

<https://doi.org/10.15407/gpimo2022.02.045>

В.В. Гордієнко, д-р геол.-мін. наук, проф., зав. відділу

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,

03680, м. Київ, просп. Паладіна, 32

E-mail: gordienkovadim39@gmail.com

Scopus author Id = 7102473958

ORCID 0000-0001-9430-7801

Л.Я. Гордієнко, наук. співроб.

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України,

03680, м. Київ, просп. Паладіна, 32

E-mail: lyagord@gmail.com

ORCID 0000-0002-8067-9732

Я.А. Гончарова, канд. мед. наук, ст. наук. співроб., лікар вищ. кат.

ДУ Інститут невідкладної та відновної хірургії ім. В.К. Гусака НАМН України

04050, м. Київ, вул. Мельникова, 53

E-mail: yana.nevro@gmail.com

ОЗОН ТА УЛЬТРАФІОЛЕТ В АТМОСФЕРІ ЗЕМЛІ

Розглянуто виникнення озонового шару (ОШ) в атмосфері Землі та пов'язані з ним процеси ослаблення ультрафіолетової (УФ) частини сонячного випромінювання, що досягає поверхні. Показано, що роль ОШ у захисті живих організмів від згубних наслідків опромінення короткохвильовою частиною спектра інсоляції перебільшена.

Озон утворюється під дією УФ-випромінювання нижче іоносфери при роз'єднанні молекул кисню повітря. Найдовше він існує за мінімальних температур атмосфери. Ця обставина та підвищена щільність призводять до накопичення озону над тропопаузою, де і утворюється ОШ. Кількість одночасно існуючого газу вкрай незначна — близько 10^{-6} повітря. Саме ця обставина дозволяє оцінити його внесок у поглинання УФ-променів як зникаючий. Порівняно з ним розсіювання променів молекулами повітря незрівнянно ефективніше, хоча кожен одиничний акт поглинання середньої частини ультрафіолету в кілька разів перевищує одиничний результат розсіювання. Можна погодитися з уявленнями про ліквідацію молекул озону при реакції з фреонами та іншими газами, що містять галогени, у тому числі і вулканічного походження. Не виключено і взаємодію його з воднем, який швидше виникає в атмосфері, а не в надрах Землі. Але процеси зміни потужності ОШ, включаючи періодичне формування «озонових дір», не становлять жодної небезпеки та пояснюються природними явищами, а не діяльністю людини. Дуже дорога компанія з порятунку шару не має сенсу. З іншого боку, приземна концентрація озону поступово збільшується саме під впливом промислових викидів. У містах розвинених країн вміст цього отруйного газу часто перевищує допустимі рівні і час зайнятися ефективнішою протидією його накопиченню.

Ключові слова: озоновий шар, ультрафіолетове випромінювання, кисень, водень.

Цитування: Гордієнко В.В., Гордієнко Л.Я., Гончарова Я.А. Озон та ультрафіолет у атмосфері Землі. *Геологія і корисні копалини Світового океану*. 2022. **18**, № 2: 45—57. <https://doi.org/10.15407/gpimo2022.02.045>

Вступ

Озон є малою домішкою в земній атмосфері (10^{-6} — 10^{-5} % її об'єму), його загальна маса становить близько 3×10^9 т, тобто лише $0,64 \times 10^{-6}$ частини її маси. Розташовується шаром завтовшки близько 20 км. Близько 90 % озону знаходиться у стратосфері на висоті від 10 до 50 км. Найбільша кількість зосереджена на 26—27 км у тропіках, 20—21 км у середніх широтах та 15—17 км у полярних областях. Середній час життя молекули озону в області максимуму концентрації становить 0,5—3 місяці.

Речовина озонового шару вище тропопаузи досить інтенсивно переміщується (рис. 1) у рамках циркуляції Бревера-Добсона [26], що створює сприятливі умови для хімічних реакцій.

Вище озонового шару знаходиться іоносфера. Вважають, що нижня межа іоносфери (зони з великою концентрацією вільних електронів та іонізацією частини молекул усіх газів повітря) розташовується на висоті 50 ± 5 км над рівнем моря. Тут і вище інтенсивність ультрафіолетового (УФ) випромінювання (з додаванням ефектів рентгенівського випромінювання та космічних променів), достатня для іонізації не тільки кисню, а й азоту, водню, вуглекислого та інших газів. Спектр УФ-випромінювання охоплює хвилі завдовжки від 100 до 400 нм. При цьому розрізняють три ділянки: УФ-А (315—400 нм), УФ-В (280—315 нм), УФ-С (100—280 нм). Коли сонячне світло проходить крізь атмосферу, всі УФ-С промені та приблизно 90 % УФ-В променів поглинаються. На УФ-А промені повітря впливає менше. Землі досягають УФ-А та незначна кількість УФ-В променів.

Твердження про захист озоновим шаром поверхні Землі від УФ-випромінювання Сонця виникло на початку двадцятих років ХХ сторіччя, коли було визначено підвищення температури (Т) на висоті близько 20—25 км. Г. Добсон [9 та ін.] висловив припущення, що ця аномалія пов'язана з поглинанням сонячного тепла озоновим шаром. Поступово це твердження стало практично аксіомою. Озоновий шар вивчали у багатьох країнах [10 та ін.]. Десятиріччями відзначалося скорочення вмісту озону у шарі над Антарктидою [8, 9 та ін.]. Д. Фарман [19] за результатами вимірів на антарктичній станції Халібей зафіксував зниження концентрації озону на 40 %. Він спромігся довести всім, що визначив не місцеву діру, а провісник екологічної катастрофи для життя на Землі. А також вказав причину явища — забруднення атмосфери фреонами, що вмішують хлор. Докази з часом накопичувалися, ставали не тільки численними, але і наочно переконливими. Наприклад, наведені на рис. 2.

Крім констатації узгодження аномалій різного знаку на рис. 2, а можна замислитися: чи можливо ліквідувати всі або значну частину молекул озону у 1000 разів меншою кількістю частинок монооксиду хлору? Рис. 2, б показує, що через відкриту діру до поверхні не потрапить значного ультрафіолету (у вересні він ще нижчий, ніж середньорічний), у той самий час у екваторіальній зоні при відсутності дір енергія УФ перевищує 200 мВт/м^2 . Такі коментарі виникають на кожному кроці. Тезис «озоновий шар захищає Землю від смертельної радіації, а людство його руйнує» дивним чином ігнорує роль іоносфери та ослаблення енергії УФ за рахунок розсіювання на молекулах повітря. Треба також зазначити, що якби в утворенні дір були повинні люди, в першу чергу вони виникали б

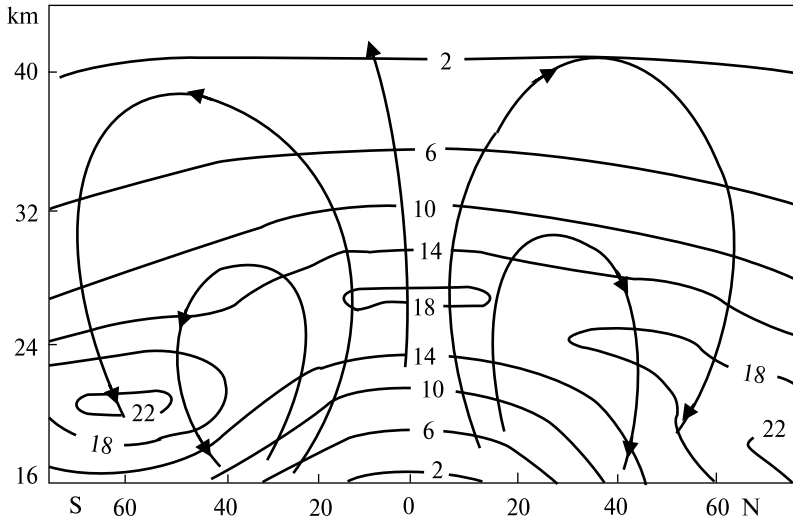


Рис. 1. Рух повітря в озоновому шарі. Розподіл озону — у вигляді вертикального градієнту $DU/\text{км}$, де DU — одиниці Добсона (див. пояснення в тесті)

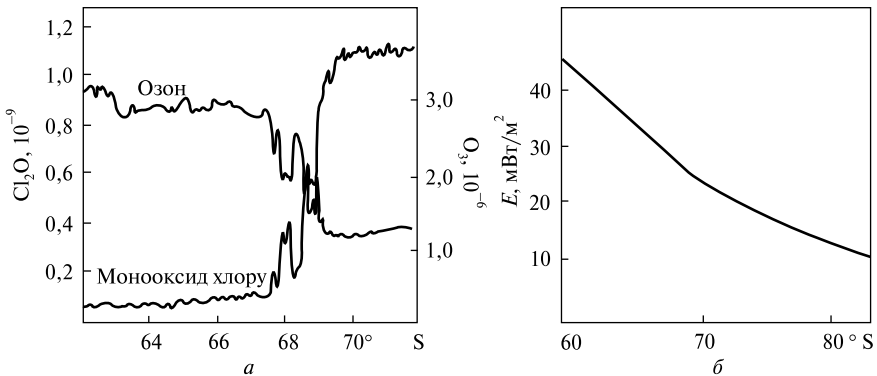


Рис. 2. Розподіл: *a* — монооксиду хлору та озону в південній полярній області у вересні 1987 р. [15] і *б* — середньорічних величин енергії УФ-В в залежності від південної широти [16]

у північній пікулі з максимальним населенням та промисловістю, а не над безлюдною Антарктидою.

Не можна сказати, що альтернативна (воднева) гіпотеза утворення дір [12] та їх впливу на людство краще обґрунтована. Вона в значній мірі страждає тими самими недоліками. Але включає краще контрольовані елементи. Тому розглянемо її першою, а при аналізі «фреонової» гіпотези запропонуємо і авторську точку зору на проблему. Вона не нова [6, 8, 14 та ін.], але менш відома читачам.

Попередньо зробимо кілька зауважень про біологічний вплив озону та УФ, підкресливши практичне значення проблеми [2, 8, 10, 16, 18 та ін.].

До поверхні Землі доходить ще достатньо багато УФ-променів, але їх не можна вважати шкідливими на 100 %. За фізіологічним впливом на рослини зона спектру А підвищує продуктивність рослин, зона В викликає їх прискорений розвиток. Помітна позитивна роль УФ у напрацюванні в організмі людини вітаміну Д, що сприяє накопиченню кальцію та зміцненню кісток. УФ-ви-

проміювання також використовується для лікування деяких хвороб, таких як рахіт, псоріаз, екзема та жовтяниця. Але таке лікування має проходити під медичним наглядом, враховуючи можливу користь від лікування та ризик від впливу ультрафіолету. Ряд досліджень показує, що вплив ультрафіолету з оточення людини пригнічує імунні відгуки [18]. Це приводить до підвищеного сприйняття певних інфекційних хвороб. Досить детальне вивчення рівня УФ-випромінювання в різних пунктах та порівняння зі стандартними відгуками організму дало змогу встановити застережні норми поведінки для умов України (45–50° пн. ш.). У середній частині часового інтервалу березень—вересень рекомендовано перебувати на освітлених ділянках не більше 3 годин на добу. Те саме стосується опромінювання крізь звичайне скло. Систематичне порушення може призвести до раку шкіри, негативного впливу на сітківку очей. Озон в концентрації вище за $8 \cdot 10^{-8}$ згубний для дихальних клітин різних організмів. Така концентрація приземного озону іноді спостерігається у теплий сезон (переважно при температурах вище за 28 °С) у всіх промислових країнах. Патолого-анатомічні дослідження показали характерну картину отруєння озоном: кров не згортається, легені пронизані безліччю зливних крововиливів. Внаслідок цього встановлено гранично допустиму концентрацію (ГДК) озону в повітрі робочого приміщення 0,1 мг/м², що в 10 разів більше за нюховий поріг для людини. При зовнішньому (на шкірні покриви та рановій поверхні) ентеральному та парентеральному введенні в терапевтичному діапазоні концентрацій озон не чинить токсичної дії на організм людини.

Озон та водень

Відомості про водень використовуються у двох розділах Наук про Землю: 1) фізиці та хімії атмосфери та 2) геологічних явищ за участю молекулярного водню (H₂). При розгляді публікацій на першу тему виникає враження корисності наведеної в них інформації для другої [11, 17 та ін.].

Дослідники атмосфери (принаймні деякі з них) звертають увагу на існування найбільш потужних «геологічних» генераторів H₂ [17, 24 та ін.]. Але не включають їх у схеми балансу газу, тому що ті виробляють його менше за

Таблиця 1. Складові водневого балансу атмосфери, Тг/рік

Процес	Значення
<i>Надходження</i>	
Спалювання вихопного палива	17
Спалювання біомаси	15
Бактеріальна фіксація N ₂	8
Фотохімічні процеси	37,3
Разом	77,3
<i>Поглинання</i>	
Окислення ОН	22,1
Поглинання ґрунтом	55,8
Разом	77,9

Примітка. Загальний вміст H₂ у тропосфері 155 ± ± 10 Тг/рік [25]. Час оновлення — близько 2 років.

розрахункові похибки для джерел і стоків антропогенної, біогенної та атмосферної (хімічної та фотохімічної) природи. Автори публікацій про «геологічний» H₂ (ГВ) найчастіше розглядають його вплив на об'єкти під і над поверхнею Землі, не враховуючи присутності у цих середовищах істотних кількостей H₂ іншого походження. Винятки досить рідкісні [1, 24, 33 та ін.]. Тому логічно розпочати огляд з атмосферного (використовуємо для стислості такий термін) водню (АВ).

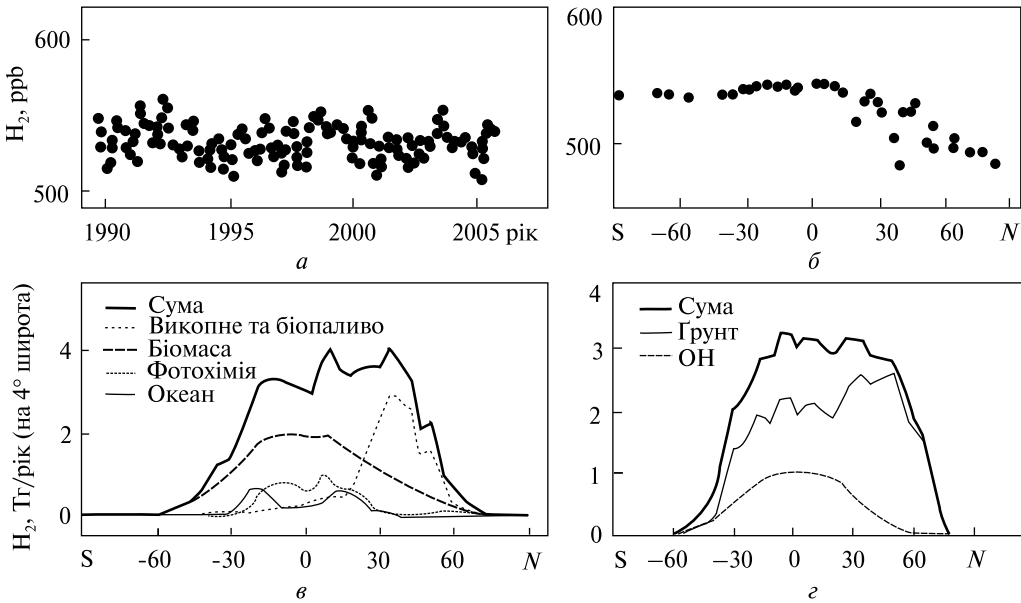


Рис. 3. Географічна приуроченість параметрів глобальної циркуляції атмосферного (зокрема біогенного) водню: *а* — зміна середньоземної концентрації H_2 у часі; *б* — зміна середньорічної концентрації по широті; *в, з* — широтні зміни інтенсивності (*в* — джерел атмосферного водню, *з* — поглиначів атмосферного водню)

Частини балансу АВ представлені у табл. 1 як елементи глобального тропосферного циклу, взаємно узгоджені для конкретного року [17, 27, 28 та ін.]; вони не містять оцінок похибок, властивих індивідуальним розрахункам складових. Помилки (невизначеності) досить значні — 5—25 %, особливо щодо поглинання водню ґрунтом.

Деякі характеристики генерації та поглинання водню з використанням переважно даних роботи [17] наведено на рис. 3.

Реальними є варіанти з впливом у стратосферу близько 2 Тг/рік [32 та ін.] та припливу зі стратосфери в менших кількостях. Залежності перерахованих процесів від температури, інсоляції та складу середовища роблять очевидною неминучість варіацій складових на порядки, що експериментально підтверджується в масштабах Землі. З рис. 3, *а* можна зробити висновок, що середньосвітовий вміст водню в атмосфері тривалий час стабільний, принаймні на вивченому відрізку часу. Низька щільність, ймовірно, забезпечує цьому газу, на відміну від інших, проникнення через тропопаузу не тільки у тропіках. З іншого боку, горизонтальні перетікання виявляються недостатніми для ліквідації зниження концентрації на середніх і високих північних широтах (рис. 3, *б*). Незважаючи на вироблення тут багато більшої кількості водню від спалювання палива (рис. 3, *в*), ніж на тих самих широтах південної півкулі, поглинання ґрунтом створює дисбаланс, що спостерігається (рис. 3, *з*). Очевидно, що ефект пов'язаний із концентрацією суші у північній півкулі. Такі відмінності наочно виявляються й у сезонних варіаціях генерації H_2 у зонах тропіків та середніх-високих широт.

Планетарний баланс водню в узагальненнях, де ГВ грає помітну роль як генератор газу [5, 33 та ін.], практично повторює атмосферну частину (для часу, що відповідає публікації). Дані про виробництво H_2 у ході геологічних процесів

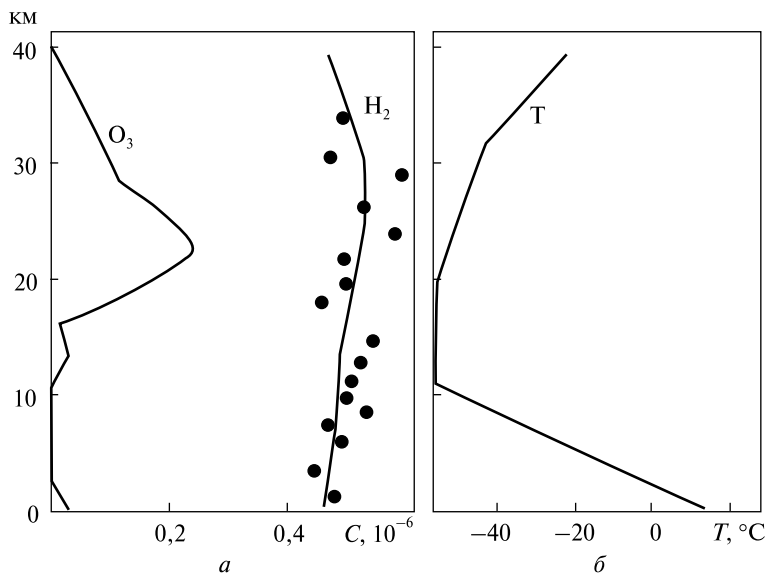


Рис. 4. Концентрації озону (O₃) [9 та ін.], водню (H₂) [17 та ін.] та розподіл температури (T) у атмосфері [15 та ін.]

різко різняться між собою. Їхня обґрунтованість сумнівна. У кожному випадку, що постулює помітний внесок ГВ у загальний баланс, джерело водню виявляється, швидше за все, біогенним або описом результатів моделювання, а не експерименту. У моделях завищені параметри (потужність базальтових лав в океанічних улоговинах, нижнього шару океанічної кори, що серпентинізується, продуктивності вулканізму серединно-океанічних хребтів (СОХ), площі одночасно існуючих термальних полів СОХ тощо) [21–23, 29–31 та ін.].

Звертаючись до масиву описаних публікацій про ГВ, можна знайти аргументи для будь-яких точок зору, зокрема і протилежних, у тих самих авторів. Наприклад, якщо перенести винос водню в атмосферу з території Кривого Рогу на площу континентальної кори [3], отримаємо цифру, яку можна порівняти з усіма джерелами АВ. Потім на Українському кристалічному щиті ця величина скорочується на 3 порядки [4], в узагальненні [5] продуктивність континентальної кори ще менша і не грає в земному балансі помітної ролі.

У найбільш повному вигляді схема знищення озонового шару воднем викладена у публікаціях В.Л. Сивороткіна [12]. Геологічні аргументи щодо потужності джерел ГВ досить сумнівні, це відносно детально викладено у роботі [7]. На додаток можна назвати твердження про рифти, що перехрещуються, в Південному океані та Антарктиді. Це виключно уможливлена конструкція. Виробка геологічного водню складає близько 0,5 Тг/рік на фоні атмосферного 77 Тг/рік. Прямий експеримент, після якого автор вважає свою концепцію теорією (це не має відношення до змісту терміну у Науковому методі [20 та ін.]), зводиться до збігу зниження потужності озонового шару над Кольським півостровом одночасно з витоком водню з однієї з виробок (близько 30 DU протягом 5 днів). Сумарний виток складає, ймовірно, десятки кілограмів газу. Виникає питання: чому над сучасними вулканами, що роками викидають у повітря тони водню, відповідних (тобто таких, що повністю знищують озоновий шар) явищ нема? Цікаво також порівня-

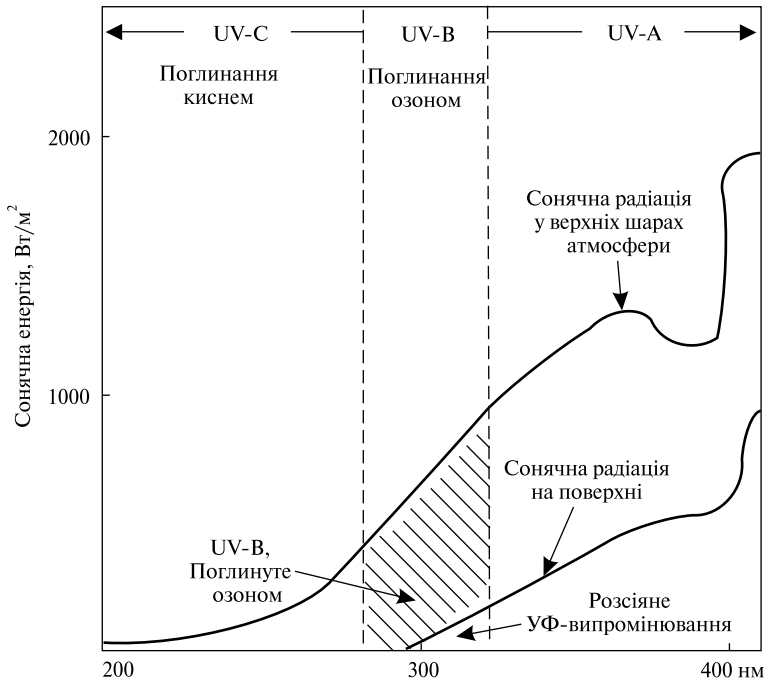


Рис. 5. Поглинання УФ-випромінювання атмосферою [15] за схемою, що передбачає суттєву роль озонового шару

ти вміст водню у стратосфері з розташуванням озонового шару (рис. 4). Його там більше ніж озону і не помітно витрати водню на знищення останнього.

Вплив переважаючої концентрації водню на скорочення озону не проглядається. А підвищити концентрацію водню у стратосфері за рахунок ГВ практично неможливо [7]. Слід відзначити, що «воднева» та «галогенна» гіпотези руйнування озонового шару відмінні не тільки ролями руйнівних агентів. Геологічний водень утворюється з давніх часів, техногенні галогени з'явилися тільки з широким розповсюдженням відповідних хімікалій — приблизно після 60-х років ХХ століття. Але існує і точка зору, що руйнують озоновий шар переважно не техногенні Cl, F, Br, а вулканічні гази із вмістом цих елементів. Звичайно, це неприйнятно для прихильників фреонових варіантів.

Озон та хлор. Реальна роль озонового шару

У розділі разом з критичним аналізом «хлорної гіпотези» деградації озонового шару розглянуто реальну роль його участі у захисті поверхні від УФ-радіації (переважно за схемами текстів [6, 8]).

Озон в атмосфері генерується ультрафіолетовим випромінюванням Сонця (рис. 5). Більш енергонасичені УФ-промені (менше 100 нанометрів) іонізують молекули кисню та інших газів повітря, відриваючи від них по одному електрону. А менш енергонасичені (з довжиною хвилі не більше 242,5 нм) здатні лише роз'єднати молекулу кисню на два атоми. До них приєднуються по одному вільному електрону, що є в атмосфері. Так з'являються негативні іони кисню. І тепер під впливом електричних сил ці іони притягуються, утворюючи нейтральну

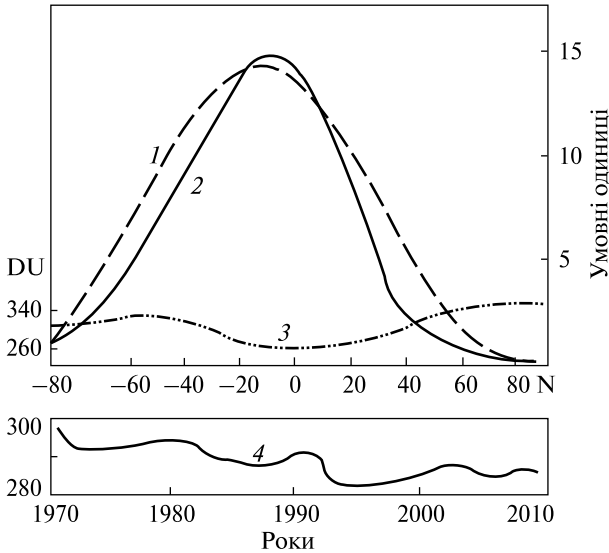


Рис. 6. Потужність озонного шару та сонячна радіація на поверхні Землі [13, 16 та ін.]. Зміни по широті: 1 — повна величина інсоляції, 2 — еритемна частина інсоляції, 3 — потужність озонного шару. Зміна у часі: 4 — середньоземна потужність озонного шару на широтах 60° S—60° N

шару з простору над ним, тобто таких молекул — меншість), потужність складатиме біля $0,03 \text{ Вт/м}^2$, тобто у 19 тис. разів менше потрібної. Інша частина УФ-випромінювання з довжиною хвилі трохи більше $242,5 \text{ нм}$ ослаблюється молекулами повітря і тому теж не може досягти поверхні Землі. Крім того, поряд із поглинанням ультрафіолету відбувається ще й молекулярне розсіювання його. Внаслідок такої сумарної дії атмосфери на УФ-випромінювання, ми не виявляємо на висоті 34 км променів із довжиною хвилі коротшою за 280 нм , а на довжині хвилі 315 нм закінчується його поглинаюча здатність.

Порівнюємо ефективність розсіювання повітрям та озonom. Коефіцієнт ослаблення УФ за його допомогою на зазначеній вище ділянці спектра загалом порівняний з коефіцієнтом поглинання озону, а для більш коротких довжин хвиль зростають обидва коефіцієнти. Але озонний зростає швидше. Так, при переході від довжини хвилі 300 до 280 нм коефіцієнт молекулярного розсіювання зростає у півтора рази, а коефіцієнт поглинання озону — у десять разів. Але якщо врахувати весь озон, зосереджений у озоносфері, його можна зібрати у шар товщиною 3 мм при нормальному атмосферному тиску, а товщина шару атмосфери вимірюється вже кількома кілометрами. Можемо зробити висновок, що ефективність молекулярного розсіювання на цій ділянці спектра у сто тисяч разів вище, ніж поглинання озонним шаром. Оцінимо відносну ефективність двох чинників ослаблення УФ кількісно. Визначимо кількість молекул на 1 м^2 у шарі товщиною 50 км (під іоносферою), враховуючи скорочення у одиниці обсягу з падінням тиску. Відзначимо також меншу ефективність розсіювання порівняно з озонним поглинанням приблизно у $3,5$ рази (див. вище). Одержимо перевагу розсіювання у 15 тис. разів. Не треба переоцінювати значення такого узгодження величин. Похибка подібних розрахунків невизначена. Напри-

тріохатомну молекулу озону. При цьому витрачається близько $1,5 \text{ еВ}$. Стільки ж енергії виділяється і при руйнуванні молекули озону.

За даними рис. 5 можна провести дуже приблизну оцінку спроможності ОШ виконати функцію захисту поверхні від ультрафіолету. На його поглинання потрібно $570 \pm 130 \text{ Вт/м}^2$. Утворення молекули озону та руйнування при поглинанні УФ потребує біля 3 еВ , тобто $5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$, у нормальному озонному шарі $8 \cdot 10^{22} \text{ молекул/м}^2$. Якщо процес потребує близько $0,5$ місяця (будемо вважати, що це оптимальний вік молекули, більший вік — пов'язаний з опусканням до

клад, шар повітря від 50 до 30 км над поверхнею не вносить помітного внеску у розсіювання УФ, бо концентрація молекул тут вже вкрай мала (менше 1 % від приземної). Озону на цих висотах обмаль чи зовсім нема (див. рис. 4). У той же час у пакеті УФ хвиль мінімальні довжини в цьому інтервалі змінюються приблизно від 200 до 280 нм (див. вище). Наведений перелік причин ослаблення випромінювання здається неповним. Але не викликає сумніву, що розсіювання може у значній мірі скоротити вплив УФ-променів на поверхню Землі, а озоновий шар для цього зовсім непридатний.

Таким чином, потужність озонового шару взагалі не повинна помітно позначатися на інтенсивності УФ та загальної інсоляції на поверхні Землі. При малозмінній середньорічній потужності (числі молекул над одиницею площі в одиницях Добсона (DU)) озонового шару на Землі ($300 \text{ DU} \pm 10 \%$) інтенсивність еритемного випромінювання змінюється з широтою у кілька разів, що практично узгоджено із загальною інсоляцією. Вочевидь, що це відображення зміни в інсоляції за широтою, а не за ступенем ефективності екрану (рис. 6) [6].

Деяке скорочення потужності озонового шару у тропічній частині Землі пов'язане з підвищеною T поверхні. Підшва шару підіймається на висоту мінімальної температури, на кілька км в порівнянні з наявною у середніх широтах (див. вище), верхня частина попадає у зону зростання T (див. рис. 4), тут накопичується менше газу за рахунок його більш швидкого руйнування (скорочення протяжності життя озону, див. нижче).

Якщо згадати, що у УФ-випромінювання є і позитивні для біосфери риси, то, можливо, нас не повинно особливо турбувати потоншення озонового шару. Тим більше, що час його вивчення невеликий у порівнянні з тривалістю можливих природних варіацій параметрів об'єкта і не виключено, що за потоншення зараз прийнято частину хвилеподібної зміни (див. рис. 5).

До Землі доходить випромінювання не коротше 293 нм, тобто практично весь той спектр, який ми спостерігали і на висоті 34 км. Зменшилася лише інтенсивність випромінювання. Якщо порівняти це з ефективністю та вибірковістю фільтрації випромінювання молекулярним киснем для хвиль з довжиною, коротшою за 242,5 нм, то вони будуть не на користь озонового шару. А зниження інтенсивності УФ-випромінювання на відрізьку від 34 км до поверхні Землі відбувається практично лише за рахунок молекулярного розсіювання. Про його ефективність свідчать і той факт, що на висоті 2300 м УФ-випромінювання у півтора рази, а на висоті 4000 м — майже вдвічі інтенсивніше, ніж на рівні моря [8]. А озону на цих висотах практично немає. Ці величини зміни інтенсивності стосуються, мабуть, всього спектру УФ хвиль, бо для еритемної частини часто наводиться значення 10—12 % на км висоти.

Озон може захистити нас від УФ-випромінювання лише в тому випадку, якщо поглине це випромінювання. Але, поглинувши певну порцію УФ-випромінювання, молекула озону повинна зруйнуватися з виділенням тепла. І природно, що озоновий шар мав би розігріватися. Але такого розігріву немає. Більш того, основна концентрація озону знаходиться в зоні найнижчої температури атмосфери — мінус 50°C (див. рис. 4). Чи не говорить це, що озоновий шар просто не діє і лише сам зберігається в найсприятливіших для нього умовах низької температури?

Наведені факти дозволяють зробити висновок, що захисна роль озону безмірно перебільшена. Він хоч і міг би, в принципі, затримувати певну части-



Рис. 7. Мінімальна температура повітря на полюсах у нижній стратосфері

бу. У полярну ніч озон не утворюється майже півроку. І півроку над Антарктидою трималася б озONOва діра. Але якщо час його життя більше, то діри не буде, а якщо менше, то вона існуватиме до кінця ночі та генерації нового озону. Діра може бути ліквідована перенесенням озону з найближчих районів. Повітря в полярних стратосферних регіонах дещо ізольоване в зимові місяці через сильні вітри, що циркулюють по полюсах, чому сприяє сильне охолодження. Відповідно, ізоляція найбільше виражена в Антарктиці (рис. 7). На півночі замкнений вітряний цикл формується менш ефективно, бо навкруги багато локальних теплових аномалій: чергування моря та суходолу, тепла повітряна течія над Гольфстрімом тощо.

Озон в 1,62 рази важчий за повітря і тому поступово опускається в нижні шари атмосфери і руйнується. Нижче 10 км його практично нема (крім грозового та техногенного).

Чому озONOва діра над Антарктидою з'являється не в «належний» для цього час, коли над полюсом немає УФ-променів, а трохи пізніше, у жовтні, коли воно вже діє? Тому, що лише до кінця полярної ночі закінчується час життя «старого» озону, а новий протягом місяця не утворюється і через слабку ефективність УФ-променів, що падають під малим кутом, і через довший шлях в атмосфері та деяку протяжність у часі самого механізму утворення озону. Але саме утворення озонівих дір відбувається за описаною схемою. Таким чином, озONOві діри — це природне явище, що не залежить від антропогенних факторів.

Висновки

Можна вважати, що наведені у статті дані дозволяють принципово по-іншому глянути на проблему впливу озонівих шару на загрозу УФ-випромінювання. По суті вся гіпотеза його впливу та причини руйнування базується на непрямих ознаках існування процесу. Здається, простіше за все було б провести виміри частотного складу та інтенсивності УФ уздовж вертикального профілю в інтервалі висот 0–50 км, що перетинає озонівий шар. Але такої інформації авторам не вдалося знайти. У ситуації, коли на виконання вимог Віденської конвенції, Монреальських, Лондонського та інших протоколів витрачаються багатьма країнами дуже значні кошти, це виглядає досить дивно.

ну УФ-випромінювання, але внаслідок його мізерної кількості в атмосфері Землі він не робить практично ніякого відчутного внеску у фільтрацію УФ-випромінювання Сонця.

При кімнатній температурі життя озону обчислюється хвилинами. А у нічному небі озонівий шар не зникає. Не спостерігається зміна товщини озонівих шару і протягом доби. Отже, час життя озону значно більший за до-

Для відкидання ролі озону у захисті поверхні з її населенням не треба відмовлятися від його реакцій з будь-якими «руйнуючими» чинниками. Треба лише адекватно оцінювати параметри реального життя молекул озону та його концентрацію. Тоді буде зрозуміла відсутність позитивної температурної аномалії у межах озонового шару. На користь цієї точки зору наводить і локалізація значних озонових дір у полярних регіонах, де вплив антропогенних чинників руйнування шару домислений, а потік УФ-випромінювання мінімальний на Землі.

Треба зазначити, що незначне у глобальному масштабі приземне підвищення концентрації озону явно антропогенне, сконцентроване у промислових районах та великих містах і заслуговує на увагу у сенсі усунення загрози від цього отруйного газу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Богданов Ю. А., Гурвич Е.Г., Леин А.Ю. и др. Гидротермальные рудопроявления полей Логачева и Рэйнбоу (Срединно-Атлантический хребет) — новый тип гидротермальных отложений океанских рифтов. *Российский журнал наук о Земле*. 2000. 2, № 4.
2. Воздействие озона на организм, бактерии и вирусы. Портал мед. центра лечения онк. и хрон. забол. академика РАЕН Маленкова А.Г., Москва, 2010.
3. Войтов Г.И. О химическом составе газов Кривого Рога. *Геохимия*. 1971. № 11. С. 1324—1331.
4. Войтов Г.И. Газовое дыхание Земли. *Природа*. 1975. № 3. С. 91—98.
5. Войтов Г.И. Химизм и масштабы современного потока природных газов в различных геоструктурных зонах Земли. *Журн. Всес. хим. об-ва им Д И Менделеева*. 1986. 31. С. 533—556.
6. Гордиенко В.В. О дегазации Земли. *Геофиз. журнал*. 2019. № 3. С.18—45.
7. Гордиенко В.В. О циркуляции водорода в атмосфере и земной коре. *Геофиз. журнал*. 2021. № 5. С. 35—59.
8. Друзьяк Н.Г. Как продлить быстротечную жизнь. URL: http://www.telenir.net/alternativnaja_medicina/kak_prodlit_bystrotechnuyu_zhizn/index.php
9. Ильясов Ш.А. Вопросы и ответы об озоновом слое. Бишкек, 2008. 112 с.
10. Мониторинг озонового слоя. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2013. Ред. С.И. Кузьмин. Минск: Экология, 2014. С. 190—199.
11. Полеванов В.П., Глазьев С.Ю. Поиски месторождений природного водорода в России как основа встраивания в новый технологический уклад. *Недропользование. XXI век*. 2020. № 4 (57). С. 12—23.
12. Сывороткин В.Л. Озонная методика изучения водородной дегазации Земли. *Пространство и время*. 2013. 4. вып. 1.
13. Федоров В.М. Тенденции и причины изменений климата Земли в современную эпоху: монография, электронное издание сетевого распространения. Москва: Добросвет, 2018.
14. Чугунов Н.И. Озоновый слой и миф об опасности из космоса. *Химия и Химики*. 2010. № 1. С. 247—252.
15. Экология и экологическая безопасность. 2002. С. 164—167. URL: <http://lib4all.ru/base/V1836/V1836Part38-167.php>
16. Driscoll C. Solar UV trends and distributions. *Natl Radiat Prot Board Bull*. 1992. 137. P. 7—13.
17. Ehhalt D., Rohber F. The tropospheric cycle of H₂: a critical review. *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*. 2009. 61, 3. P. 500—535. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0889.2009.00416.x>
18. Environmental Health Criteria 160. Ultraviolet radiation. World Health Organization. Geneva. 1994. 353 p.
19. Farman J., Gardiner B., Shanklin D. Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction. *Nature*. 1985. 315. P. 207—210.

20. Gordienko V. From hypothesis to geological theory. *NCGT Journal*. 2020. 3. P. 217—230.
21. Holland H., Volcanic gases, black smokers, and the great oxidation event. *Geochim Cosmochim Acta*. 2002. 6. P. 3811—3826. [https://doi.org/10.1016/S0016-7037\(02\)00950-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7037(02)00950-X)
22. Holloway J., O'Day P. Production of CO₂ and H₂ by Diking-Eruptive Events at Mid-Ocean Ridges: Implications for Abiotic Organic Synthesis and Global Geochemical Cycling. *Int Geol. Rev.* 2000. 42. P. 673—683. <https://doi.org/10.1080/00206810009465105>
23. Lilley M., de Angelis M., Gordon L. CH₄, H₂, CO and N₂O in submarine hydrothermal vent waters. *Nature*. 1982. 300, P. 48—50.
24. Lin L., Hall J., Lippmann-Pirke J. et al. Radiolytic H₂ in continental crust: Nuclear power for deep subsurface microbial communities. *Geoch. Geoph. Geosys.* 2005. 6. P. 3—13.
25. Novelli P., Lang, P., Masarie, K. et al., Molecular hydrogen in the troposphere: global distribution and budget. *J. Geophys. Res.* 1999. 104. P. 30427— 30444.
26. Osso A. The evolution of the Brewer-Dobson circulation and the ozone layer during the last three decades. Thesis. doct. phil. Barselona. 2014. 104 p.
27. Pieterse G. Modelling the global tropospheric molecular hydrogen cycle. Netherlands. 2012. 198p.
28. Pieterse G., Krol M., Batenburg A., et al. Global modelling of H₂ mixing ratios and isotopic compositions with the TM5 model. *Atmos. Chem. Phys.* 2011. 11(14). P. 7001—7026. <https://doi.org/10.5194/acp-11-7001-2011>.
29. Sleep N., Bird D. Niches of the pre-photosynthetic biosphere and geologic preservation of Earth's earliest ecology. *Geobiology*. 2007. 5. P. 101—117. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4669.2007.00105.x>.
30. Welhan J., Grain H. Methane and hydrogen in East Pacific rise hydrothermal fluids. *Geophys. Res. Letters*. 1979. 6, 11. P. 829—831.
31. Worman S., Pratson L., Karson J., et al. Global rate and distribution of H₂ gas produced by serpentinization within oceanic lithosphere. *Geophys Res Lett* 2016. 43. P. 6435—6443. <https://doi.org/10.1002/2016GL069066>
32. Xiao X., Prinn, R., Simmonds, P., et al. Optimal estimation of the soil uptake of molecular hydrogen from the Advanced Global Atmospheric Gases Experiments and other measurements. *J. Geophys. Res.* 2007. 112, D07303, <https://doi.org/10.1029/2006JD007241>.
33. Zgonnik V. The occurrence and geoscience of natural hydrogen: A comprehensive review. *Journal Pre-proof. Earth-Science Reviews*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103140>

Стаття надійшла 07.03.2022

V.V. Gordienko, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Prof., Head of Dept.

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine

32, Palladin ave., Kyiv, Ukraine 03142

E-mail: gordienkovadim39@gmail.com

Scopus author Id = 7102473958

ORCID 0000-0001-9430-7801

L. Ya. Gordienko, Reseach Scientist

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine

E-mail: lyagord@gmail.com

32, Palladin ave., Kyiv, Ukraine 03142

ORCID 0000-0002-8067-9732

Ya.A. Goncharova, PhD (Medicine), High-category physician

V.K. Husak Institute of Neorological and Essential Surggery of NAMS of Ukraine

32, Melnykova str., Kyiv, Ukraine, 04050

E-mail: yana.nevro@gmail.com

OZONE AND ULTRAVIOLET AT THE EARTH'S ATMOSPHERE

The appearance of the ozone layer (OL) in the Earth's atmosphere and the associated processes of attenuation of the ultraviolet (UV) part of solar radiation reaching the surface are considered. It is shown that the role of OS in protecting living organisms from the destructive effects of exposure to the short-wavelength part of the insolation spectrum is immensely exaggerated.

Ozone is generated by UV radiation below the ionosphere when oxygen molecules in the air are divided. When absorbed by UV rays, it is destroyed. Ozone exists for the longest time at minimum temperatures of the atmosphere. This circumstance and the increased density lead to the accumulation of O₃ above the tropopause, where the OL is formed. The amount of simultaneously existing gas is extremely insignificant — about 10⁻⁶ air. It is this circumstance that makes it possible to estimate its contribution to the absorption of UV rays as vanishingly small. Compared with it, the scattering of rays by air molecules is incomparably more effective, although each single act of absorption of the middle part of the ultraviolet is several times greater than a single result of scattering. One can agree with the idea of the elimination of ozone molecules by reaction with freons and other gases containing halogens, including those of volcanic origin. It is also possible that it interacts with hydrogen, but H₂ rather arising in the atmosphere, and not in the bowels of the Earth. But the processes of changing the OL, including the periodic formation of «ozone holes», do not pose any danger and are explained by natural phenomena, and not by human activity. A very expensive campaign to save the layer makes no sense. On the other hand, ground-level ozone concentration increases over time precisely under the influence of industrial emissions. In the cities of developed countries, the content of this poisonous gas already often exceeds permissible levels and it is time to take up more effective counteraction to its accumulation.

Key words: ozone layer, ultraviolet radiation, oxygen, hydrogen.