

### 2.4.2. Зовнішні зв'язки глобальних екосистем

Земля, створена і існуюча як частина Сонячної системи, яка в свою чергу є мікроскопічною часткою Галактики, відчуває різноманітний вплив Космосу (ближнього і дальнього).

У Всесвіті встановилася рівновага між енергіями магнітного поля, космічних променів і міжзоряного газу. Галактичне магнітне поле утримує космічні промені, і їх потоки ідуть на Землю з усіх боків. Сонце додає до цього опромінювання свою долю – сонячний вітер.

Температура теплового випромінювання Всесвіту дорівнює всього 3К (мінус 270 градусів по шкалі Цельсія). Вона називається реліктовою, тобто залишковою від далекого минулого. 12-18 мільярдів років тому, коли внаслідок Великого Вибуху утворилася наша Галактика, температура складала  $10^{10}$ К.

Розподіл речовин у Всесвіті нерівномірний – основна її маса знаходиться в ущільнених об'єктах. Планетарні туманності розширюються із швидкістю 15-30 кілометрів за секунду. Утворюються нові зірки і гинуть старі. Вважається, що 600 мільйонів років є циклом катастрофічних спалахів наднових зірок з велетенським викидом радіації, яка впливає на біосферу Землі.

Сонячна система утворилась біля 5 млрд. років тому з космічного пилу і є однією з багатьох мільярдів складових нашої Галактики – Чумацького шляху. Галактика рухається з швидкістю 600 км/с і завершує одне повне коло за 220 мільйонів років (галактичний рік).

Центр маси Галактики не сконцентровано в одному місці, тому траєкторія руху Сонячної системи міняється з циклом біля 200 років. На 4-5% змінюється і швидкість обертання, що впливає на характер руху вод і повітря на Землі.

Сонячна система складається з Сонця, дев'яти планет з супутниками, астероїдів, багатьох небесних тіл. Через систему проходять комети, метеори, метеорити та інші “гості” з космосу.

*Сонце* – плазменний шар – жовта, “холодна” зірка другого покоління класу G<sub>2</sub>. Маса  $199 \times 10^{25}$  т, що складає 99,87 процента маси всієї Сонячної системи. Густина 1,41 грама на кубічний сантиметр. Температура поверхні 6000 градусів Цельсія, а в надрах – 20 мільйонів.

Сонце обертається навколо вісі з періодом 24,65 земної доби. Сонячна система рухається з швидкістю 250 кілометрів за секунду навколо вісі Галактики і завершує повне коло за 180 мільйонів років.

Склад Сонця: по кількості атомів – водень 90,7%, гелій 9,1%; по масі – водень 70%, гелій 27%. Склад постійно змінюється, оскільки за одну секунду 657 мільйонів тонн водню перетворюється в 652,5 мільйона тонн гелію, а 4,5 мільйона тонн маси переходить в тепло завдяки термоядерній реакції. Але з таким твердженням погоджуються не всі фахівці.

Кожен квадратний метр поверхні випромінює 1,36 кіловата енергії (так звана “сонячна постійна”). З усієї поверхні Сонця випромінюється велетенська енергія –  $3,83 \times 10^{23}$  кВт. До Землі доходить лише половина мільярдної частини цієї енергії, тобто  $1,75 \times 10^{14}$  кВт.

Енергія Сонця розповсюджується у вигляді коливань у діапазоні частот  $\lambda = 1 \dots 10^5$  нм. Переважна кількість сонячної енергії – це теплове випромінювання ( $\lambda = 400 \dots 800$  нм). Значно менше енергії випромінюється в ультрафіолетовому ( $\lambda = 1 \dots 100$  нм), фіолетовому ( $\lambda = 220 \dots 290$  нм) та інфрачервоному ( $\lambda = 10^2 \dots 10^5$  нм) спектрах коливань.

Теплове випромінювання, а також інтенсивність інфрачервоного спектра Сонця постійне. Широко відома “сонячна активність” із циклом в 11 років та з іншими періодами циклічності, яка враховує зміни в інтенсивності: а) “жорсткого” (ультрафіолетового та рентгенівського) діапазону; б) “сонячного вітру” – плазми сонячної корони; в) сонячних плям – не має впливового значення на кількість енергії. Різниця в величині сонячної постійної року високої активності Сонця і року низької активності складає  $\pm 0,15\%$ . Але не можна ігнорувати можливий короточасний вплив сонячних аномалій на біосферу Землі чи погоду на планеті.

Магнітне поле Сонця простягається на 4,5 мільярда кілометрів і значно впливає на Землю. Магнітні сонячні полюси через 22 роки міняються, що перш за все впливає на сонячні плями – джерела викидів протонів високих енергій – зникають старі і зароджуються нові.

Велике значення для біосфери має космічна радіація, яка для людей, наприклад, забезпечує біля 20 відсотків річної ефективної еквівалентної дози шкідливого опромінювання. Інтенсивність радіації значно зростає при піднятті над рівнем моря: в горах – в декілька разів, на висоті 10 кілометрів – в 25 разів.

*Місяць* – супутник Землі, який обертається навколо неї на середній відстані, рівній 30 діаметрам планети. Співвідношення їхніх мас 1 : 81,3. Середня густина місячної речовини – 3,34 грама на кубічний сантиметр, що на десять відсотків більше густини земної кори. Тепловий потік з надр Місяця втричі слабкіший за земний. Але внутрішні процеси продовжуються – до трьох тисяч місяцетрусів за рік фіксують сейсмометри, встановлені на поверхні супутника.

Місяць завдяки відносно великій масі і малій відстані до планети відчутно впливає на Землю. Під впливом місячного притягіння Земля відхиляється від середньої орбіти траєкторії руху навколо Сонця – траєкторія хвиляста з амплітудою в 4,7 тисячі кілометрів. Під час повнолуния, коли Сонце і Місяць опиняються по різні боки Землі, ми на півтора земних радіуса ближче до Сонця, ніж у новолуння.

Місячне тяжіння, крім вказаного, деформує ту частину поверхні Землі, яка обернена до супутника, – “підтягаються” не лише атмосферні маси і вода, а і ділянки земної кори. Широко відомі приливи і відливи океанських вод, амплітуда яких може досягти 10 і більше метрів, є наслідком дії гравітаційних сил маси Місяця та (значно меншою мірою) Сонця.

Юпітер, Венера та інші *планети* впливають на Землю значно меншою мірою, але в достатній для врахування. Перш за все мова йде про вплив планет на земну орбіту.

Час (тисяч років)	зараз	25	50	75	100	125	150	175	200	600	800
Ексцентриситет	0,014	0,003	0,008	0,011	0,014	0,020	0,031	0,027	0,030	0,050	0,005

Зміна ексцентриситету впливає на теплову рівновагу Землі і на її клімат.

На завершення можна підкреслити, що космічний вплив на глобальні природні системи є життєво важливим і має як регулярний, так і випадковий характер.

Особливе місце займає Сонце, постійний потік енергії якого забезпечує існування життя на Землі.

На стаціонарні процеси накладаються регулярні та нерегулярні коливання з різноманітними значеннями періоду коливань, а також випадкові процеси, що робить загальну картину космічного впливу поки що непрогнозованою.

*Земні надра* як за складом, так і за параметрами та процесами значно відрізняються від земної кори. В табл. 2.17 наведені дані про хімічний склад літосфери Землі.

Таблиця 2.17

## Склад літосфери

Район літосфери	Вміст хімічного елемента (%)						
	Кисень	Залізо	Кремній	Алюміній	Магній	Кальцій	Інші
Земна кора	37	5	27	11	< 1	4	>15
Земні надра	29	30	15	< 1	13	< 1	< 11

Хімічний склад впливає на густину речовини: якщо густина земної кори дорівнює 3, то густина земних надр майже вдвічі більша – 5,5 грама в кубічному сантиметрі.

Температура літосфери підвищується по мірі заглиблення: на кожні 100 метрів нижче трьох кілометрів від поверхні температура збільшується на 2,5°C, на глибині десять кілометрів вона дорівнює 180°C. Тепло йде з надр, температура яких більша 1000°C. За розрахунками Земля за 4,5 мільярда років існування виділила половину своєї внутрішньої енергії –  $31,7 \times 10^{30}$  джоуля.

Енергія надр витрачається на землетруси, створення гір і островів, рух материків, виверження вулканів, виділення теплоти в атмосферу та гідросферу Землі.

Згідно з гіпотезою модульної побудови планети земна кора “плаває” на гранітних “подушках” товщиною в 15-20 кілометрів.

Тектонічних плит багато, з них найбільших – шість: Євразійська, Африканська, Антарктична, Індо-Австралійська, Американська, Тихоокеанська. Плити рухаються із швидкістю в декілька сантиметрів на рік. Там, де дві плити розходяться, утворюється нова земна кора, де зближуються – одна заходить під іншу, викликаючи землетруси та інші природні катаклізми.

Кордони тектонічних плит проходять під океанами.

Вважається, що на землетруси витрачається близько одного відсотка енергії тектонічних процесів. Енергія, котру несе сейсмічна хвиля, дорівнює  $E = \rho \cdot c \cdot v^2$  (тут  $\rho$  – густина порід,  $v$  – швидкість коливань,  $c$  – швидкість хвилі від 5,6 для гранітів до 0,6 км/с для піщаних ґрунтів).

Більше енергії потребує рух земної кори і материків, який постійно змінює поверхню планети.

Сучасні материки з'явилися порівняно недавно: 85 мільйонів років тому Північна Америка відокремилась від Європи, 135 мільйонів років назад розділилась Африка і Південна Америка, 250 мільйонів років тому почали розпадатися праматерики Гондвана і Лавразія, які в свою чергу утворилися з єдиної Пангеї.

Берингова протока з'явилася всього шість тисяч років тому. Зараз Скандинавський півострів піднімається за рік на один сантиметр, а Гімалаї “ростуть” на два сантиметри. Відстань між Новим та Старим світом збільшується за рік на три-чотири сантиметри. Швейцарію “стискує” – відстань між кордонами зменшується, а висота Альп збільшується на декілька міліметрів за рік. І так по всій планеті.

Енергетичний потенціал надр розподілено по планеті (як по глибині, так і по площині) нерівномірно. Те ж саме стосується і густини речовин. Тому в різних географічних регіонах прояви впливу надр на літосферу, гідросферу і атмосферу значно відрізняються.

Складна і в багатьох складових нез'ясована картина поведінки земних надр ще більш ускладнюється космічним впливом. Наприклад, відхилення від середнього значення траєкторії чи кутової швидкості обертання Землі, про які йшлося раніше, безумовно, впливають на систему сил, діючих на тектонічні плити.

Як земна кора, так і надра містять велику кількість рудних матеріалів (табл. 2.17). Серед земних руд особливе місце займають

радіоактивні ізотопи, які зустрічаються в різних концентраціях у гірських породах. Це перш за все калій-40, рубідій-87 та члени двох радіоактивних родин – урану-238 і торію-232 – довготривалих ізотопів, які входять до складу літосфери з самого її народження. Рівні земної радіації різні і залежать від концентрації радіонуклідів у тій чи іншій ділянці земної кори – різниця доходить до 100-250 разів.

За даними ООН, середня ефективна еквівалентна доза, котру отримує людина за рік від земного опромінювання, трохи більша за дозу від космічного опромінювання.

Приблизно 2/3 дози опромінювання від природних джерел людина отримує, вживаючи воду, їжу та повітря. В повітрі переважає радон – важкий газ (густина в 7,5 раза більша, ніж у повітря), який вивільнюється з земної кори і накопичується в непровітрюваних ділянках і замкнених об'ємах. Вважається, що радон дає половину дози опромінювання людини від вказаних 2/3.

Порівнюючи вплив космосу і надр на глобальні природні екосистеми, слід зазначити наступне:

- космічні зовнішні зв'язки більш різноманітні і стабільні, ніж надрові;
- енергетичний постійний космічний зв'язок забезпечує 99% надходження енергії в систему;
- незважаючи на відносно незначну роль надр у забезпеченні енергією біосфери, внаслідок імпульсивності надходження цієї енергії вплив її на процеси в системі великий. Він проявляється, як правило, у вигляді природних надзвичайних ситуацій;
- кількість теплової енергії, яка надходить від Сонця, дорівнює кількості енергії, що випромінює Земля в космос, чим забезпечується незмінність середньої багаторічної температури приземного шару атмосфери. Відрізняється якість енергії: Сонце випромінює енергію в спектрі  $\lambda = 1 \dots 10^5$  нм, а Земля –  $\lambda = 10^4 \dots 10^6$ .

### ***Контрольні запитання і завдання***

1. Перелічити види космічного впливу на глобальні природні екосистеми.

2. Перелічити енергетичні зовнішні зв'язки глобальної екологічної природної екосистеми.
3. Дати характеристику “сонячної активності”.
4. Дати класифікацію сонячної енергії.
5. Дати характеристику впливу Місяця на глобальні природні екосистеми.
6. Охарактеризувати енергетичні надрові зв'язки глобальних