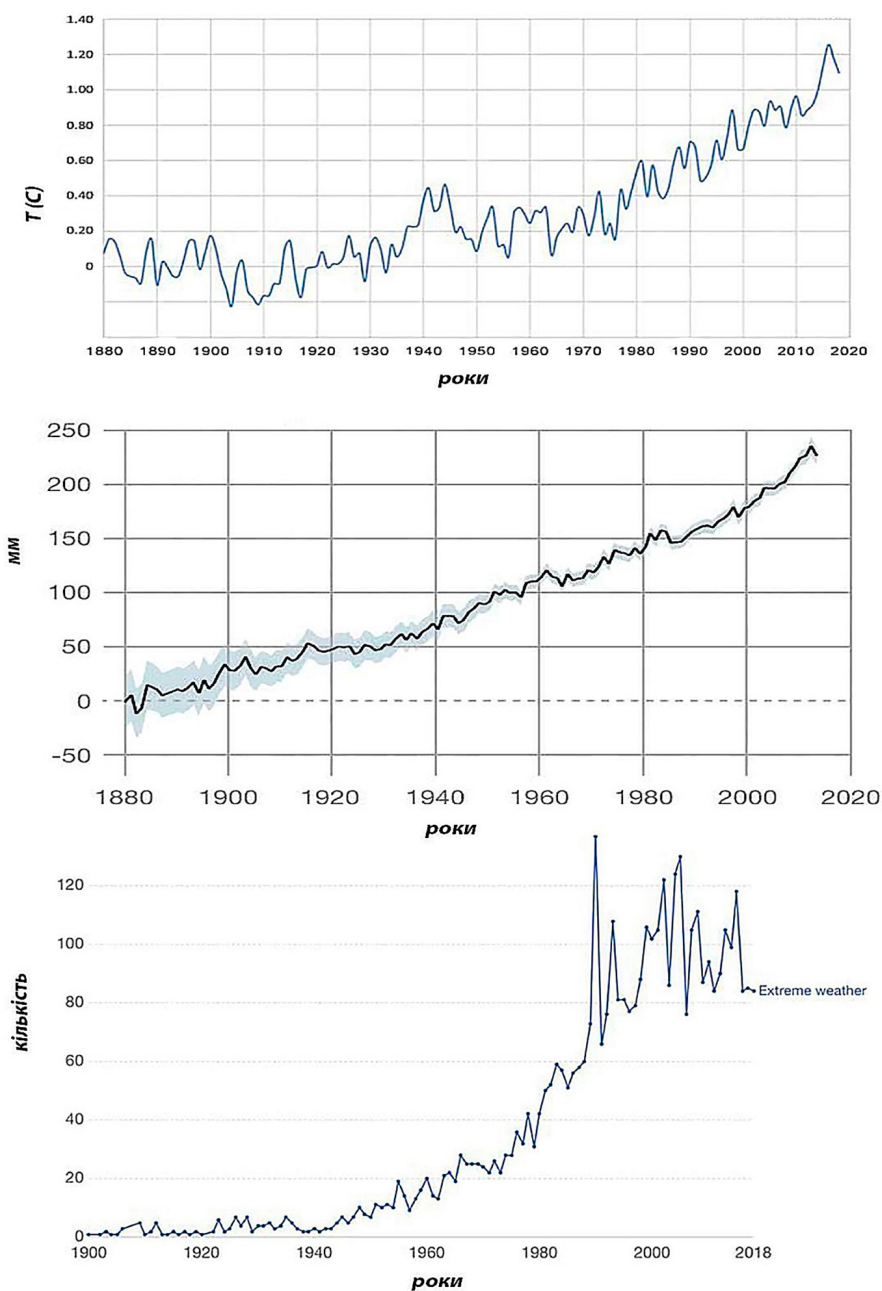


Рис. 2. (а) — середня глобальна температура поверхні всієї планети, (б) — підняття глобального рівня моря, (в) — короточасні екстремальні погодні явища [2]

підвищення становить майже 1°C. Таке стрімке зростання глобальної температури вже спричинило зміни глобального рівня океану (рис. 2 (б)) і призвело до збільшення кількості короточасних екстремальних погодних явищ (рис. 2 (в)).

У звіті зазначено, що діяльність людини є дуже ймовірною причиною цих швидких змін. У 2019 р. IPCC опублікувала спеціальний звіт [5], в якому наголошувалося на важливості саме океанів та кріосфери в кліматичній системі і тому, наскільки сильно вони впливають на майбутні зміни. У цьому документі було зроблено акцент на необхідності включення цих знань в освітній процес. Тому важливо дати відповіді на такі запитання:

1. Що таке клімат, і чому він змінюється?
2. Чому для нас важливі океан та кріосфера?
3. Як швидко змінюється клімат, і як на ці зміни впливає людина?
4. Як змінюються океан і кріосфера через зміни клімату?
5. Який вплив це має на людство?
6. Як ми можемо діяти задля пом'якшення та адаптації до змін клімату?

Підвищення температури атмосфери супроводжується змінами атмосферної циркуляції, зміною кількості опадів в окремих регіонах та суттєвими змінами у Світовому океані (зростання рівня, зміни його характеристик). Температура води теж підвищується, площа і товщина плавучих крижин в Арктиці зменшується, як і площа покривних льодовиків у Західній Антарктиці. Теплове розширення морської води, танення льодовиків у Гренландії та Антарктиді спричиняють зростання середнього рівня Світового океану. Наслідки кліматичних змін проявляються по-різному на різних часових

масштабах — як через короточасні екстремальні погодні явища, як-от урагани, повені, так і через повільні зміни, які стають помітними протягом десятиліть, наприклад повільне підняття рівня моря.

Причини кліматичних змін

Усвідомлення того, що клімат змінюється, — це перший крок у розумінні кліматичних змін, спричинених людиною. Другий крок — усвідомлення відповідальності людини за ці зміни. Тому маємо розтлумачити сутність фізичних механізмів, що беруть участь у глобальному потеплінні (зокрема, роль парникових газів) та впливу діяльності людини на зростання вмісту діоксиду вуглецю в атмосфері.

Механізм виникнення парникового ефекту можна продемонструвати через експериментальне дослідження, яке учні можуть провести в побутових умовах. Схему експерименту зображено на рис. 3.

Для проведення експерименту для груп по 4–5 учнів потрібні: одна лампа розжарювання (100 Вт), але якщо погода сонячна, то експеримент можна проводити на сонці; два електронні термометри, одна прозора ємність зі скла або прозорий пластик (якомога тонший), або контейнер, запечатаний пластиковою обгорткою.

Кожна група будує теплицю за допомогою скляної ємності з термометром всередині. Ще один термометр слід тримати зовні, як контроль. Учні мають виміряти температуру і записати виміряні значення в таблиці. Учитель запитує учнів, що спричиняє підйом температури, і пояснює, що в цьому експерименті теплиця використовується як аналогія, а в атмосфері є гази, які відіграють таку саму роль,

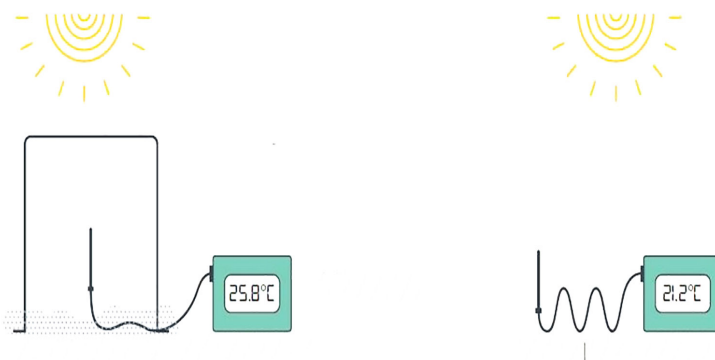


Рис. 3. Схема експерименту з дослідження парникового ефекту

що і парник. Тому ці гази і називаються парниковими.

Після експерименту має бути обговорення зв'язків між експериментальними результатами і ефектом від парникових газів, що призводить до глобального потепління. Треба пояснити, що при **парниковому ефекті** енергія сонячних променів, відбиваючись від поверхні, не може повернутися у космос, оскільки затримується молекулами різних газів, що призводить до підвищення температури. У разі наявності парника два основні ефекти разом сприяють підвищенню температури: парниковий ефект і затримання тепла. Без покриття гаряче повітря піднімається за рахунок конвекцій і замінюється більш холодним повітрям. Цього не відбувається за наявності парника. Ефект затримання запобігає виходу теплого повітря з парника. Тому термометр (рис. 3) показує нижчу температуру зовні, ніж всередині. Сонячні промені, які доходять до нас, мають короткі й довгі електромагнітні хвилі. Короткі — це світло, їх потужність більша, довгі — це теплове випромінювання. Скло легко пропускає короткі хвилі, але погано — довгохвильове випромінювання. Частина цього тепла затримується при поверненні в космос парниковими газами в атмосфері (головно водяною парою, вуглекислим газом, метаном та закисом азоту) і вирушає назад до поверхні Землі. Отже, парникові гази діють як «ковдра», захоплюючи тепло, що виділяється знизу. Без парникових газів середня температура поверхні Землі була б $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, а не фактична середня температура $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Концентрація парникових газів змінюється: або через природні чинники, як у минулому, або через діяльність людини, як у сьогоденні. Дослідження вмісту в атмосфері парникових газів, наприклад діоксиду азоту, що є одним з найбільших забруднювачів, можна робити за допомогою засобів ДЗЗ. Проте застосування ДЗЗ не лише спрощує і пришвидшує роботу дослідника, а й дає змогу побачити значно ширшу картину — куди і в якій концентрації рухається хмара газу. Космічні знімки супутника Sentinel-5P дають

змогу здійснювати дослідження атмосфери, зокрема таких складників, як: озон, метан, формальдегід, аерозолі, CO_2 , NO_2 та SO_2 [8].

Елементи кліматичної системи. Океан та атмосфера

Земля — це складна система, де все взаємопов'язано і перебуває в рівновазі. Тому зміни клімату впливають на всю систему, а їх наслідки можуть бути дуже різноманітними. Океан відіграє центральну роль у «пазлі» кліматичної системи. Він може зберігати дуже велику кількість тепла. Приповерхневий триметровий шар океану містить стільки ж теплової енергії, як і вся атмосфера. Ось чому океан вважають «диктатором» клімату [6], який чинить суттєвий вплив на кліматичну систему в масштабах десятків років, регулюючи тепло планети, спричиняючи повільні внутрішні зміни клімату. Циркуляція океану і течії відіграють основну роль у регулюванні клімату та підтримці морського життя, транспортуючи тепло, вуглець, кисень та поживні речовини через океан.

Зростання рівня океану

Матерія у твердому чи рідкому стані (за винятком води в певних температурних межах) збільшує її об'єм за нагрівання (термічне розширення). Тому об'єм океану збільшується як внаслідок танення льодовиків, так і внаслідок теплового розширення, що є причиною підвищення рівня моря. Приблизно половина «внеску» в результуюче підняття рівня океану, яке спостерігається з 1990-х рр., пов'язана саме з тепловим розширенням морської води. Розширення морської води можна продемонструвати для учнів на простому експерименті. Спочатку можна попросити їх уявити, за допомогою яких експериментів вони могли б перевірити, чи може морська вода змінювати свій об'єм та спричиняти підвищення рівня моря.

Потім можна провести наступний експеримент (рис. 4), де продемонстровано, як морська (солоня) вода розширюється при нагріванні. Під час демонстрації треба пояснити, що рівень води в трубочці є аналогом рівня в океані. Як вже зазначалося, підвищення рівня моря відбувається як через танення льодовиків, так і через

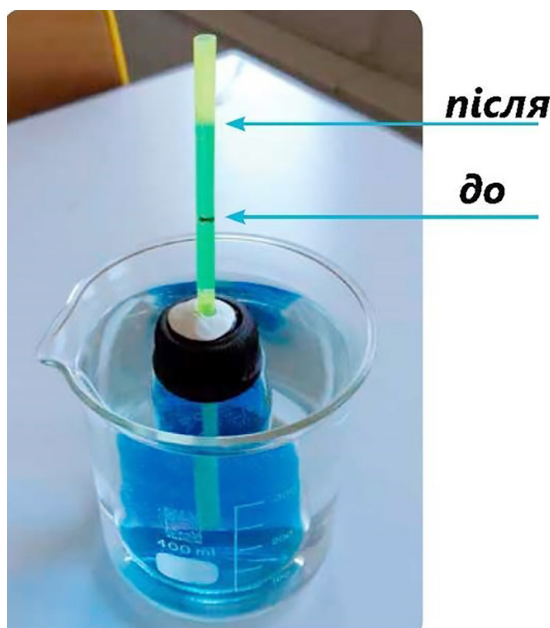


Рис. 4. Експеримент з термічного розширення води

теплове розширення. Обидва явища є результатами зміни клімату. Вчитель має пояснити учням, що підвищення рівня моря не є постійним стосовно усіх водойм на планеті, а в різних регіонах Землі спостерігаються різні темпи підвищення рівня моря (звіт IPCC 2013). А танення льодовиків та зміну їх площ можна наочно продемонструвати учням за допомогою засобів ДЗЗ. Так, наприклад, Софія Тарашук, учениця 8 класу НВК № 30 «Еконад» (м. Київ), вихованка секції «ГІС та ДЗЗ» Київського територіального відділення Малої академії наук України, на основі супутникових знімків Landsat проаналізувала зміну льодового покриву Devon Ice Cap (Канада) 1984 р.

і 2016 р. (червоною лінією показано межу льодового покриву 1984 р. (рис. 5)), що наочно демонструє суттєві зміни льодового покриву і є наслідком підвищення рівня океану.

Океанічна й атмосферна циркуляції

Циркуляція океану і течій відіграють центральну роль у формуванні клімату через перенос тепла, вуглецю, кисню та поживних речовин по всьому океану. Світовий океанічний кругообіг можна розділити на два основні компоненти: 1) швидкі океанські течії, спричинені вітрами; 2) повільна глибока циркуляція океану. Морські поверхневі течії мають значний вплив

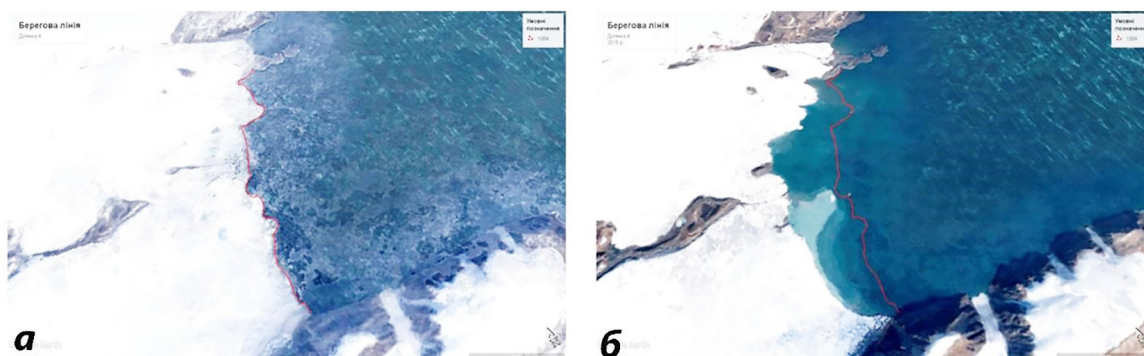


Рис. 5. Зміна льодового покриву Devon Ice Cap (Канада) за результатами дослідження учениці МАН Софії Тарашук

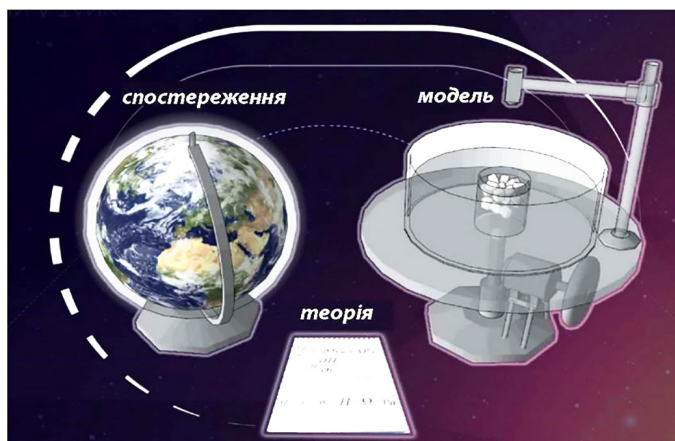


Рис. 6. Схема навчальної методики «Погода в лабораторному басейні» (створена в Массачусетському технологічному інституті MIT) [7]

на прибережну температуру й умови життя, одна із ключових поверхневих течій — течія Гольфстрім, яка разом із західними вітрами є причиною м'якого європейського клімату.

У навчальній методиці «Погода в лабораторному басейні», яка була створена в Массачусетському технологічному інституті MIT [7], пропонується вивчення загальної циркуляції атмосфери й океану за допомогою обертового резервуара

з різноманітними конфігураціями. Суть методики в поєднанні спостережень ключових кліматоутворювальних явищ, відповідного моделювання їх в обертовій установці і теоретичних знань (рис. 6). За допомогою простої моделі обертового резервуара з льодом можна поєднати два ключових планетарних «інгредієнти»: неоднорідне нагрівання атмосфери (тобто охолодження полярних широт відносно екватора) й обертання Землі.

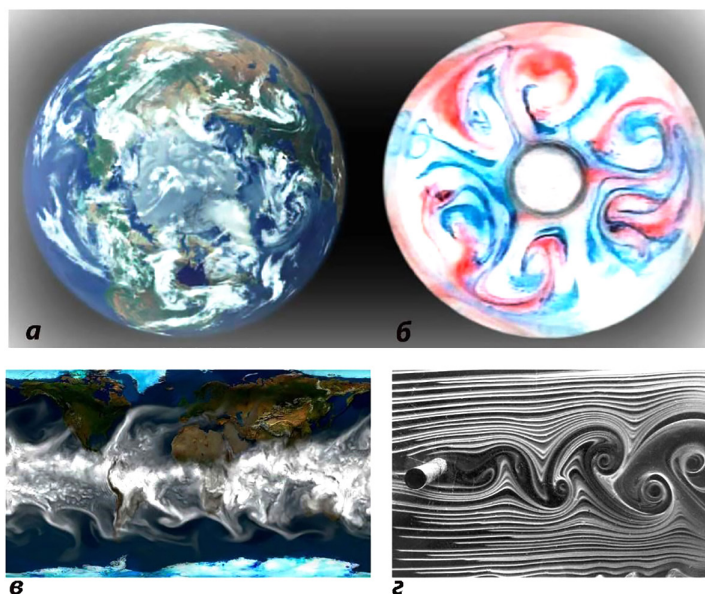


Рис. 7. (а) — вид на Землю з космосу над північним полюсом (NASA). У центрі видно арктичну крижану шапку, білі вихори — хмари; (б) — лабораторна установка з резервуаром з льодом посередині і підфарбованими течіями, причиною яких є різниця в густині рідини; (в) — супутникові знімки, що показують розподіл водяної пари по Земній кулі на висоті 6–10 км над поверхнею; (г) — схема, що показує турбулентний слід за перешкодою в рідині з постійною густиною

Демонстрації на цій установці ілюструють, як основні принципи динаміки стратифікованої рідини (з неоднорідною густиною), що обертається, формують структуру атмосферної та океанічної циркуляції. Провідними вченими — океанологами і метеорологами — були розроблені підходи та методики до викладання цих дисциплін, які поєднують дані натурних спостережень з основними фундаментальними теоретичними концепціями, які потім демонструються за допомогою експериментів (рис. 6, 7).

Під час заняття учням може бути запропонована послідовність з одного-двох демонстраційних експериментів, з відповідними обговореннями фізичних явищ, передбаченням результатів цих експериментів і засвоєнням теорії, а потім — обговоренням результатів спостережень.

Перед демонстраціями окрім теоретичної довідки про цей феномен вчителям пропонується підготувати для учнів таблиці для передбачень щодо лабораторної демонстрації. Перед проведенням лабораторного експерименту учням пропонується намалювати в таблицях (зображених на рис. 8) те, що, на їхню думку, буде відбуватися в експерименті, а потім поділитися та обговорити свої прогнози з класом. У такій таблиці для експерименту розглядається процес формування в обертовому резервуарі комірок

Гадлі, що представляють собою елемент циркуляції земної атмосфери у тропічних широтах.

Важлива компонента океанічної циркуляції — повільна глибока циркуляція океану, причиною виникнення якої є різниця в температурі і солоності океанічної води. Її називають «термохалінною» циркуляцією (рис. 9 (а)), яка так називається від грецького слова «термос» («теплий») та «halinos», що означає «солоний». Коли морська вода охолоджується або стає більш солоною, її густина збільшується, і вона занурюється на глибину. Таке «занурення» відбувається насамперед біля полюсів, де втрати тепла в атмосфері й утворення льодового покриву призводять до значних змін температури та солоності. Одним з таких місць «занурення» і формування глибинних вод є шельф Антарктики в морі Ведделла, що омиває Антарктичний півострів, на якому розміщена українська Антарктична станція «Академік Вернадський». У рамках демонстрацій можна показати експеримент з опускання рідини з більшою густиною (фарбована вода), що демонструє «занурення» холодної і/або більш солоної води в прямокутному резервуарі (рис. 9 (б)).

Висновки. Продемонстровано кілька простих експериментів і можливостей ДЗЗ для моніторингу кліматичних змін та чинників, що впливають

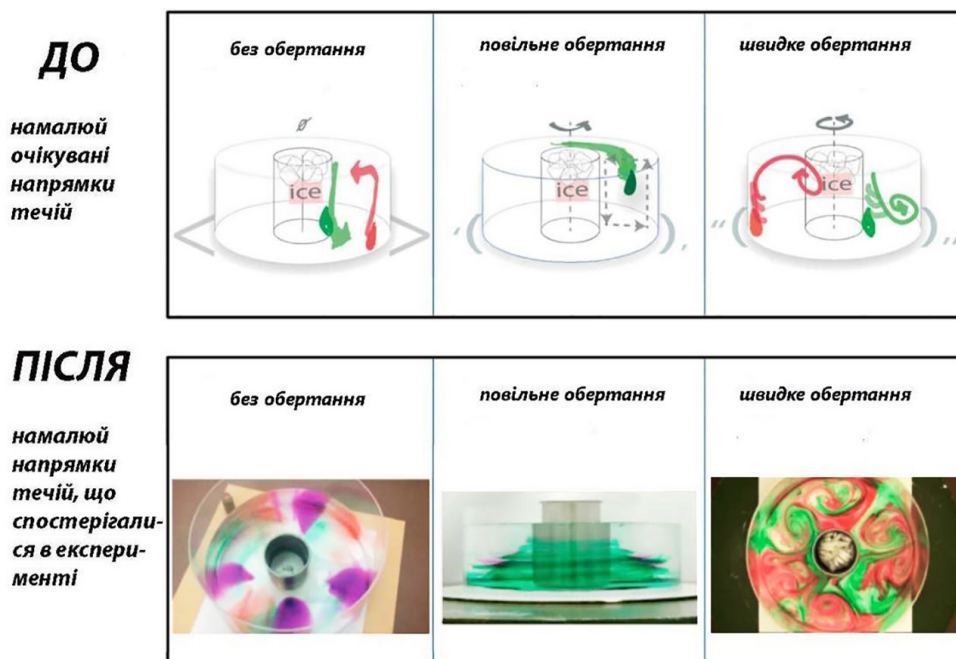


Рис. 8. Таблиці, що пропонуються учням, з передбаченнями перебігу лабораторної демонстрації

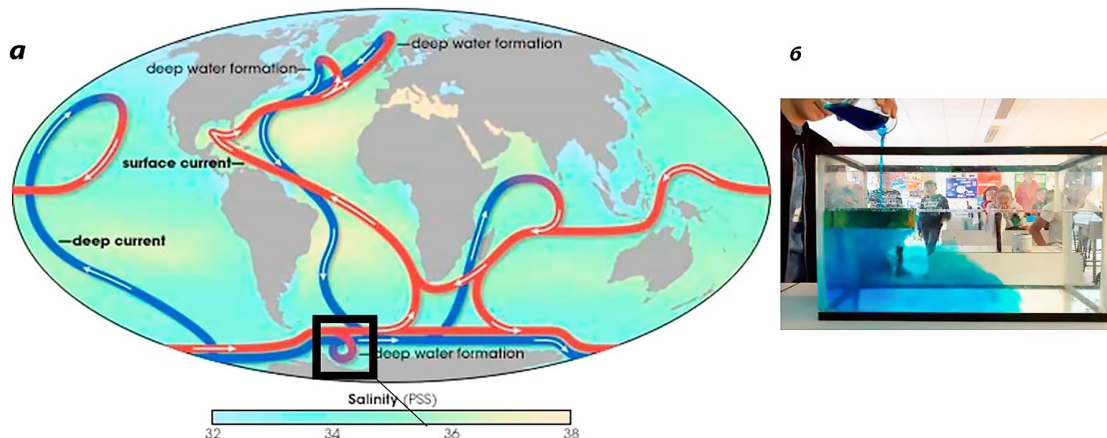


Рис. 9. (а) — термохалінна циркуляція,
(б) — демонстрація опускання рідини з більшою густиною (фарбована вода),
що демонструє «занурення» холодної і/або більш солоної води
в прямокутному резервуарі

на них, які мають наочно продемонструвати важливі для формування клімату на планеті фізичні процеси. Після того як ці феномени стають зрозумілими, стає наочною фізична суть процесів, що лежить в основі змін в океані та атмосфері, і можливість прогнозувати і математично розрахувати масштаб та наслідки глобального потепління. Учням пояснюється, що для моделювання і передбачення майбутніх змін клімату необхідні глибокі знання з математики, фізики, інформатики та інших дисциплін.

У межах уроків з кліматичної освіти в учнів формується розуміння і прийняття відповідальності за те, що відбувається, та необхідність вивчати ці природничі науки. Під час таких уроків і заходів школярі дізнаються, яка їхня відповідальність за зміни клімату. Вони також дізнаються про небезпеки для їхніх країн і їх вразливість, про соціальні нерівності, притаманні кліматичним змінам, та кліматичну справедливість. Зрештою учні виявляють, що в багатьох місцях світу вже є люди, які вживають заходів для пом'якшення та адаптації до змін клімату, і тоді вони мають вирішувати, що робити їм. Ця послідовність усвідомлень має бути забезпечена за допомогою поєднання уроків як з природничих, так і соціальних наук і спрямована спонукати учнів до роздумів поза винятково екологічними аспектами.

Список використаних джерел

1. Copernicus. Europe's eyes on Earth. URL: <https://www.copernicus.eu/en>. (дата звернення: 10.03.2020).
2. Heiss J. Climate change education for sustainable development: the UNESCO climate change initiative. URL: www.unesco.org/en/climatechange (дата звернення: 10.03.2020).
3. The climate in our hands. Ocean and cryosphere. Teacher's guide book for primary and secondary school (2019). Paris : Office for Climate Education.
4. Babiichuk S., Yurkiv L., Tomchenko O., Kuchma T. Implementation of Science Education Principles at the Junior Academy of Sciences of Ukraine Using Remote Sensing Data. *Theory and Practice of Science Education*. 2019. Vol. 1, Issue. 1. P. 52–62.
5. IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.) 2013. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
6. IPCC, Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC), September 25, 2019.
7. Illari, L., Marshall, J., and W. D. McKenna Virtually Enhanced Fluid Laboratories for Teaching Meteorology. *American Meteorological Society Journal*. 2017, pp. 1949–1959. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0075.1>
8. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування : метод. посіб. / С. О. Довгий та ін. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 316 с.

References

1. Copernicus. *Europe's eyes on Earth* (March. 10. 2020). Retrieved from : <https://www.copernicus.eu/en>
2. Heiss, J. *Climate change education for sustainable development: the UNESCO climate change initiative*. Retrieved from : www.unesco.org/en/climatechange
3. *The climate in our hands. Ocean and cryosphere. Teacher's guide book for primary and secondary school* (2019). Paris : Office for Climate Education.
4. Babiichuk, S., Yurkiv, L., Tomchenko, O., Kuchma, T. Implementation of Science Education Principles at the Junior Academy of Sciences of Ukraine Using Remote Sensing Data (2019). *Theory and Practice of Science Education*, Vol. 1, Issue. 1. 52–62.
5. Stocker, T. F., Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.) (2013). IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. DOI: 10.1017/cbo9781107415324.023
6. IPCC, Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC), September 25, 2019.
7. Illari, L., Marshall, J., McKenna W. D. Virtually Enhanced Fluid Laboratories for Teaching Meteorology (2017). *American Meteorological Society Journal*, 1949–1959. DOI: 10.1175/bams-d-16-0075.1
8. Dovhyi, S. O. et. al. *Fundamental of remote sensing: history and practice* (2019). Kyiv : Institute of Gifted Child of NAES of Ukraine.

S. O. Dovhyi,
K. V. Terletska,
S. M. Babiichuk

CLIMATE EDUCATION IN JUNIOR ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

Abstract. *Global climate change is one of the central issue of human progress. In the long run, climate change is likely cause a significant slowdown in economic growth. Education is one of the important decision-making tools to adress further climate change. Climate education requires a multidisciplinary approach that includes as the natural sciences (physics, chemistry, geography, biology, geophysics, etc.) and the social sciences (economics, law, etc.). Climate education in the Junior academy sciences of Ukraine (as a UNESCO center of science education) includes techniques within the framework of science education, that based on projects and active teaching, discussing problems in class, questioning: inquiry-based approaches to learning, research to investigate the hypotheses, which may be carried out through experiments, investigations, observations or documentary studies that will lead to solutions with the climate change. The goal of this educational activity is to develop environmental awareness, understanding of the physical aspects of the formation of natural phenomena such as the greenhouse effect, ocean currents and atmospheric circulation, other scientific knowledge and life skills. They are necessary for young people to understand the causes, consequences and mechanisms of climate change. The possibilities of integrating elements of science education on climate issues in the extracurricular education program are described in present paper. In the paper we describe as some examples and corresponding demonstrations of physical experiments as the possibilities of remote sensing to monitor climate change and factors affecting to them.*

Keywords: *climate change, science education, demonstrations, physical experiments, hydrodynamics, remote sensing.*

С. А. Довгий,
Е. В. Терлецкая,
С. Н. Бабийчук

КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ В МАЛОЙ АКАДЕМИИ НАУК УКРАИНЫ

Аннотация. *Глобальные климатические изменения — одна из центральных проблем развития человечества. В долгосрочной перспективе с большой вероятностью климатические изменения приведут к существенному спаду экономического роста. Образование является одним из важных инструментов для формирования решений по реагированию на дальнейшие изменения климата. Климатическое образование требует мультидисциплинарного подхода, который охватывает предметы как по естественным (физика, химия, география, биология, геофизика), так и по социальным наукам (экономика, право и т. д.). Климатическое образование в Малой академии наук Украины (как центра ЮНЕСКО по научному*

образованию) включает учебные мероприятия в рамках подходов научного образования, то есть на основе исследовательской деятельности и проектов, пропагандируя активную образовательную деятельность: исследования, дискуссии, выдвижение и проверка гипотез, приобщение школьников к активной работе в классах путем опроса, проб и ошибок, внедрение местных и конкретных механизмов для решения проблем изменения климата. Конечной целью этой методической работы является развитие экологической осведомленности, понимания физических аспектов формирования природных явлений, таких как парниковый эффект, океанические течения и атмосферные циркуляции, других научных знаний и жизненных навыков. Они необходимы молодым людям для понимания причин, последствий и механизмов изменения климата. В работе описаны возможности интеграции элементов научного образования по климатическим вопросам во внешкольную образовательную программу, приведены примеры тем и соответствующих методик проведения физических экспериментов, продемонстрированы возможности применения средств дистанционного зондирования Земли для мониторинга климатических изменений и факторов, влияющих на них.

Ключевые слова: изменения климата, научное образование, демонстрации, физические эксперименты, гидродинамика, дистанционное зондирование Земли.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Довгий Станіслав Олексійович — д-р фіз.-мат. наук, професор, академік НАН України, академік НАПН України, президент Малої академії наук України, м. Київ, Україна, pryjmalnya@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1078-0162>

Терлецька Катерина Валеріївна — д-рка фіз.-мат. наук, завідувачка лабораторії фізико-технічних наук, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, kterletska@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9928-7042>

Бабійчук Світлана Миколаївна — канд. пед. наук, докторантка кафедри соціальної філософії, філософії освіти та освітньої політики, Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, м. Київ, Україна, brevus.lana@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6556-9351>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Dovhyi S. O. — D. Sc. in Physics and Mathematics, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Academician of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine, President of the Junior Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, pryjmalnya@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1078-0162>

Terletska K. V. — D. Sc. in Physics and Mathematics, head of the laboratory of physical and technical sciences, NC "Junior academy of sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, kterletska@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9928-7042>

Babiichuk S. M. — PhD in Pedagogy, doctoral student of the Department of social philosophy, philosophy of education and educational policy, National Pedagogical Dragomanov University, Kyiv, Ukraine, brevus.lana@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6556-9351>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Довгий С. А. — д-р физ.-мат. наук, профессор, академик НАН Украины, академик НАПН Украины, президент Малой академии наук Украины, г. Киев, Украина, pryjmalnya@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1078-0162>

Терлецкая Е. В. — д-р физ.-мат. наук, заведующая лабораторией физико-технических наук, НЦ «Малая академия наук Украины», г. Киев, Украина, kterletska@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9928-7042>

Бабийчук С. Н. — канд. пед. наук, докторант кафедры социальной философии, философии образования и образовательной политики, Национальный педагогический университет имени М. П. Драгоманова, г. Киев, Украина, brevus.lana@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6556-9351>

Стаття надійшла до редакції / Received 09.04.2020