

АЦИДОЗ ПРИРОДИ — ГЛОБАЛЬНИЙ КАТАКЛІЗМ ДЛЯ ЖИТТЯ НА НАШІЙ ПЛАНЕТІ

(доповідь на Міжнародній науковій конференції "Біоресурси планети та біобезпека навколишнього середовища: проблеми та перспективи", 4—7 листопада 2013 р., Київ)

Д.О. Мельничук, академік НАН України і НААН України

С.Д. Мельничук, член-кореспондент НААН України

Національний університет біоресурсів і природокористування України

У доповіді йдеться про один із антропогенних катаклізмів глобального характеру, який ми назвали Ацидозом Природи (від слова "acidus" — кислота), тобто глобальним закисленням оточуючого природного середовища, про причини його виникнення та наслідки.

Останнє виявиться втрачанням землянами придатної для пиття води, значним зменшенням кількості гумусу в ґрунтах, зменшенням приросту біомаси на суші і в морях Планети, катастрофічними змінами складу ґрунтів, земної атмосфери, клімату тощо. От що несе нам Ацидоз Природи і, на жаль, він уже діє!

Нижче проаналізуємо причини зазначеного явища.

Ацидоз, як патологічні стани організмів людей, тварин та інших живих організмів давно відомі. Їх клінічними формами є метаболічні, респіраторні та компенсовані ацидозу і алкалози (рис. 1).

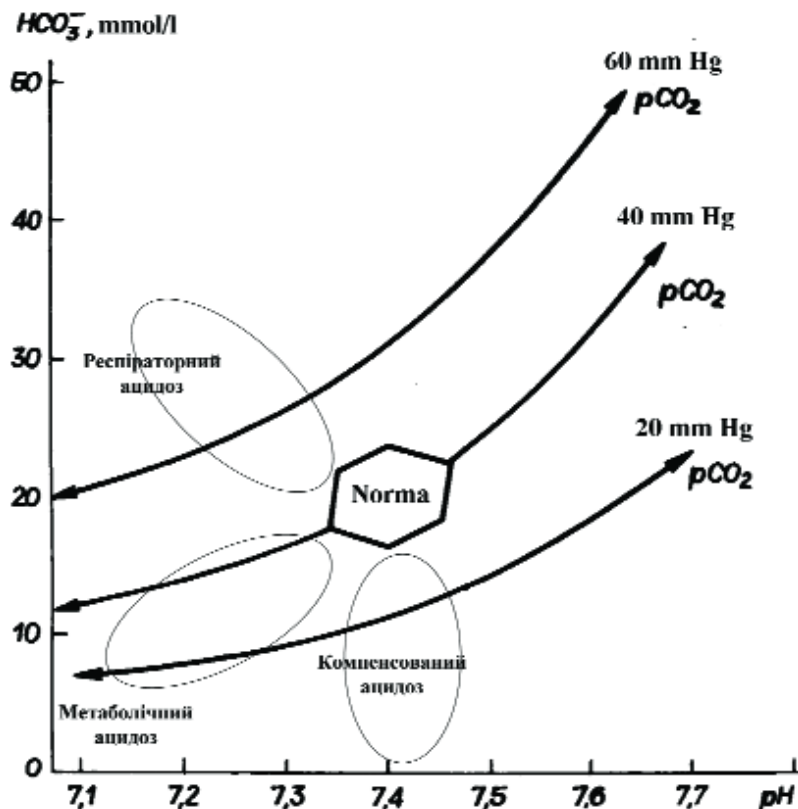


Рис. 1. Класифікація ацидозів за Д. Ван-Слайком

Сьогодні ми обговоримо, в основному, метаболічні ацидозу, на які ще мало звертається увага. При цьому хронічні метаболічні ацидозу обумовлюють і ускладнюють такі хвороби людей і тварин, як поліартрити, діабет, остеопорози, остеомаліяції, кетоацидозу, гастрити, амонійні токсикози, нефрози і нефрити, а також мають місце у перед- та у

післяродовий періоди, після великих крововтрат, при опіковій хворобі, важких фізичних навантаженнях, гіпертермії тощо. За метаболічного ацидозу в крові людей і тварин, як правило, зменшується концентрація бікарбонатів з 25 (норма) до 10 ммоль/л. Останнє зумовлює гальмування низки HCO_3^- залежних реакцій карбоксилювання — проміжних етапів біосинтезу вуглеводів, білків, жирів та нуклеїнових кислот, що гальмує їх синтез у живих організмах (рис. 2). Відповідно зменшується інтенсивність їх росту, гальмуються регенеративні процеси, знижується продуктивність тварин тощо. Другим основним механізмом реалізації зазначених негативних впливів метаболічних ацидозів є зростання в тканинах йонів водню (H^+).

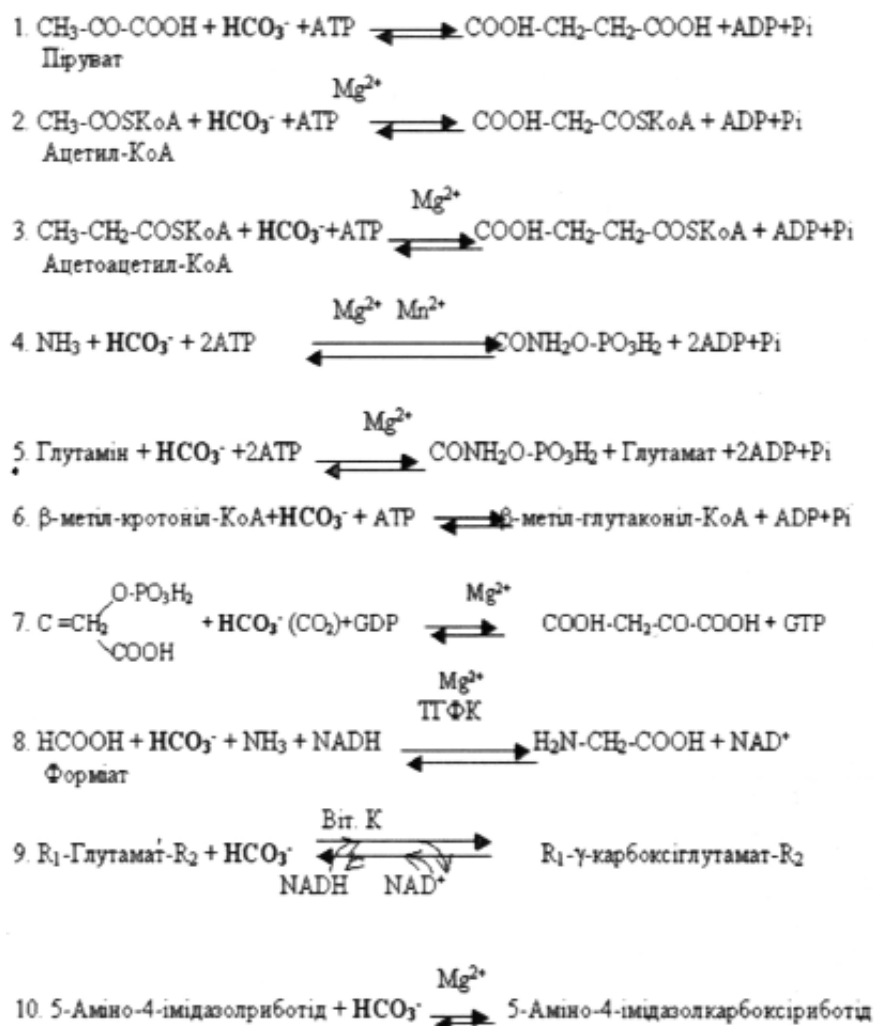


Рис. 2. Основні реакції утилізації та утворення бікарбонатної форми вуглекислот і HCO_3^- в організмі тварин [Гулий М.Ф., Мельничук Д.О., 1978]

Респіраторні ацидозиди обумовлюються значним зростанням у крові концентрації розчиненого вуглекислого газу (pCO_2). За цих умов також зростає концентрація H^+ в тканинах. Відзначимо, що глибокий респіраторний ацидоз є обов'язковим фактором при переході тварин у зимову сплячку та переведенні людини чи тварин у стан штучного гіпобіозу (рис. 3). За таких умов у тварин відключається центр терморегуляції, гальмується використання кисню в тканинах, зникає відчуття болю при відповідних подразненнях, а рівень енергетичних процесів у клітинах знижується в десятки разів. До речі, штучне явище респіраторного ацидозу використано нами для розробки методу вуглекислотної анестезії організму тварин при складних операціях, оскільки за таких умов відбувається уповільнення катаболічних та анаболічних процесів через гальмування pCO_2 залежних реакцій карбоксилювання (рис. 4).

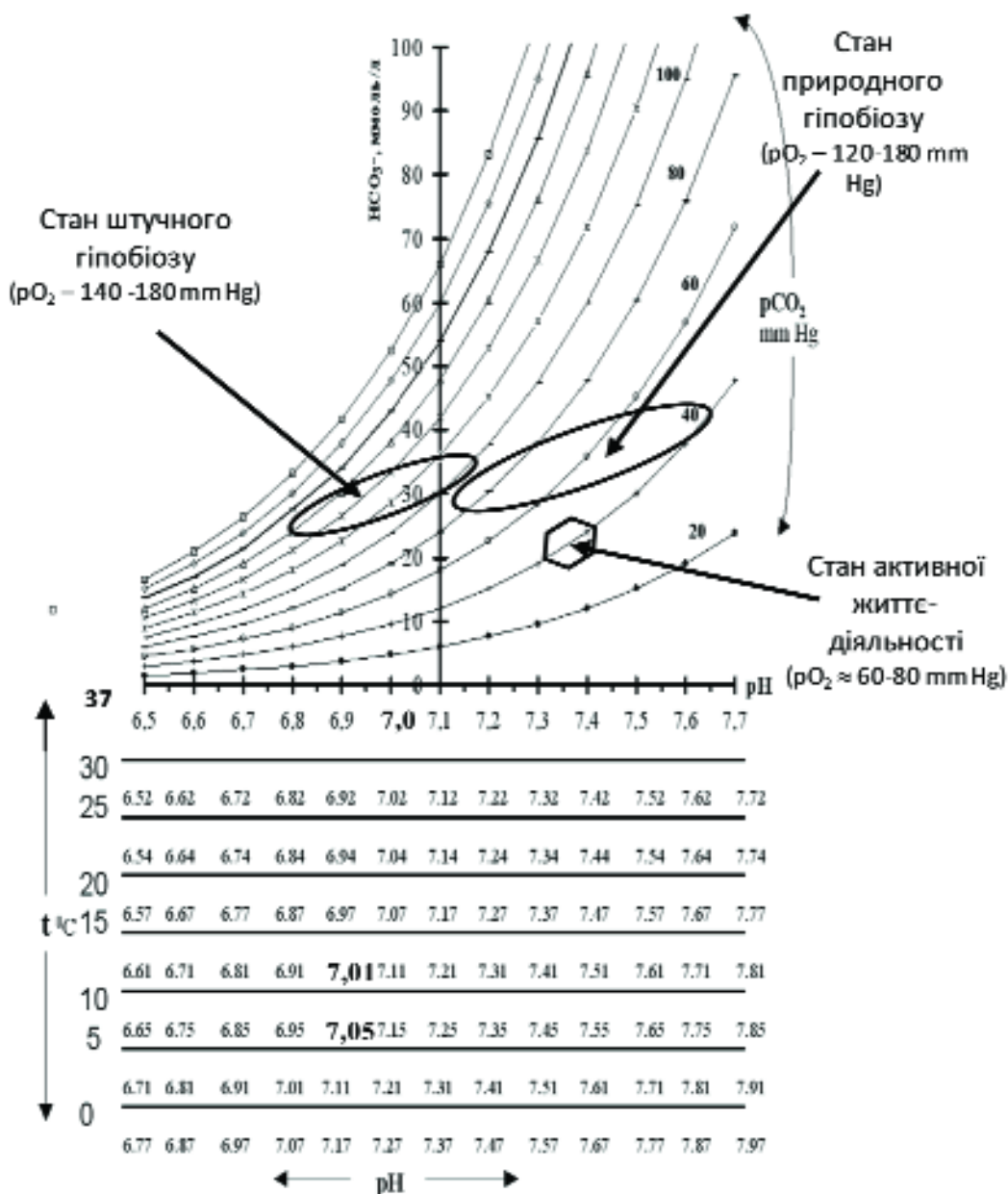


Рис. 3. Особливості фізіологічних станів тварин, залежно від концентрацій H^+ , pCO_2 , HCO_3^- та температури тіла (рис. авторів доповіді)

Мікрофлора ґрунтів і води також дуже чутлива до змін в них концентрації H^+ , pCO_2 і карбонатів (CO_3^{2+}) та бікарбонатів (HCO_3^-). Так звані "кислі" ґрунти, де є високі концентрації йонів водню і низькі — бікарбонатів і карбонатів, негативно впливають на розмноження і ріст ґрунтової біоти, що погіршує процес гумусоутворення. Для росту і розвитку більшості рослин і мікроорганізмів оптимальним має бути слабо-кисло-нейтральне рН (6,0—7,0) ґрунту. Для представників рослинного світу морів і океанів оптимальним є лужне середовище з рН 8,0—8,5, а для прісноводних видів рослин рН може бути від 5,5 до 8,3.

Розглядаючи Природу нашої Планети як єдиний живий організм, можна сказати, що в цілому вона вже перебуває у стані помірного, а в окремих регіонах і глибокого метаболічного ацидозу. Основні глобальні ацидогенні фактори Природи розглянемо нижче.

1. Різке зростання викидів мінеральних кислот у ґрунти, прісні та морські води і в атмосферу. Відомо, що в світовий океан і прісні води суші щорічно потрапляє (в основному, як відходи нафтовидобувної та переробної промисловостей) більше 500 млн т сірки, яка згодом перетворюється відповідними мікроорганізмами в сірчану кислоту (біля 1,5 млрд т кислоти щорічно). Приблизно 100 млн т сірчаної кислоти випадає на поверхню Планети за рахунок сірчано-кислого ангідриду, який потрапляє в атмосферу при спалюванні

вугілля, нафти, мазуту, деревини тощо. де є певні відсотки сірки. В атмосфері вказаний ангідрид реагує з водою і у вигляді "кислих" дощів сірчана кислота падає на нашу Планету. До вказаного додамо, що біля 150 млн т сірчаної кислоти і декілька сотень млн т соляної і фосфорної кислот виробляється у світі щорічно на хімічних підприємствах. Важко назвати кількість сірчаної кислоти, яка утворюється з сірководню (H_2S), що мільярдами років знаходився в морських глибинах і в замерзлих болотах, а тепер, через підводні вибухи, рух підводних човнів, розмерзання боліт і т. д., ці сірководневі води піднімаються в поверхневі шари морських вод і боліт, де в присутності кисню (O_2) сірководень (H_2S) перетворюється в сірчану кислоту (H_2SO_4).

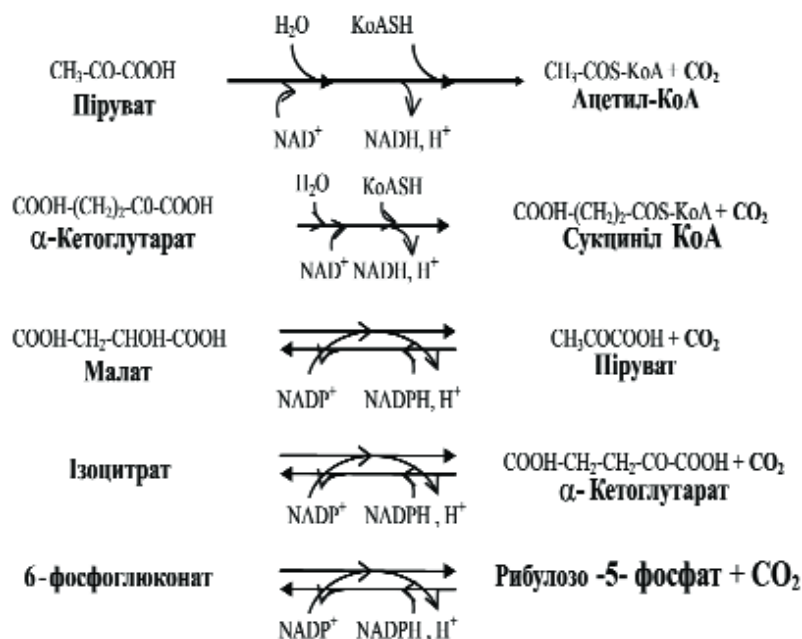


Рис. 4. Основні реакції утворення та утилізації ендogenous вуглекислого газу (pCO_2) у тканинах тварин [Гулий М.Ф., Мельничук Д.О., 1978]

Великим джерелом неприродного утворення сірчаної кислоти є металургійна та гірничодобувна промисловості. Значними постачальниками різноманітних мінеральних і органічних кислот в Природу є міські й промислові стоки, а також стоки тваринницьких і птахових комплексів тощо. В цих випадках немалу роль в розвитку ацидозу Природи відіграють не лише мінеральні, а й органічні кислоти (оцтова, пропіонова, молочна та ін.).

Суттєво сприяють ацидофікації Природи високотемпературні технології (більше 400°C), де азот повітря вступає в реакцію з киснем із утворенням відповідних ангідридів азотної і азотистої кислот. Реагуючи з водою атмосфери, вони перетворюються в азотну (HNO_3) та азотисту (HNO_2) кислоти. Утворення зазначених ангідридів відбувається в двигунах внутрішнього згоряння, домнах, ТЕЦ, котельнях, взагалі при спалюванні будь-якого палива. Це вже чисто техногенні фактори і Природа має щорічно додатково нейтралізувати більше 3—5 млрд т кислот абіогенного походження, що є суттєвим вторгненням у природний баланс азоту. Як бачимо, сірка і сірководень та азот повітря, які віками знаходились в товщі земної кори, в болотах, в повітрі і воді у вигляді нейтральних сполук, перетворившись у сірчану, азотну і азотисту кислоти змушують Природу нейтралізувати їх своїми лужними сполуками (бікарбонатами водних середовищ або карбонатами кальцію ґрунтів, гірських вапняків, коралових рифів та донних відкладень океанів і морів тощо). При цьому в атмосферу та водне середовище щорічно виділяється приблизно 1—2 млрд т абіогенного вуглекислого газу, який значно (майже на 30%) поповнює існуючий приріст CO_2 в атмосфері, тобто робить свій внесок у "парниковий" ефект і зміни клімату.

Негативний вплив вказаних кислот на живі організми обумовлюється, перш за все, порушенням (зменшенням) оптимальних значень рН води, ґрунтів і атмосфери, що негативно впливає на життєздатність організмів. Наприклад, доведено, що рН дощових вод в окремих

регіонах промислово розвинених країн може знижуватися від 7,0 аж до 1,0 (слід відзначити, що рН шлункового соку людини також рівний 1,0). Доведено, що вже за рН 7,0 у річковій воді погано розвивається ікра риби, при рН 6,6 гинуть молюски, при рН 6,0 гинуть креветки та ікра риби, а якщо рН 5,5 і нижче, то у водах гине вся фауна. Флора ж більш стійка до змін рН води (навіть до 5,0). Для морської фауни, як вже говорилося, оптимальні значення рН води складають 8,0—8,5, але в багатьох прибережних регіонах зазначені рівні рН вже є набагато нижчими з усіма негативними наслідками для флори і фауни.

Безумовно, цей фактор є одним із тих, що лежать в основі нинішнього різкого зменшення біоресурсів у морях і річках. Скажімо, рибопродуктивність азовського і каспійського морів за останні 20—30 років зменшились у 4—6 разів. При цьому люди традиційно вважають ліси основними легенями і джерелом біоресурсів нашої Планети, хоча утворення близько 80% кисню в атмосфері та поглинання і утилізація CO_2 з неї здійснюється морськими рослинами і водоростями! Отже, подальші негативні впливи на життєздатність водоростей в океанах, морях і прісних водоймах несуть катастрофічні наслідки для людства.

Одним із основних механізмів негативного впливу ацидозного водного і ґрунтового середовищ на ріст і розвиток флори і фауни є також отруєння їх важкими металами ґрунтів і донних осадов, які за умов зменшення рН вод нижче 7,0 переходять у розчинний стан і включаються у трофічні ланцюги. Зрозуміло, що ще більш небезпечними в цьому плані є радіоактивні важкі метали донних осадов. Вода і ґрунти стають отруйними!

Звернемо також увагу на велику небезпеку для усього живого від кислотних смогів, які є майже постійними у великих промислових регіонах. Так, у дощовій воді деяких територій співвідношення концентрації окремих кислот складає: сірчана — 60%, азотна — 30, соляна — 5, вуглекислота — 2, інші кислоти — 3%. У цей же час у дощових водах умовно чистих зон Планети до 80% кислотності складає частка вуглекислого газу, а решта 20% — вказаних вище мінеральних кислот. Парадокс, але на великих площах в окремих регіонах промислово-розвинених країн продукування O_2 в атмосферу вже зараз стало меншим, ніж продукування CO_2 — це є ще одним грізним фактором глобальної небезпеки ацидофікації Природи. Люди цих регіонів вже зараз дихають сумішшю "чужого" кисню і "своїми" ангідридами кислот.

Вкрай негативним наслідком ацидозу Природи є також його вплив на розмноження і ріст ґрунтових і водних бактерій, комах та інших живих істот у цих середовищах, адже на них припадає більше половини біомаси Планети. У результаті гальмуються процеси гумусотворення, зменшується врожайність рослин, збіднюється біорізноманіття ценозів тощо. З ґрунту та води розпочинаються трофічні ланцюги і не важко зрозуміти, чим загрожують зазначені впливи на природу взагалі і на живі організми зокрема.

2. Зниження в Природі процесів фотосинтезу та об'ємів приросту біомаси. Цей факт з першого погляду майже непомітний, але фізіологи рослин ще в минулому столітті експериментально довели, що мільйони років потенційна здатність земної і водної флори виділяти O_2 була приблизно в 6 разів вищою, ніж здатність фауни виділяти CO_2 в атмосферу. Очевидно це і є причиною дуже низького (0,03%) рівня CO_2 і порівняно високого рівня O_2 (21%) в атмосфері. Проте господарська діяльність людини суттєво змінила дане співвідношення, майже зрівнюючи його, а незабаром ці показники можуть помінятися місцями. Так, за останні 40 років концентрація CO_2 в атмосфері зросла на 30%, що вже обумовило її потепління на Планеті приблизно на 1,5°C (рис. 5). Можна стверджувати, що ацидофікація Природи вже внесла в цей процес вагомий внесок, а що буде далі?!

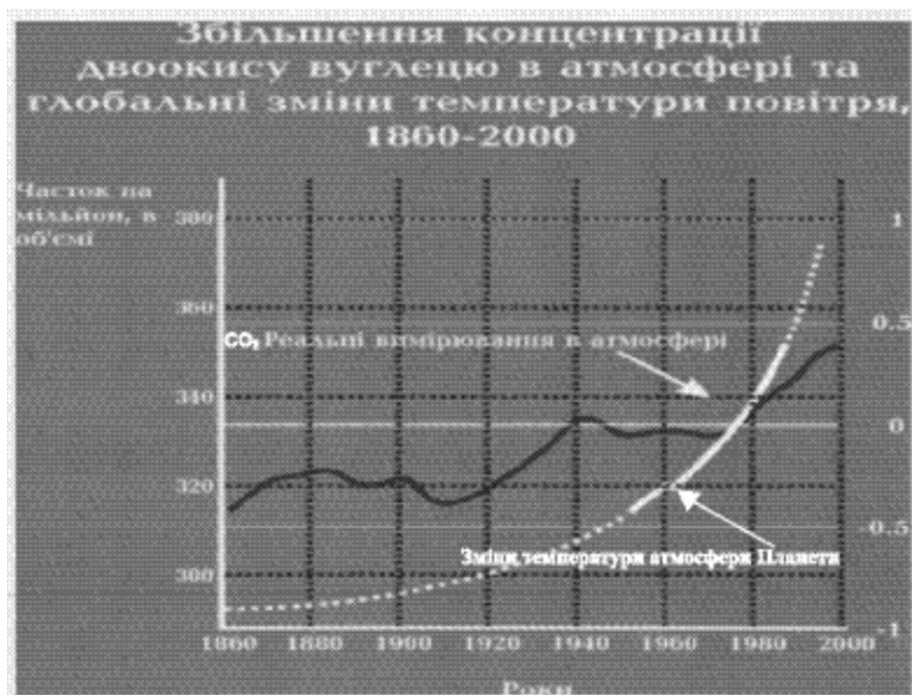


Рис. 5. Збільшення концентрації CO₂ в атмосфері та глобальні зміни температури повітря з 1860 до 2000 р. [Berg J.M., Tymoczko J.L., Stryer L. Biochemistry. - New York: W H Freeman, 2002]

3. Зменшення відновного потенціалу Платети. Доведено, що зародження нашого Всесвіту відбувалося десь за 5 млрд. років тому за умов вибуху певного згустку енергії (термоядерна реакція) із виділенням великої маси субатомних частинок і різних видів випромінювань. У цей момент з протонів, нейтронів та інших субатомних структур утворилися атоми водню, з них — атоми гелію, вуглецю, азоту, кисню і всіх інших відомих хімічних елементів. З цих атомів сформувалася і наша планета, а зі зменшенням температури утворилися молекули води, газів, неорганічних солей тощо. Згодом водяна пара зконденсувалася в рідину і так створювалися світовий океан і суша. Молекули хімічних сполук і газів розчинялися у воді, взаємодіяли між собою і в результаті синтезувалися більш складні сполуки: жирні кислоти, вуглеводні, моносахариди, амінокислоти, циклічні сполуки, пурини і піримідини тощо та їх полімери. Це відбувалося за максимальних значень відновності атмосфери і водного середовища, оскільки вільний водень був одним із складових частин атмосфери, що забезпечувало посилення реакційної здатності вищевказаних молекул, аж до утворення первинних макроергічних речовин та крупних полімерних сполук. При цьому концентрація вільного водню в атмосфері дуже швидко зменшилась до повного його зникнення, але більшість атомів сірки, азоту, вуглецю тощо перебували, як правило, у вигляді відновних форм (H₂S, NH₃, CH₄), що забезпечувало середовище значним запасом хімічної енергії для багатьох енергозалежних реакцій. Використання спочатку з атмосфери вільного водню, а згодом і водню гідридів металів для синтезу органічних сполук, призвели до утворення гідроксидів металів. Ці останні підвищували рН водної маси, що обумовило різке поглинання водами CO₂ з атмосфери із утворенням крейдових відкладень — карбонатів і бікарбонатів кальцію та інших металів, у т. ч. важких (рис. 6). Цей період зайняв приблизно 0,5 млрд. років. Потім з'явилися первинні живі організми, які також використовували енергію відновлених субстратів у світовому океані і можна здогадуватись, що досить скоро цих відновлених сполук в океані для них залишалось мало. Але Природа знайшла вихід — з'явилися організми (синьо-зелені водорості), які здатні були за рахунок сонячної енергії здійснювати розщеплення H₂O з утворенням АТФ і водню в біологічній формі. З'явилися також організми, які генерували вказану форму водню за рахунок гліколізу.

ква

Рис. 6. Історія атмосфери нашої Платети [П. Эткинс. Молекулы. М, 1991]

Це надбання еволюції в енергозабезпеченні живих організмів протягом наступного мільярда років доповнилося так званою темною фазою фотосинтезу, де за рахунок водню піридиннуклеотидів і енергії АТФ з використанням CO_2 синтезувалися вуглеводи і в атмосферу почав виділятися кисень (рис. 7).

Ці механізми забезпечення живих організмів воднем у біологічній формі (відновлених піридиннуклеотидів) збереглися до сьогодні. Важливо те, що величина співвідношення окислених і відновлених піридиннуклеотидів є одним із основних регуляторів інтенсивності катаболічних і анаболічних процесів — чим нижче вказана величина, тим інтенсивнішими стають катаболічні процеси і навпаки (рис. 8).

Це забезпечило гігантський розвиток так званого аеробного обміну енергії, яка була більш ефективна, що позитивно вплинуло на еволюцію автотрофних і гетеротрофних організмів, з накопиченням великих об'ємів біомаси. Це останнє, в свою чергу, забезпечивши гетеротрофам великі запаси поживних речовин, створило умови для їх бурхливого розвитку і значного накопичення їх біомаси. Вказане явище ніби "складувало" вуглець CO_2 у біомасі (а згодом у покладах вугілля, нафти і газу) і період його біологічного циклу зростав, а концентрація в атмосфері і водах — спадала майже до нульових величин. Але так було колись.

Тепер великі зміни у вуглецевому обміні на Планеті спричинило масоване зростання спалювання людиною вугілля, нафти, газу, деревини тощо. Про це написано багато. Проте антропогенне зростання кількості кислот в Природі, що обумовлює, з одного боку, гальмування процесів фотосинтезу, а з іншого, збільшує виділення CO_2 із зазначених вище природних "складів", веде до збільшення концентрації останнього в атмосфері. Відновлені природні сполуки за таких умов посилено реагують з киснем і вивільняють свою енергію у вигляді тепла, а не у вигляді АТФ. Цим самим створюються умови для гальмування анаболічних (біосинтетичних) процесів на фоні стимуляції катаболізму, що веде до вторинного зростання концентрації CO_2 в атмосфері з усіма відомими наслідками — потепління тощо.

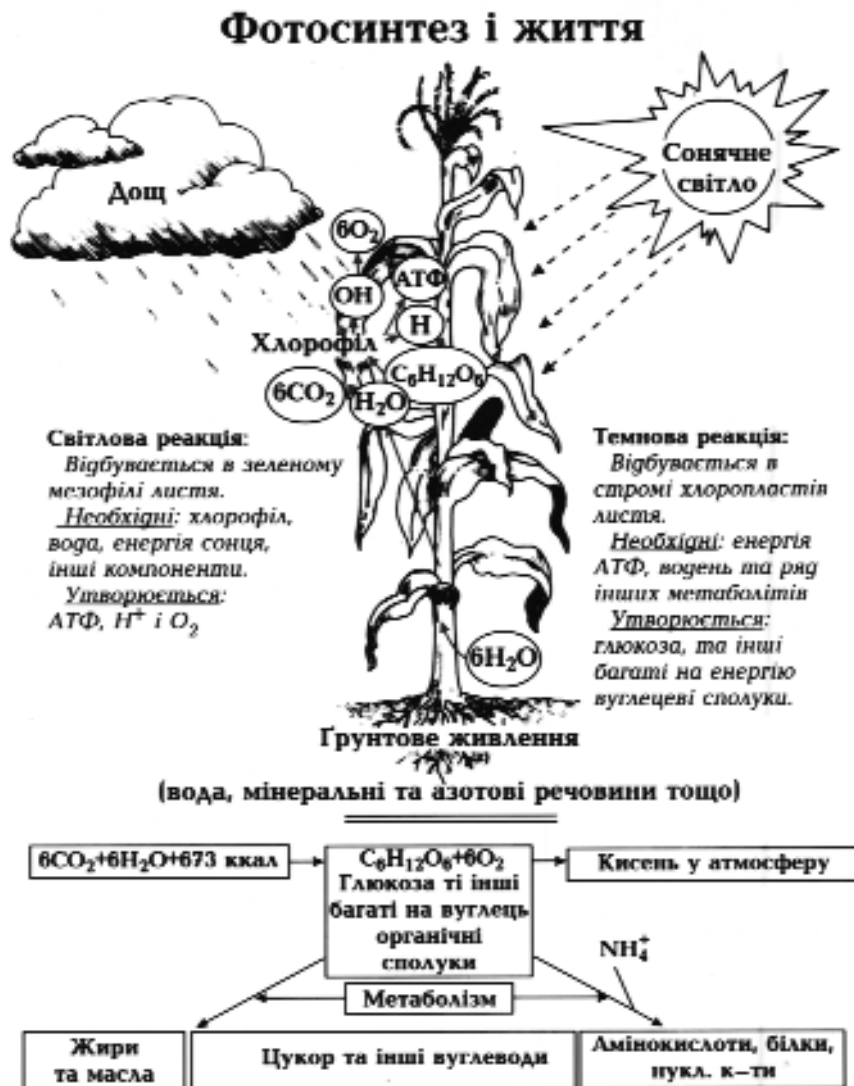


Рис. 7. Фотосинтез і життя [Delvin T.M. Text book of biochemist rywith clinic valcorrelations (Fourth Edition) - Publisher Wiley-Liss, 1997]

Отже, фактори, які порушують фотосинтез, стан кислотно-лужного співвідношення Природи в бік ацидозу та гальмують інтенсивність обміну енергії в автотрофних і гетеротрофних організмів гальмують утилізацію CO_2 у Природі та процес утворення біологічної форми водню, що, у свою чергу, гальмує анаболізм та стимулює катаболізм. Усе це веде до стрімкої втрати біомаси на нашій Планеті і супроводжується змінами складу атмосфери, втратою ґрунтового і водного біорізноманіття, зменшенням гумусу в ґрунтах, зниженням об'ємів отриманого врожаю, продуктивності тварин тощо.

4. Нехтування бізнесовими колами екологічних застережень заради отримання надприбутків та низький загальний рівень екологічної освіти більшості людей Планети. Над цими питаннями ми всі працюємо, але на сьогодні необхідного практичного ефекту ще не досягнуто, а "завтра" може бути вже пізно. Тому людство має негайно сконцентрувати всі свої можливості для боротьби і попередження однієї з грізних глобальних катастроф для життя на Землі — Ацидозу Природи. Адже це один із глобальних факторів негативного впливу на оточуюче середовище та погіршення якості і тривалості життя людей і всього живого.



Рис. 8. Співвідношення енергії між катаболічними і анаболічними провідними шляхами у гетеротрофних організмів [Nelson D.L., Cox M.M. Lehninger Principles of Biochemistry (Fourth Edition) - W. H. Freeman Publishers, 2004]

Про те, що людство може протистояти вказаній катастрофі свідчать успішні урядові акції США і Канади у 70—80-х рр., які "оживили" північні озера на територіях цих країн, котрі на той час стали практично "мертвими" через вказані вище антропогенні і, в першу чергу, ацидогенні фактори (рис. 9). Подібні успішні акції по "оживленню" річок і озер проводилися і в ряді країн Західної Європи.



Рис. 9. Озеро в США до і після "оживлення"

Враховуючи усе вищесказане, ми звертаємось до учасників конференції з проханням підготувати для урядів країн світу рекомендації щодо ліквідації та попередження однієї з найбільших глобальних катастроф для всього живого на нашій Планеті — Ацидоз Природи. Необхідно також звернутись до світових фінансових організацій про необхідність підтримки ними довгострокових наукових проектів і програм відповідних дій. Ці пропозиції просимо внести до загальних рекомендацій конференції.

АННОТАЦИЯ

Мельничук Д.А., Мельничук С.Д.
Ацидоз природы — глобальный катаклизм для жизни на нашей Планете (доклад на Международной научной конференции "Биоресурсы планеты и безопасность окружающей среды: проблемы и перспективы", 4—7 ноября 2013 г., Киев) // Биоресурсы и природопользование. — 2013. — 5, № 5—6. — С. 5—15.

В докладе идет речь об одном из антропогенных катаклизмов глобального характера, названном авторами Ацидозом Природы (от слова "acidus" — кислота), то-есть глобальном закислении окружающей среды, о его причинах и последствиях.

SUMMARY

D. Melnychuk, S. Melnychuk.
Acidosis nature — global cataclysm for life on our planet (report of the International scientific conference "Bioresources planet and biosafety environment: problems and prospects", 4—7 November, Kiev) // Biological Resources and Nature Management. — 2013. — 5, № 5—6. — P. 5—15.

The report referred to one of the man-made disasters of a global nature, the authors called acidosis Nature (from the word "acidus" — acid), that is the global "acidification" of the environment, its causes and consequences.

