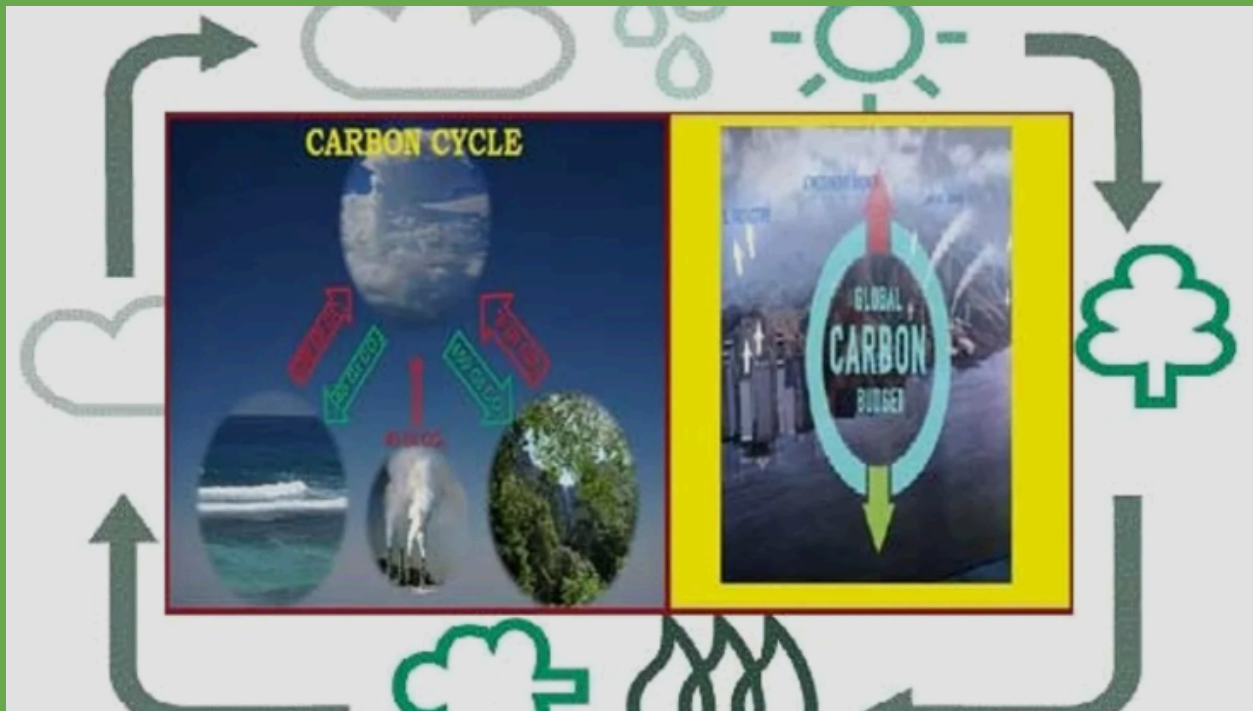


Ածխածնի շրջապտույտը և Գլոբալ ածխածնային բյուջեն

Ածխածինը երկրի վրա կյանքի հիմնասյուներից մեկն է: Այն հանդիսանում է ոչ միայն կենսաբանական միացությունների հիմնական բաղադրիչը, այլև կարևոր տարր՝ բազմաթիվ հանքային միացությունների կազմում: Այն հաճախ անվանում են «**կյանքի կառուցող բլոկ**», քանի որ առկա է ինչպես կենդանի օրգանիզմներում, այնպես էլ ոչ կենդանի նյութերում՝ ժայռերում, հողում և մթնոլորտում:

Մարդու գործունեության արդյունքում մթնոլորտում ածխաթթու գազի (CO_2) կոնցենտրացիան զգալիորեն բարձրացել է: Դրա մի մասը կլանում են բույսերը ֆոտոսինթեզի միջոցով, իսկ մյուս մասը՝ օվկիանոսները՝ լուծելով և կապելով ջրի մեջ: Այս գործընթացները միասին ձևավորում են **ածխածնի գլոբալ շրջանառության համակարգը**, որը որոշում է երկրի կլիմայական հավասարակշռությունը:



Ածխաթթու գազի դերը երկրի ջերմաստիճանի կարգավորման մեջ

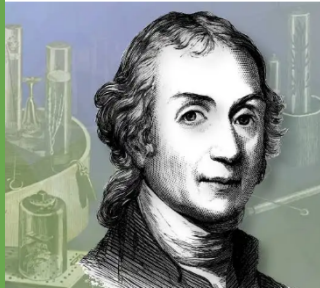
Ամեն օր արևը ծագում և մայր է մտնում, սակայն մեր մոլորակի միջին ջերմաստիճանը կտրուկ չի փոփոխվում: Դրա հիմնական պատճառը մթնոլորտում առկա **ածխաթթու գազն է (CO₂)**, որը կլանում և պահում է ջերմությունը՝ ստեղծելով ջերմոցային էֆեկտ: Առանց այս գազի, երկիրը կլիներ սառցապատված, անբնական մոլորակ:

Սակայն վերջին դարերում մարդու կողմից ածխածնային վառելիքի (նավթ, գազ, ածուխ) գանգվածային օգտագործման հետևանքով մթնոլորտում CO₂-ի քանակը բարձրացել է՝ գերազանցելով բնական հավասարակշռությունը: Այս արագ փոփոխությունն է հանդիսանում **մարդածին գլոբալ տաքացման** հիմնական պատճառը:

Գիտնականների հաշվարկներով՝ վերջին 150 տարում մթնոլորտային CO₂-ի մակարդակը աճել է շուրջ 50%-ով՝ մոտավորապես 280 ppm-ից (արդյունաբերական հեղափոխությունից առաջ) մինչև ավելի քան 420 ppm (2025թ. դրությամբ): Այսպիսի բարձր ցուցանիշները վերջին անգամ արձանագրվել են միլիոնավոր տարիներ առաջ՝ Պլիոցենյան դարաշրջանում:



Ածխածնի ցիկլը (Carbon Cycle)



Joseph Priestley



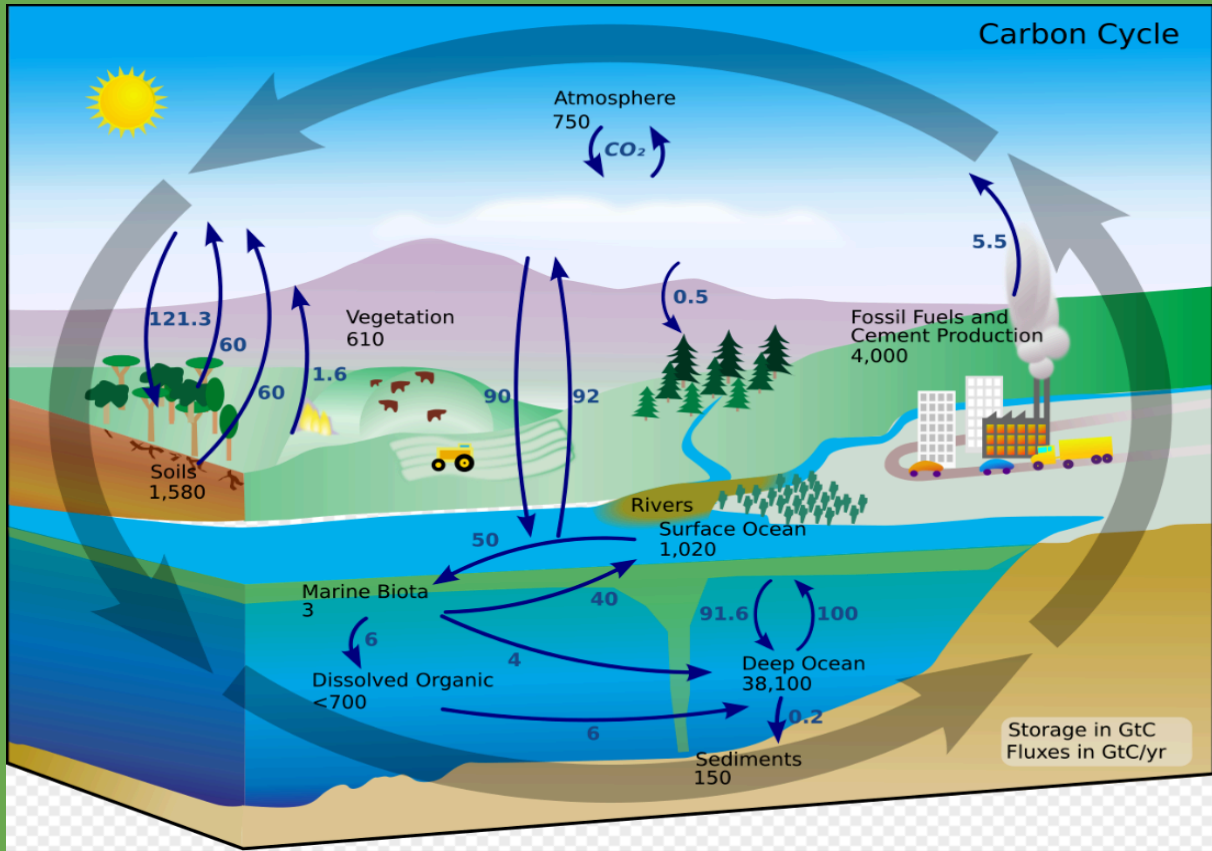
Antoine Lavoisier



Humphry Davy

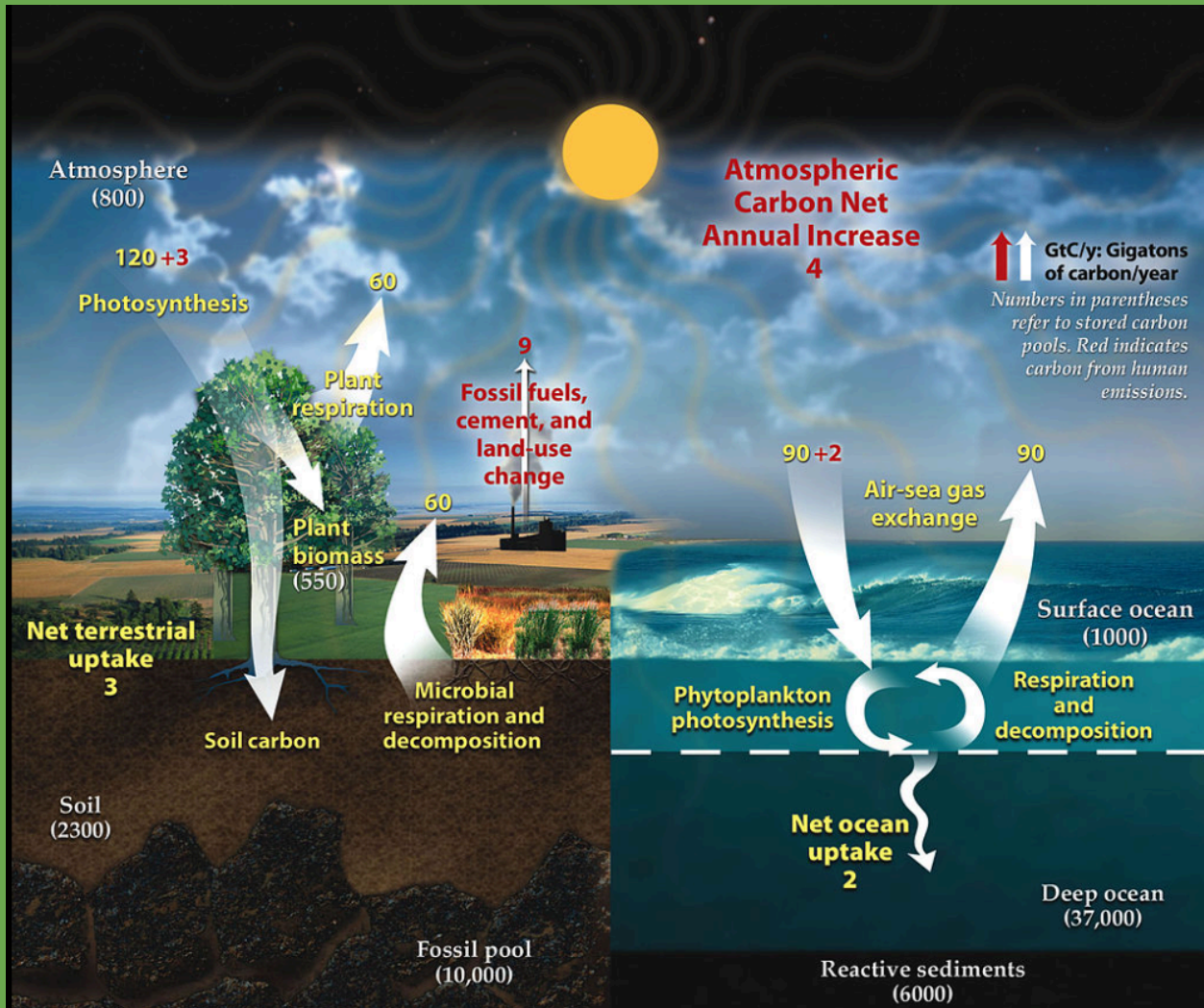
Ածխածնի ցիկլը ներկայացնում է **ածխածնի հոսքը** օվկիանոսների, ցամաքային կենսոլորտի, լիթոսֆերայի և մթնոլորտի միջև:

Այն նման է ջրի և ազոտի ցիկլին և հանդիսանում է երկրի կյանքի պահպանման առանցքային գործոններից մեկը: Ածխածնի ցիկլը նկարագրում է, թե ինչպես է ածխածինը **կուտակվում, տեղափոխվում, օգտագործվում և վերամշակվում**՝ անցնելով տարբեր միջավայրերով՝ բույսերից մինչև հող, մթնոլորտ և նստվածքներ: Այս գործընթացը ուսումնասիրել և նկարագրել են Ջոզեֆ Փրիսթլին (Joseph Priestley) և Անտուան Լավուազիեն (Antoine Lavoisier), իսկ հետագայում այն հանրահռչակել է Համֆրի Դեյվին (Humphry Davy):



Ածխածնի ցիկլի հիմնական կետերը

- Ածխածինը կենսական տարր է կենդանի օրգանիզմների կառուցվածքում:
- Այն ունի նաև տնտեսական կարևորություն՝ որպես **հանածո վառելիքի (fossil fuels)** հիմնական բաղադրիչ:
- Մթնոլորտային CO₂-ը ֆոտոսինթեզի միջոցով բույսերը վերածում են օրգանական նյութերի, որոնք սննդային շղթաների միջոցով անցնում են այլ օրգանիզմների: Վերջում՝ շնչառության գործընթացում, ածխածինը նորից վերադառնում է մթնոլորտ՝ որպես CO₂:
- Երկրաժամկետ երկրաբանական գործընթացները՝ նստվածքային ապարների և հանածո վառելիքի ձևավորումը, ապահովում են ածխածնի ցիկլի դանդաղ, բայց կայուն շարժումը:
- Մարդու գործունեությունը՝ մասնավորապես հանածո վառելիքի այրումը և անտառահատումները, մեծացնում են մթնոլորտային CO₂-ի քանակը՝ ազդելով կլիմայի և օվկիանոսների վրա:



Ածխածինը որպես կյանքի հիմք և էներգիայի աղբյուր

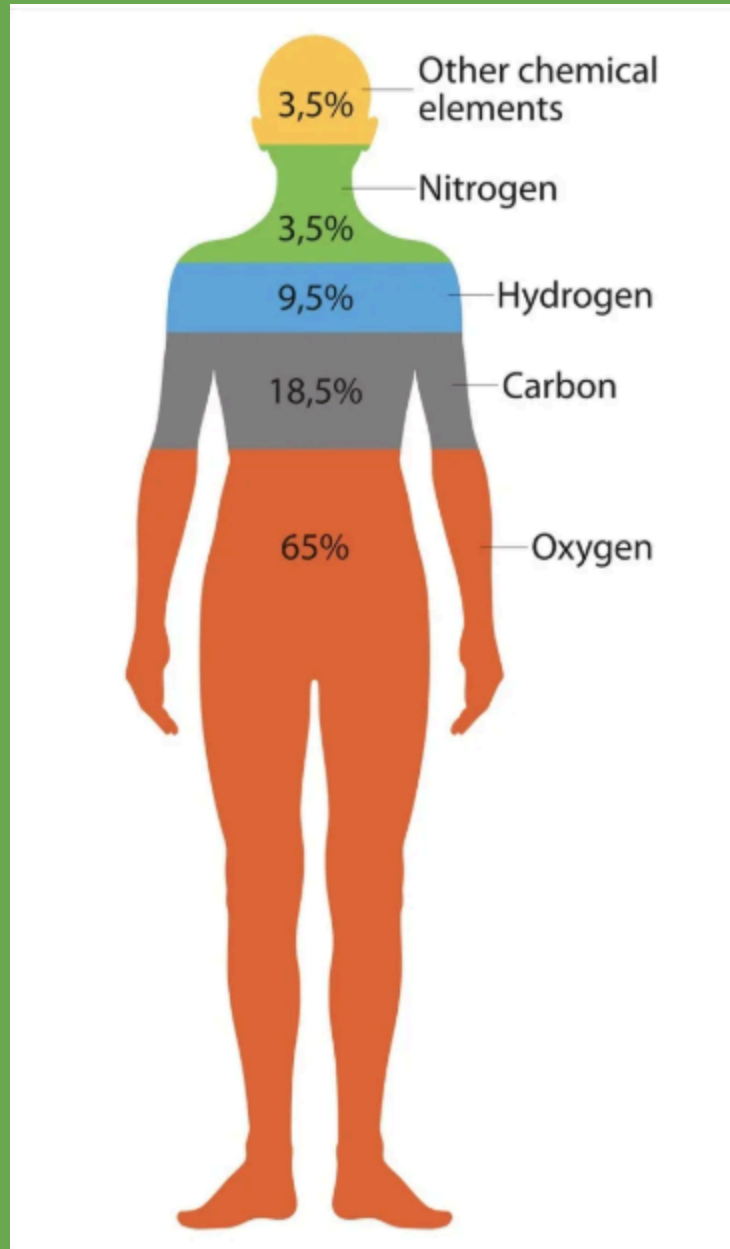
Մարդու մարմնի զանգվածի մոտ **18%-ը** բաղկացած է ածխածնից: Առանց ածխածնի մենք չէինք ունենա բջջային թաղանթներ, շաքարային մոլեկուլներ կամ **ԴՆԹ**:

The Human Body



Elemental Composition





Բայց ածխածինը ոչ միայն կյանքի մաս է, այլև ժամանակակից արդյունաբերության հիմքը: Բույսերի և ջրիմուռների հնագույն մնացորդներից ձևավորվել են հանածո վառելիքները՝ ածուխ, նավթ, բնական գազ: Դրանց այրումից մթնոլորտ են արտանետվում մեծ քանակությամբ CO_2 , ինչը հանգեցնում է գլոբալ ջերմաստիճանի բարձրացման և կլիմայական համակարգերի խախտման:

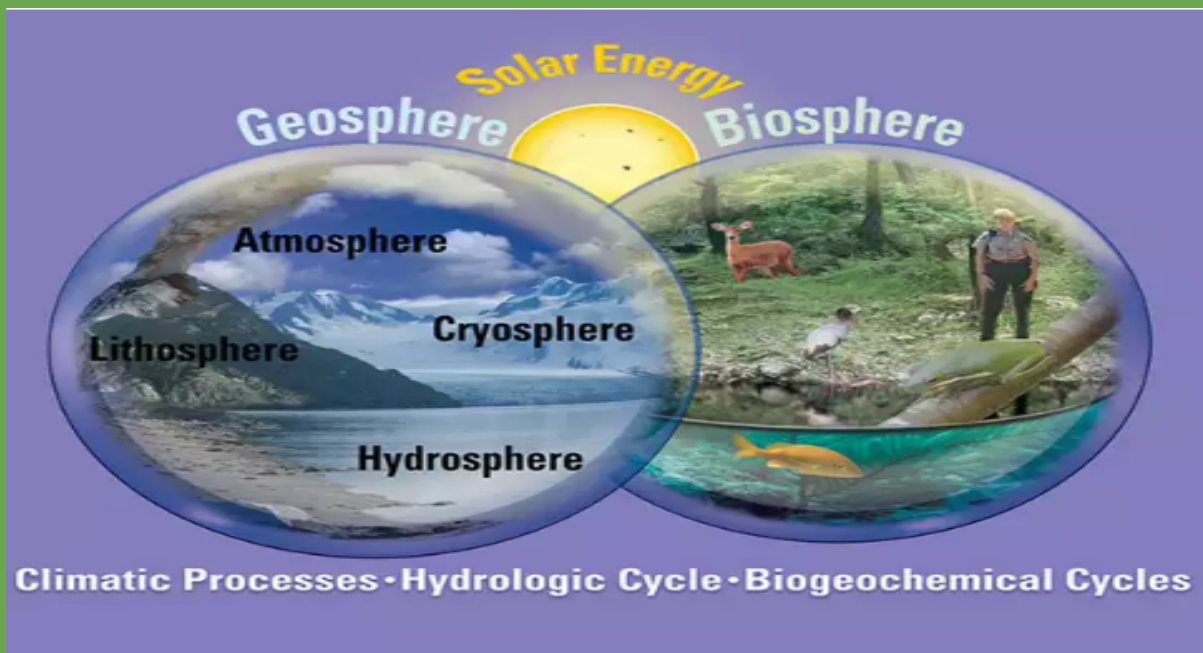


Ածխածնի ցիկլի ենթահամակարգերը

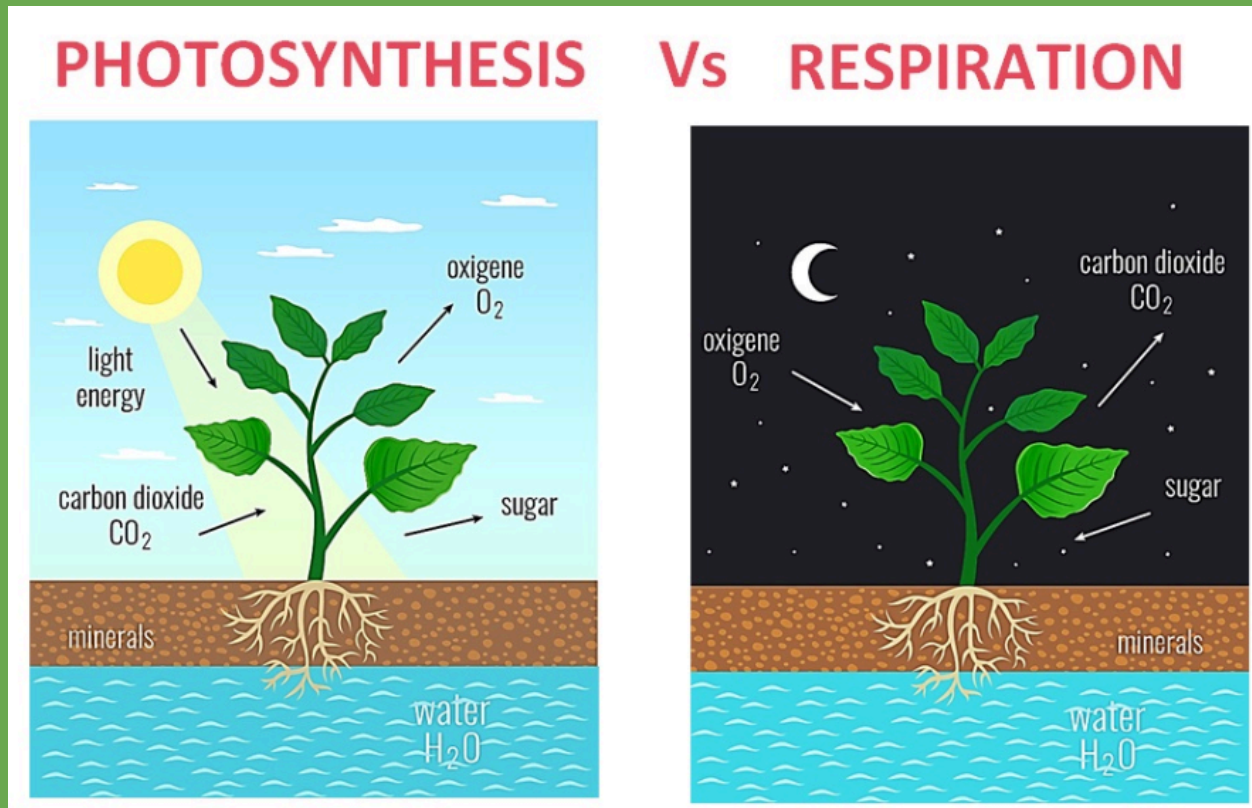
Ածխածնի ցիկլը կարելի է բաժանել երկու փոխկապակցված ենթահամակարգի՝

1. Արագ կենսաբանական փոխանակում կենդանի օրգանիզմների միջև,
2. Երկարաժամկետ երկրաբանական փոխանակում ապարների և նստվածքների մակարդակով:

Այս երկու համակարգերը սերտորեն կապված են միմյանց հետ: Օրինակ՝ մթնոլորտային և օվկիանոսային CO₂-ի նույն պաշարները օգտագործվում են ֆոտոսինթեզի համար և միաժամանակ ազդում են երկրաբանական պրոցեսների վրա:



Ֆոտոսինթեզ և շնչառություն



Մթնոլորտային ածխաթթու գազը (CO₂) ջրում լուծվելիս առաջացնում է բիկարբոնատ HCO₃⁻ իոն:

Ֆոտոսինթեզի ժամանակ բույսերը, բակտերիաները և ջրիմուռները CO₂-ը կամ HCO₃⁻-ը փոխակերպում են օրգանական մոլեկուլների՝ գլյուկոզայի և այլ միացությունների:

Այդ օրգանական նյութերը անցնում են սննդային շղթաներով, իսկ բջջային շնչառության ընթացքում կրկին վերածվում են CO₂-ի՝ վերադարձնելով ածխածինը մթնոլորտ:

Ածխածնի երկարաժամկետ պահեստավորում

Երկարաժամկետ պահեստավորում տեղի է ունենում, երբ օրգանական նյութերը՝ բույսերի կամ կենդանիների մնացորդները, մնում են հողի կամ օվկիանոսի հատակի նստվածքներում՝ ձևավորելով նստվածքային ապարներ:

Հրաբուխները ինչպես նաև հանածո վառելիքների այրումը, այդ կուտակված ածխածինը նորից վերադարձնում են մթնոլորտ:

Թեև նստվածքային ապարների ձևավորումը տևում է միլիոնավոր տարիներ, սակայն մարդու կողմից դրանց այրումը տեղի է ունենում շատ արագ՝ առաջացնելով **ածխածնի ցիկլի անհավասարակշռություն**:

Կենսաբանական ածխածնի ցիկլը

Ածխածինը մուտք է գործում բոլոր սննդային շղթաներ՝ սկսելով **ավտոտրոֆ օրգանիզմներից (autotrophs)**, այսինքն՝ ինքնուրույն սնունդ արտադրող օրգանիզմներից՝ բույսերից, ջրիմուռներից և որոշ բակտերիաներից:

Ֆոտոսինթեզի ընթացքում նրանք CO_2 -ից և ջրից արտադրում են օրգանական միացություններ (օրինակ՝ գլյուկոզ):

Այնուհետև **հետերոտրոֆ օրգանիզմները (heterotrophs)**՝ մարդիկ և կենդանիներ, օգտագործում են այդ նյութերը՝ փոխանցելով ածխածինը սննդային շղթաներով:

Բոլոր օրգանիզմները՝ շնչառության կամ քայքայման ընթացքում, կրկին արտազատում են CO_2 ՝ փակելով կենսաբանական ենթացիկլը:

Երկրաբանական ածխածնի ցիկլը

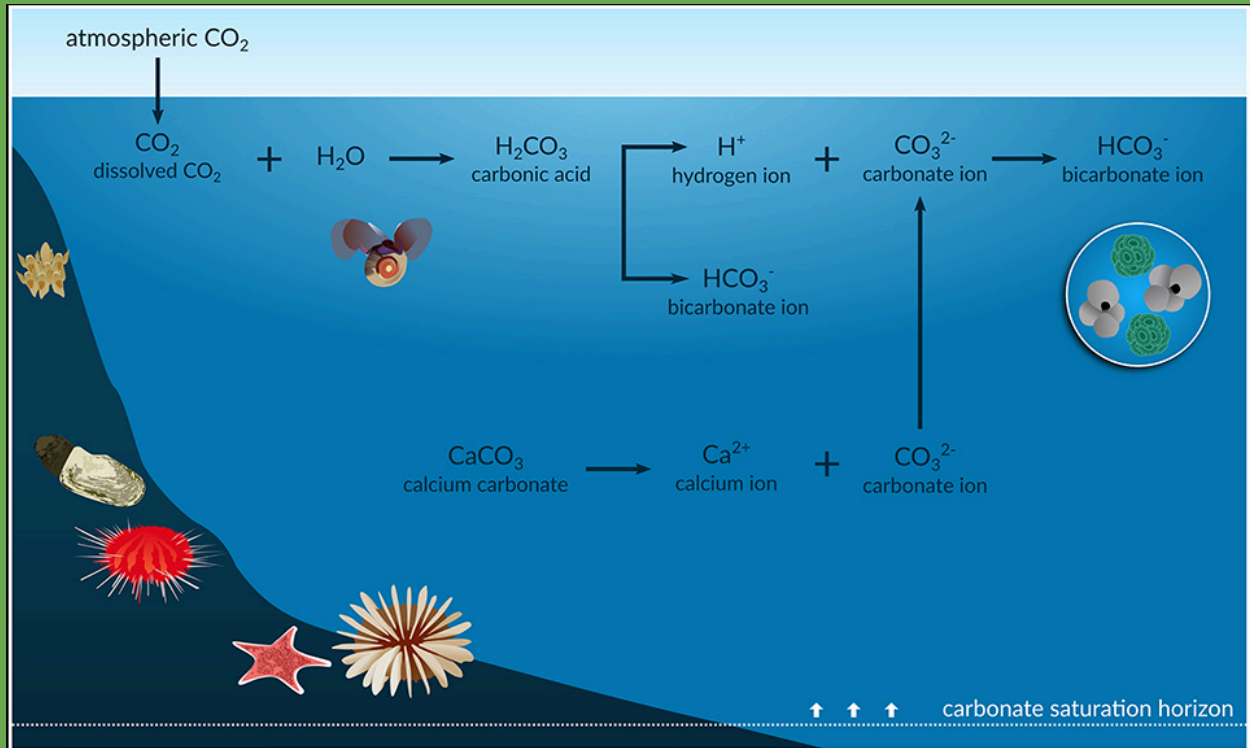
Երկրաբանական ենթահամակարգը շատ ավելի դանդաղ է: Ածխածինը պահվում է մթնոլորտում, օվկիանոսներում, հողում, ապարներում և երկրի խորքային շերտերում:

Մթնոլորտային CO_2 -ը ջրի հետ փոխազդում է՝ առաջացնելով հետևյալ հավասարակշռությունները.



Ստացված կարբոնատ (CO_3^{2-}) իոնները միանում են կալցիումի (Ca^{+2}) իոններին՝ ձևավորելով կալցիումի կարբոնատ՝ CaCO_3 , որը կազմում է բազմաթիվ ծովային օրգանիզմների՝ խեցգետնանմանների, խեցեմորթների պինդ խեցիները:

Երբ այս օրգանիզմները մահանում են, դրանց մնացորդները նստում են օվկիանոսի հատակին և ժամանակի ընթացքում վերածվում են կրաքարի շերտերի՝ որոնք հանդիսանում են **աշխարհի ամենամեծ ածխածնային պահեստը**:



Մարդու ազդեցությունը ածխածնի ցիկլի վրա

Արդյունաբերական հեղափոխությունից ի վեր՝ հանածո վառելիքների պահանջարկը կտրուկ աճել է:

Այդ վառելիքները՝ ածուխը, նավթը, գազը, **չվերականգնվող ռեսուրսներ են**, քանի որ դրանց ձևավորումը տևում է միլիոնավոր տարիներ, իսկ օգտագործումը՝ ընդամենը տասնամյակներ:

Հանածո վառելիքների այրումը մթնոլորտ է արտանետում մեծ քանակությամբ CO_2 :

Բացի այդ, **անտառահատումները** նվազեցնում են ածխածնի կլանման հնարավորությունները, քանի որ ծառերն ու բույսերը բնական CO_2 կլանողներ են:

Թեև այս ավելցուկային CO_2 -ի մի մասը կլանվում է բույսերի կամ օվկիանոսների կողմից, այդ գործընթացը չի բավարարում՝

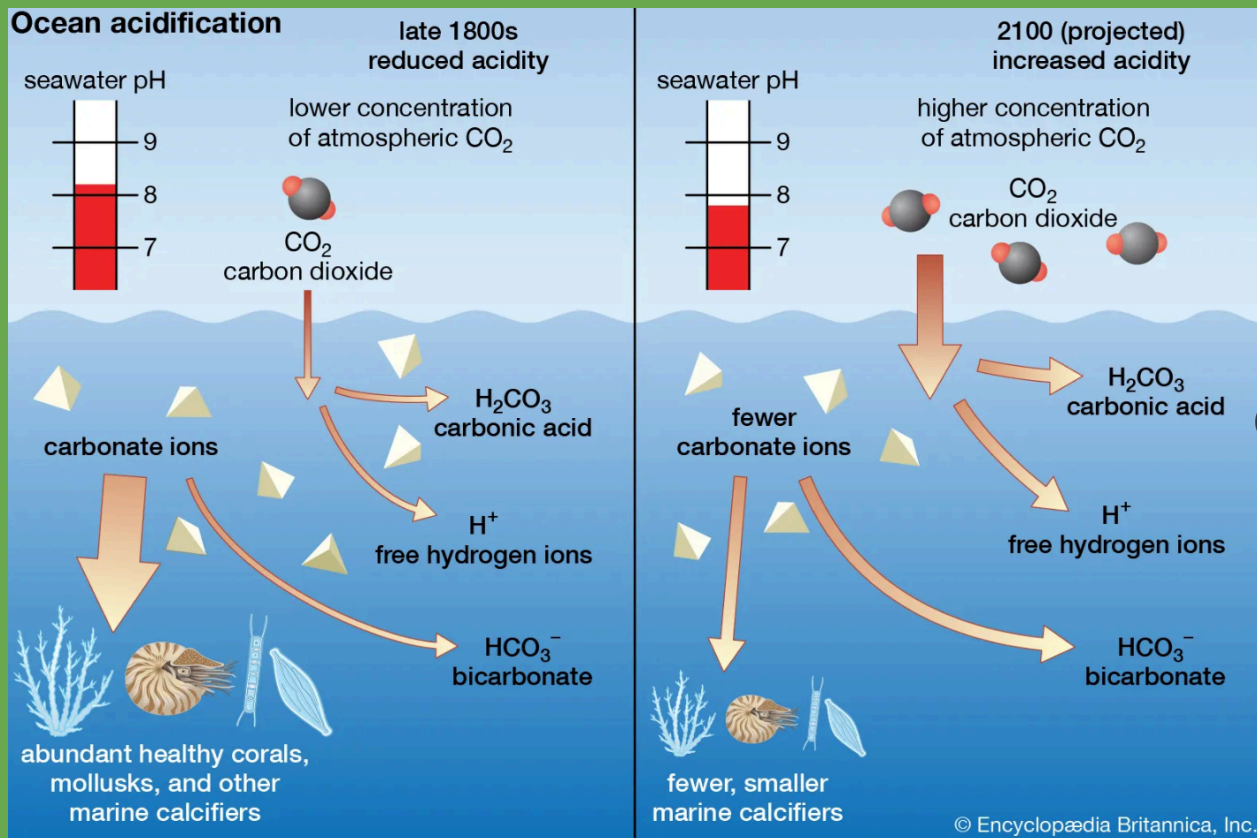
մթնոլորտային CO_2 -ի մակարդակն աճում է և շարունակում է աճել:

Օվկիանոսի թթվայնացում

Օվկիանոսների կողմից ավելորդ CO_2 -ի կլանումը առաջացնում է ջրի թթվայնացում: Ինչպես վերևում ցույց տրված է՝ CO_2 -ը ջրում լուծվելիս առաջացնում է H^+ իոններ՝ նվազեցնելով pH-ը:

Դա հանգեցնում է CO_3^{2-} -ի քանակի նվազմանը, ինչի հետևանքով ծովային օրգանիզմները դժվարությամբ են ձևավորում իրենց կալցիումային կեղևները (CaCO_3):

Արդյունքում՝ վնասվում են խեցգալիկ շերտերը, տեղի է ունենում **coral bleaching** (կորալների գունաթափում) և խախտվում է ամբողջ ծովային էկոհամակարգը:



Համաշխարհային ածխածնային բյուջե (Global Carbon Budget)

Համաշխարհային ածխածնային բյուջեն ներկայացնում է **բոլոր ածխածնային հոսքերի ընդհանուր հաշվեկշիռը**՝ մթնոլորտ, օվկիանոս, հող և կենսոլորտ:

Այն որոշում է՝ արդյոք տվյալ համակարգը գործում է որպես **ածխաթթու գազի աղբյուր (source)**, թե **կլանիչ (sink)**:

Այս հաշվեկշիռը կիրառվում է հասկանալու՝ որքան ածխաթթու գազ կարելի է արտանետել առանց այն, որ գլոբալ տաքացումը գերազանցի 1.5 °C շեմը:

Այսպիսով

Ածխածինը կյանքի հիմքն է. մեր առողջությունը, սնունդը և քաղաքակրթությունը հիմնված են դրա վրա:

Սակայն մեր անխնա օգտագործումը հանգեցրել է գլոբալ տաքացման և կլիմայի փոփոխության լուրջ հետևանքների:

Ածխածնի ցիկլի խախտումը վտանգում է ոչ միայն էկոհամակարգերը, այլև մարդկության ապագան:

Ջեռնաբար անհրաժեշտ է ստեղծել **գիտականորեն հիմնավորված և արդարացի ածխածնային բյուջե**, որը կապահովի երկրի կայուն էներգետիկ, կենսաբանական և կլիմայական ապագան:

Յղումներ և գիտական աղբյուրներ.

- IPCC Sixth Assessment Report (AR6, 2023)
- NASA Earth Observatory — *Carbon Cycle Basics*
- NOAA Climate.gov — *Understanding Carbon in the Atmosphere*
- Global Carbon Budget (2024), Global Carbon Project
- UNEP Climate Action Portal — *Carbon Management Initiatives*
- <https://www.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-carbon-cycle>
- <https://www.jagranjosh.com/general-knowledge/environment-ecology-a-complete-study-material-1464852780->

Աիդա Սարգսյան, ԲԾԻԳ ՊՅ