

ТЕКСТИ ЛЕКЦІЙ

Розділ 1. ЗЕМЛЯ У ВСЕСВІТІ

1.1. Загальна характеристика Всесвіту

1.1.1. Склад Всесвіту

Земля – частинка безмежного мінливого Всесвіту, яка підкоряється загальним законам, взаємодіє з величезною кількістю космічних об'єктів. Вивчення Землі як цілого і окремих оболонок неможливо без вивчення її положення у Всесвіті, без урахування космічних впливів.

За сучасними даними, Всесвіт утворився біля 15 млрд. років тому – в результаті колосального вибуху. На перших етапах швидкість його розширення була дуже велика, з часом стала зменшуватися і зараз становить 30 км/с. Наш Всесвіт – це замкнута модель. По ній Всесвіт повинен розширюватися ще 35 млрд. років, а потім почне стискатися упродовж 50 млрд. років, і врешті-решт перетвориться в мініатюрну частку – так званий суперадрон. Її повний цикл від стискання до розширення – 100 млрд. років. Цикл повторюється.

До останнього часу вважалося, що основна маса речовини вміщується в зірках у вигляді іонізованого газу-плазми, у планетах та інших небесних тілах у вигляді атомів та молекул. Але на початку 80-их років фізиками було чітко встановлено, що частки – нейтрино – мають масу. Вони заповнюють міжзірковий і міжгалактичний простір. У кожному см³ їх 450 (по 150 кожної пари: тау, мю, електронних). Загальна маса їх у Всесвіті у 100 раз більша маси зірок і галактик. Крім того, кожний см³ заповнений реліктовими випромінюваннями у кількості 500 фотонів. Їх загальне число в декілька мільярдів разів більше загальної кількості атомів у Всесвіті. Його сумарна енергія перевищує світлову енергію зірок за весь час їх існування. Але маса їх невелика. Зараз відкрита найменша час тинка –тріада (природа якої і матеріальна, і духовна, і психічна).

1.1.2. Будова Всесвіту

Учені зараз можуть спостерігати лише за невеликою частиною Всесвіту. Ця «видима» частина називається Метагалактикою. Її розміри в 30 тисяч мільярдів раз більш, ніж відстань від Землі до Сонця. Як Всесвіт, так і Метагалактика, складається з галактик – грандіозних за кількістю зірок та розмірами зіркових систем. Якщо при утворенні згущення речовини оберталися навколо центру, то виникли спіральні галактики, до яких відноситься і наша. Галактики котрі не оберталися, стали еліптичними, якщо оберталися, але не було певного центру, то виникли неправильні Галактики. Всього у Всесвіті 10^{14} галактик і 10^{22} зірок.

1.1.3. Класифікація небесних тіл

Найважливіші видимі космічні об'єкти – зірки. Вони дуже різні, на різних стадіях розвитку. За температурою бувають холодні зірки ($3500-6000^{\circ}$) і гарячі ($25000-35000^{\circ}$). За світимістю бувають зірки-гіганти (висока світимість, велика площа випромінювання, мала щільність речовини) і зірки-карлики (низька світимість, малий об'єм, велика щільність). Багато зірок змінюють блиск і є перемінними. Спалахують нові та понаднові зірки. На місці понаднової зірки, котра спалахнула в 1054 році знаходиться Крабовидна туманність зі пульсуючим випромінюванням – пульсар. Загальна теорія походження зірок – шляхом ущільнення газопилової матерії під дією сил тяжіння та магнітного

поля. Речовина накопичується у місцях зосередження хмар нейтринного газу – так званих гравітаційних ямах. У ці ями стікався водень та гелій, тобто матеріали які формують зірки та галактики. Спочатку зірка – червоний гігант, котрий може або вибухнути як понаднова зірка, або стискатися до білого карлика, а потім до «чорної діри».

Крім зірок, котрі складаються із іонізованого газу – плазми, у Всесвіті є малі планети – астероїди, метеороїди, метеори, комети, космічний пил. Малі планети мають невеликі розміри порівняно з планетами. Їхній діаметр становить від 1 до 1000 кілометрів. У тіл таких малих розмірів не може бути сфероїдальної форми. Усі астероїди являють собою безформенні брили. Великих астероїдів не так уже й багато. Найбільш крупні – Церера (поперечник 1 000 км), Палада (610 км), Веста (540 км), Гігея (450 км). Переважна більшість(98%) астероїдів рухається між орбітами Марса і Юпітера. Ця зона називається поясом або кільцем астероїдів. Астероїди Ікар, Гермес, Ерос рухаються поза поясом астероїдів, причому в перигелії Ікар підходить до Сонця удвоє ближче, ніж Меркурій, а Гермес і Адоніс - ближче Венери. Ці астероїди можуть зближуватися із Землею на відстань від 6 до 23 млн. кілометрів. Астероїд Гідальго в афелії віддаляється за орбіту Юпітера. Менші безформенні тіла, котрі рухаються по орбітах, називаються метеороїдами.

Комети одержали свою назву від грецького косметес - хвостата. Дійсно, яскраві комети, котрих видно неозброєним оком, мають величезні хвости. В структурі комет розрізняють голову, котра складається із зіркоподібного на вигляд ядра, оточеного оболонкою або комою, і хвоста. Ядра комет складаються із замерзлих газів, укралень пилу, кам'яних і металевих часточок різних розмірів. Серед газів зустрічаються аміак, метан, вуглекислий газ, ціан, азот, тощо. Розміри ядер порівняно невеликі – кілометри й десятки кілометрів. Із наближенням до Сонця ядро поступово прогрівається, гази піднімаються угору та утворюють кому. Ультрафіолетове випромінювання Сонця викликає флуоресцентне світіння газів коми. Хвіст комети утворюється із коми під тиском сонячних променів і сонячного вітру

1.1.4 .Наша Галактика

Наша Галактика утворилася 10 млрд. років тому. В ній зосереджено 200 млрд. зірок (із Землі видно 2 млрд.) і більше 100 туманностей. Найближчі галактики до нашої Галактики – Снікерс (55 тисяч світлових років) та Магелланові хмари (150 тисяч світлових років). Наша галактика складається із двох спіральних рукавів У її центрі знаходиться ядро, в якому зосереджено 10 % маси Галактики. Сонце знаходиться на периферії рукава Оріона на відстані 32 600 світлових років від ядра Галактики і обертається навколо нього зі швидкістю 250 км/с. А Земля навколо Сонця обертається зі швидкістю 30 км/с, а Галактика відносно випромінювання у космосі рухається зі швидкістю 600 км/сек. У розрізі від північного галактичного полюсу до південного вона має форму чечевиці діаметром 100 тисяч світлових років і товщиною в області ядра – 1000 світлових років.

1.2. Сонячна система

1.2.1. Загальна характеристика Сонця

У центрі Сонячної системи знаходиться Сонце – зірка, яка не належить до зіркової асоціації. Це рядова одиночна зірка, яка повільно обертається у

центральної площині Галактики на відстані $2/3$ її радіусу . Вік Сонця – до 5 млрд. років. Відстань до найближчих зірок (Проксима Центавра – 1,31 п), а тим більше до туманностей дуже велика, тому нашу систему планет можна вважати значною мірою ізольованою і розглядати її еволюцію лиш під впливом внутрішніх чинників.

Сонце –зірка середньої величини і світимості, величезна газова куля, котра складається із водню(70%) і гелію(29%). Діаметр Сонця – 1 392 000 км (109 радіусів Землі), середня густина – $1,41\text{г/см}^3$ (у внутрішніх частинах більше 100г/см^3 , у зовнішніх менше, ніж у атмосфері). Температура поверхні – 6 000, у внутрішніх частинах – 16 000 000.

Сонце випромінює енергію – ультрафіолетову, видимі та теплові промені та рентгенівське випромінювання. Із Сонця весь час витікає плазма швидкістю 300-400 км/сек. Це сонячний вітер, який під час спалахів на Сонці досягає Землі. Видиме випромінювання постійне, а ультрафіолетове й рентгенівське змінюється при зміні активності Сонця. Сонячні спалахи приводять до посилення ультрафіолетового, рентгенівського випромінювання, радіовипромінювання, викидаються корпускули – частки сонячної речовини. Все це впливає на земні процеси. Сонячна активність має періодичність – 11 років, 22 (магнітний цикл), 80-90 років.

Земля постійно знаходиться під дією Сонця – єдиного джерела енергії. Циклічність сонячної активності має наслідком циклічність географічної оболонки. У причинну залежність від ступеня напруженості сонячної активності поставлені такі явища: магнітні бурі, частота полярного сяяння, кількість ультрафіолетової радіації, інтенсивність грозової діяльності, температура повітря, атмосферний тиск, опади, рівень озер, рік, ґрунтових вод, солоність та льодовитість морів, землетруси. У періоди сонячної активності поглиблюються циклони і посилюються антициклони.

Корпускулярний потік збільшує добову різницю тиску, порушує стійкість атмосфери. тобто спусковим механізмом для тропосферних процесів. Сонячна активність впливає на організми: відбувається масова поява шкідників лісу й сільськогосподарських культур (сарани), розмноження і міграція гризунів, промислових риб, хутрових звірів. Посилення сонячної активності впливає на хвороби: вірусні, серцево-судинні, повторюваність епідемій, урожайність сільськогосподарських культур.

1.2.2 . Склад та будова Сонячної системи

У Сонці зосереджено 99,86 % маси системи і лише 2 % загального моменту кількості руху. Крім Сонця, у системі 8 великих планет, які мають 54 супутники, тисячі малих планет (астероїдів) – між орбітами Марса і Юпітера. Великі планети розташовані у такому порядку – Меркурій, Венера, Земля, Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун. Проміжки між орбітами планет по мірі віддалення від Сонця зростають. Сонце і планети рухаються навколо спільного для них центру тяжіння, але планети описують великий еліпс, а Сонце – дуже маленький.

Основна сила, яка керує рухом тіл Сонячної системи сила, це сила тяжіння. Тобто сила тяжіння Сонця впливає на швидкість руху Землі по орбіті. Крім того, впливає сила тяжіння Місяця на утворення припливів і відпливів. У

меншій мірі діють на Землю інші планети. На далекій периферії Сонячної системи знаходиться кометна хмара Оорта.

1.2.3. Закони руху планет Кеплера

Кеплер установив закони руху планет:

1-й закон: усі планети рухаються по еліпсах, в одному із фокусів яких знаходиться Сонце.

2-й закон: радіус–вектор планети за рівні проміжки часу описує рівновеликі площі.

3-й закон: квадрати часу обертання планет навколо Сонця пропорційні кубам великих напівосей їх орбіт або середніх відстаней від Сонця.

1.2.4 . Походження Сонячної системи

О.Ю. Шмідт автор гіпотези про походження Сонячної системи, яка згодом перетворилася у загальноприйнятую космогонічну теорію. У відповідності з цією теорією під дією довільного ущільнення або імпульсу ззовні (вибух поблизу однієї або кількох понаднових зірок) утворюються протозірки з планетними системами. Нові дані підтвердили висновок Шмідта про те, що Сонячна система утворилася із газопилової туманності 5 млрд. років тому. Сонячна система сформувалася в екваторіальній площині Галактики із газопилової хмари масою, яка в 2 рази більша маси сучасного Сонця. Хмара складалася із легких компонентів – водню, гелію, азоту, кисню, парів води, метану, вуглецю, пилинок з оксидів кремнію, марганцю, заліза. Утворилось воно в результаті вибуху понаднової зірки і своєрідного вприскування в первісний газ із водню та гелію більш важких елементів. Температура хмари досягала 220^{0C}. Під дією ударної хвилі, виникаючих ущільнень і поля гравітацій з них утворилися Сонце і планети. Сонячне ядро утворилося у результаті осідання речовин, проходять ядерні реакції і за 50 млн. років зірка перетворилася у справжнє Сонце.

Молоде Сонце з сучасною масою було оточене дископодібною газопиловою хмарою розміру сучасної Сонячної системи яка оберталася навколо Сонця.(зі масою 3-5% маси Сонця). На першій стадії пиловий шар розпадався на пилові згущення. Ці згустки при обертанні ущільнюються, а при зіткненні об'єднуються. Таким чином, створюється рій до планетних тіл. Більші тіла притягують менші, і менші падають на них, або при зіткненні розпадаються на більш дрібні фрагменти. В результаті залишаються найбільш великі тіла, які зростають за рахунок сусідніх малих. І так до тих пір, поки відстані між великими планетними тілами не стануть достатньо великими, щоб взаємні гравітаційні впливи не змогли порушити стійкість їх орбіт на протязі млрд. років. Це і визначало відстань між планетами та їх масу.

Землеподібні планети формувалися 100 млн. років, Юпітер, Сатурн – 500 млн. років, Уран, Нептун – 1млрд. років тому. Астероїди відкрили тому, що вчені повірили в закон планетних відстаней Тіціуса – Боде і на конгресі в 1796 році прийняли проект пошуків планети якої не вистачало. 1 січня 1801 року була відкрита Церера (діаметром більше 800 км), а в 1802 році – Паллада. Утворення планети в поясі астероїдів було перервано на проміжній стадії із-за близькості масивного Юпітера, який встиг вирости раніше і своїм гравітаційним впливом зробив більшою швидкість руху, а тому об'єднання часток перейшло у дроблення та руйнування.

1.2.5 . Обертання Сонячної системи навколо центру Галактики

Сонячна система обертається навколо ядра Галактики за 176 млн. років – аномалістичний або галактичний рік. При віддаленні від ядра Галактики Сонце і планети стискаються за рахунок зменшення галактичного гравітаційного поля. Унаслідок стиснення надра Землі розігріваються. При цьому дрейф літосферних плит мінімальний, але активізуються тектонічні процеси, гори підвищуються, йде зледеніння планети – цикл 88 млн. років.

При наближенні до ядра зростає гравітаційне поле Галактики, йде розширення Сонця і планет. Дрейф літосферних плит максимальний, рельєф знижується, площа зледеніння зменшується, альbedo Землі знижується, відбувається потепління.

1.2.6 .Характеристика планет Сонячної системи

Планети поділяються на дві групи. Перша група планети земного типу: Меркурій, Венера, Земля, Марс. Складаються із Fe і Ni. Чим ближче до Сонця, тим більша частка цих металів у тілі планети. Наприклад, Меркурій на 2/3 складається із Fe, Марс - на 1/4. Вони порівняно невеликі, по орбіті рухаються швидше, більш щільні. Оскільки вони формувалися поблизу Сонця, то під дією його випромінювання леткі речовини (водень, гелій та інші) були «видуті» на периферію Сонячної системи. Тому ці планети сформовані із силікатів та інших важких елементів та їх сполук.

Планети-гіганти (Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун) мають великі розміри, велику масу, але малу щільність. Для них характерна більша швидкість осьового руху, менша орбітальна швидкість. Вони одержують менше сонячної енергії, складаються із водню, гелію, легко летючих сполук.

Планета Меркурій

Найближча до Сонця планета Меркурій менше Землі приблизно у три рази. Меркуріанська доба більше земної у 176 разів. Доба на Меркурії у два рази довша, ніж його рік. Сонячного тепла ця планета одержує приблизно у 7 разів більше, ніж Земля. Удень температура підвищується до +400 С⁰ і вище, а вночі знижується до – 200 С⁰. Такі величезні перепади температур зумовлюють інтенсивне фізичне вивітрювання.

Оскільки сила тяжіння на Меркурії у 3 рази менше, ніж на Землі, то він може утримати лише дуже розріджену атмосферу. Вона має густину приблизно як на Землі на висоті 50 кілометрів і складається із гелію. Припускають, що вона утворена із корпускул «сонячного вітру», захопленого гравітаційним полем планети.

Розріджена атмосфера не забезпечує захисту від метеоритів. Поверхня Меркурія зрита кратерами різних розмірів і разюче схожа на поверхню Місяця. Меркурій складається із гірських порід із великою густиною (5,44 г/см³) і має розплавлене залізо-нікелеве ядро.

Планета Венера

Друга від Сонця планета – Венера – обертається навколо нього по майже круговій орбіті. Рік триває 225 земних діб, а венеціанська доба - 243 земних діб. Навколо своєї осі Венера обертається за годинниковою стрілкою. тобто у напрямку, протилежному осьовому обертанню Землі.

Вісь Венери майже перпендикулярна площині її орбіти, тому на планеті зміна пір року не виражена. Раз у півтора роки відстань між Венерою і Землею

скорочується до 39 млн. км. При кожному зближенні Венера повернута до Землі однією і тією ж стороною (нічною).

Венера має щільну атмосферу, яка складається переважно із вуглекислого газу. Такий склад забезпечує сильний «парниковий ефект», що обумовлює дуже високу температуру венеціанської атмосфери $+400\text{C}^0$, $+500\text{C}^0$. На Венері багато хмар, утворених парами сірчаної, азотної і хлорводневої кислот. Із-за великої густини атмосфери її тиск біля поверхні становить 100 земних атмосфер.

1.3. Особливості Землі як планети

1.3. 1. Гравітаційне поле Землі

Гравітаційне поле Землі утворюється силою ваги, що є рівнодійною сили тяжіння та відцентрової сили осьового обертання Землі. Відцентрова сила збільшується від полюсів до екватора. Ця сила обумовлює зменшення сили ваги і, отже, величини гравітаційного поля. Тому величина гравітаційного поля найменша на екваторі і збільшується до полюсів, де досягає найбільшого значення. Гравітаційне поле, яке могло б бути у Землі, якби вона мала реально математично правильну фігуру двохосного еліпсоїда і рівномірний розподіл мас називають нормальним.

Різниця між нормальним (теоретичним) та реальним гравітаційними полями називається аномалією сили тяжіння. Аномалії сили тяжіння обумовлюються рельєфом та складом гірських порід. Зокрема, під молодими горами існують значні додатні аномалії сили тяжіння. У місцях концентрації речовини з більшою питомою вагою теж виникають додатні аномалії сили тяжіння, і навпаки.

1.3.2. Географічне значення гравітаційного поля Землі:

Уплив гравітаційного поля на фігуру та оболонкову будову Землі

- а.** Фігура Землі – двохосний еліпсоїд, геоїд, кардіоїд.
- б.** Гравітаційна диференціація речовини зумовила поділ планети Земля на геосфери: внутрішні та зовнішні. У гравітаційному полі Землі речовина, що має більшу густину, прагне опуститися вниз, а легша речовина підіймається угору. Унаслідок розташування земної кори відповідно до її густини на Землі утворилися ядро, мантія, земна кора, гідросфера, атмосфера.
- в.** Земне тяжіння ущільнило внутрішню речовину Землі і сформувало щільне ядро.
- г.** Ядро при обертанні Землі навколо своєї осі створило магнітосферу.
- д.** Величина гравітаційного поля така, що утримує газову оболонку Землі, дозволяючи «вислизати» лише легким елементам – водню і гелію.

Уплив гравітаційного поля Землі на літосферу та мантію

- а.** Існування астеносфери, пластичного розплавленого шару, по якому рухаються літосферні плити, також є функцією сили тяжіння. Плавлення речовини відбувається при певному співвідношенні кількості теплоти й величини тиску. Остання визначається силою тяжіння на відповідній глибині.
- б.** Сила тяжіння обумовлює прагнення земної кори до ізостатичної рівноваги.
- в.** Гравітаційне поле Землі зумовлює формування рельєфу. Оскільки розвиток рельєфу є переміщенням речовини, то сила тяжіння грає у ньому провідну

роль. Це стосується як ендегенних, так і екзогенних процесів рельєфоутворення.

г. Вертикальне переміщення речовини у надрах Землі під дією сили тяжіння обумовлює виділення значної кількості енергії, яку називають внутрішньою енергією Землі.

д. Величина гравітаційного поля Землі визначає верхню межу висоти гірських хребтів. Вони не можуть бути вищими за 9 кілометрів.

Уплив гравітаційного поля Землі на атмосферу, гідросферу та кругообіг речовин

а. Сферична форма гравітаційного поля зумовлює дві універсальні форми симетрії – конічну та білатеральну. До кожної ділянки земної поверхні приурочене конусоподібне поле земного тяжіння. Воно впливає на усі тіла на Землі. Якщо тіло «росте» вгору або вниз, воно набуває форму близьку до конічної (гірські вершини, вулканічні конуси, карстові лійки, піщані форми рельєфу, дерева, чагарники тощо). Якщо тіло росте горизонтально, то гравітаційне поле робить його листоподібним: дельти, акумулятивні рівнини, поверхні вирівнювання тощо.

Перехід конічних форм у плоскі утворює схили. Весь рельєф Землі – це поєднання схилів різної крутизни й експозиції.

б. Сила тяжіння необхідна для перебігу процесів циркуляції атмосфери. Згадайте, що нагріте повітря піднімається вгору, бо внаслідок зменшення його маси на нього діє менша сила тяжіння, і навпаки.

в. Дія гравітаційного поля Землі зумовлює вертикальні рухи води в об'єктах гідросфери, призводить до формування певних видів течій.

г. Без гравітаційного поля неможливі кругообіги речовини на Землі.

д. Атмосферне прикриття забезпечує існування гідросфери, інакше вода випарувалася б і зникла в глибинах Космосу.

1.3.3. Фігура та розміри Землі

У давнину Землю вважали випуклим диском, у VII ст. до н.е. уже вважали, що Земля – куля. Ньютон довів, що Земля – еліпсоїд обертання з полярним стисненням. Сучасні уявлення: з одного боку, дійсна форма Землі – геоїд. Це фігура Землі, обмежена рівневою поверхнею, яка співпадає із спокійною поверхнею Світового океану, продовженою під материками. В кожній точці рівневої поверхні прямовисні лінії їй перпендикулярні. Геоїд не є чітко визначеною геометричною фігурою, його неможливо описати математичними формулами.

Для різних обчислень, прикладних задач використовується поняття про чітко визначену геометричну фігуру максимально наближену до дійсної фігури Землі. Це трьохосний еліпсоїд Красовського з полярним та екваторіальним стисненням. Його розміри:

Екваторіальний радіус (велика напіввісь) $a=6\,378,245\text{км}$,

Полярний радіус (мала напіввісь) $b=6\,356,863\text{км}$,

Середній радіус $=6\,371,11\text{км}$.

Полярне стиснення $1/298,3$ (21,36км)

Екваторіальне стиснення $1/30\,000$ (213м)

Довжина меридіану – 40 008,55км

Довжина екватору – 40 075,696км

Площа поверхні – $510 \times 10^6 \text{ км}^2$.

1.3.4. Внутрішня будова Землі

Атмосфера, гідросфера, земна кора (об'єм 1,2%, маса = 0,5%), мантія (об'єм 83%, маса = 67%), ядро (об'єм 16%, маса = 31,5%).

Земна кора відділена від мантії поверхнею Мохора, котра під горами опускається на глибину 80 км, під рівнинами 30 – 40 км, а під океанами піднімається до 10 км. Океанічна кора в 5 разів тонша, складається з базальтового шару (середня густина – $2,85 \text{ г/см}^3$), та осадового чохла.

У континентальній корі є базальтовий, гранітний та осадовий шари. Мантія до глибини 2900 км, t° від 100° на її поверхні до $3\ 800^\circ$ на межі з ядром. Густина – від $3,5 \text{ г/см}^3$ до $5,2$.

У верхній мантії на глибині 100 – 200 км під континентами і 50 – 60 під океанами знаходиться астеносфера. Її температура близька до плавлення, але високий тиск не дозволяє плавитись, тому речовина повільно тече. Таким чином земна кора разом із твердою верхньою частиною мантії називається *літосферою*. Літосфера поділена на блоки, котрі рухаються по поверхні астеносфери, обумовлюючи тектонічні процеси Землі.

Земне ядро (радіус якого становить 3 500 км) має щільність $12,3 \text{ г/см}^3$, температуру $4\ 000 - 5\ 000^\circ$, тиск 3,6 млн. атмосфер. У ядрі виділяють зовнішнє ядро, проміжну сферичну зону, внутрішнє ядро. Вважають, що зовнішнє ядро рідке, а внутрішнє тверде.

І зараз йдуть процеси розшарування речовини, легкі речовини піднімаються, важкі йдуть вниз з виділенням та поглинанням величезної кількості енергії. Енергія виділяється при радіоактивному розпаді, ущільненні. Якби Земля мала меншу масу й щільність, то вона б не змогла вдержати водну та повітряну оболонки. Якщо Земля була б масивнішою, то до складу атмосфери увійшли б водень та метан.

1.3.5. Магнітосфера та її показники

Існує міжпланетне магнітне поле. На його фоні виділяється певний простір навколо Землі, пронизаний полем магнітних силових ліній, набагато сильнішим, ніж у сусідньому космосі. Таким чином, простір, де діє магнітне поле Землі, називається магнітосферою. Ясна річ, побачити цю сферу не можна. Геомагнітне поле наочно проявляється у впливі на стрілку компаса, яка весь час прагне розташуватися вздовж силових ліній. Стрілка вказує на магнітні полюси, а не на географічні.

Магнітне схилення – кут, на який відхиляється магнітний меридіан від географічного. Лінії, які з'єднують точки із однаковим магнітним схиленням – ізогони. Агонічна лінія – нульова ізогона (компас там показує на географічний полюс). Магнітні полюси не співпадають з географічними і постійно переміщуються. Зараз північний магнітний полюс має координати 77° північної широти, 122° західної довготи, а південний – 65° південної широти, 139° східної довготи.

Кут між горизонтальною площиною і стрілкою компаса – магнітне нахилення. Лінії, котрі з'єднують точки із однаковим магнітним нахиленням – ізокліни. Магнітний екватор має нульове нахилення. Сила магнітного поля характеризується напруженістю, яка зростає від екватора до полюсів.

Будова магнітосфери

Якби не було впливу Сонця, магнітосфера була б симетричною. З одного полюсу виходять силові лінії, в інший входять. Сонячний вітер, який нашоується на перепону у вигляді магнітного поля Землі, обтікає її. При цьому на відстані 2-4 земних радіуса від межі магнітосфери виникає ударна хвиля. Сонячна плазма, проходячи через неї, ущільнюється, нагрівається. Під її тиском геомагнітне поле стискується тим більше, чим сильніший вітер. Зі протилежного - нічного- боку під впливом сонячного вітру силові лінії витягуються паралельно одна одній та утворюють «хвіст» магнітосфери діаметром 40 радіусів Землі та довжиною 100 земних радіусів.

У магнітосферу проникають космічні промені, які не можуть вирватися з неї і рухаються туди-сюди вздовж силових ліній мільярди разів. Ця захоплена радіація утворює радіаційний пояс на екваторі до 600-1000 км висоти, а на широтах біля $65^{\circ} = 90-120$ км висоти, де утворюється зона полярних сьйв. Заряджені частинки, конкретно електрони, висипаються у дзеркальних точках повороту і їх потік викликає полярні сьйва.

1.3.6. Зміни магнітного поля Землі

Геомагнітне поле поділяють на постійне (головне), викликане магнетизмом планети, і перемінне, утворене в результаті впливу Сонця. Складаються карти магнітного поля, які дійсні 5 років, тобто упродовж магнітної епохи. На карті добре видно відхилення магнітного поля від звичайної величини – це аномалії. Є світові аномалії (Східносибірська) та локальні (КМА, Криворізька, Кременчуцька тощо). Магнітні полюси Землі не лише дрейфують, а й міняються місцями за 3600 років. Навіть за добу магнітні полюси змінюються, а за рік вони описують еліпс діаметром ≈ 20 км. Зараз магнітне поле Землі зменшується на 5 % за 100 років і через 1200 років може зникнути. Вважають, що такі явища були в минулі геологічні епохи. Період зміни полярності 700 тисяч років. Після таких епох проходить інверсія магнітного поля – полюси міняються місцями.

1.3.7. Магнітні бурі та полярні сьйва

На постійне магнітне поле накладаються зміни, пов'язані з діяльністю Сонця. Так утворюється перемінне магнітне поле. Швидкі варіації магнітного поля мають періоди від часток секунди до декількох днів. Періодичні швидкі варіації – доба, 14 діб. Серед нерегулярних збурень геомагнітного поля найбільш відомі магнітні бурі. Вони починаються на всій Землі і тривають по декілька днів. Сильні бувають раз на рік, менш сильні – декілька разів на місяць. Причина – вплив корпускулярного випромінювання Сонця (сонячний вітер – потік електронів, протонів і α -частинок) під час сонячних спалахів на магнітне поле Землі. Космічні частинки рухаються навколо Землі по спіралі від полюса до полюса.

Магнітні бурі супроводжуються полярними сьйвами, погіршенням радіозв'язку тощо. Наприклад, під час магнітної бурі 11 лютого 1958 року у Швеції в деяких місцях загорався ізоляційний матеріал на кабелях, згорали запобіжники і навіть трансформатори. При магнітних бурях спочатку різко зростає, а потім спадає напруженість магнітного поля. При цьому усталений рух частинок у магнітному полі змінюється, дзеркальні точки спускаються нижче і частинки витрушуються в атмосферу. На висоті 100 км «витрушені» частинки

стикаються з атомами газів повітря, які починають світитися (зелений і червоний дає атмосферний кисень, помаранчевий і фіолетовий азот тощо).

Полярні саява – дуже красиве явище природи. Воно триває від декількох хвилин до декількох годин. Саява бувають променеві і безструктурні (дуги). Променеві – смуги, драпрі, корони. Інколи форма полярного саява повторює контури берегів морів. Переважає колір зеленувато-жовтий, іноді червоний, блакитно-білий, під час значної сонячної активності – густо-червоний.

Полярні саява – це світіння верхніх шарів атмосфери в частині спектру, зокрема в лініях та смугах атомів і молекул кисню й азоту. Їх більше всього на висотах від 50-80 км (протони) до 150 км (електрони). Від висоти залежить колір саява. На всій землі саява проходять одночасно. Але найбільша частота появи саява відмічається біля широти 67° , де буває більше 200 днів у рік з полярними саявами. Максимум саяв – за 22° від магнітних полюсів (Чукотка, Таймир, Північна Якутія тощо). Це зона полярних саяв. На північ і на південь їх частота зменшується. Наприклад, на екваторі буває 1 саяво на 10 років у момент великої сонячної активності.

В середні віки полярні саява вважали передвісниками війн, голоду, епідемій. Перед падінням Єрусалиму, перед смертю Юлія Цезаря спостерігалися полярні саява. Вважали, що це прояв гніву богів. Полярні саява зображали навіть у вигляді цілих армій, озброєних піками, які б'ються до смерті. Для того, щоб точніше зрозуміти механізм полярного саява, слід згадати будову магнітосфери.

1.3.8 .Значення геомагнітного поля

Охороняє від космічного випромінювання поверхню Землі й усе живе на нашій планеті. Впливає на характеристики рідин, а оскільки кров людини – рідина, то магнітні бурі дуже впливають на людину. Вивчення геомагнітного поля необхідне в навігації, для геодезистів, при пошуках нафти, бокситів, алмазів, золота. Припускають, що тварини (ссавці, а особливо птахи) при міграціях орієнтуються саме за допомогою силових ліній магнітного поля Землі. Тварини при відпочинку та сні, зазвичай, розташовуються у напрямку північ – південь, тобто вздовж силових ліній геомагнітного поля .

1.4. Географічні наслідки параметрів Землі як планети

1.4.1. Географічні наслідки участі Землі у рухах Сонячної системи у Всесвіті

Земля разом з усією Сонячною системою обертається навколо центра Галактики. Період обертання становить 176 млн. років і називається галактичним роком. Участь у цьому русі призводить до дуже сильних комплексних змін у природі географічної оболонки упродовж усієї історії Землі.

Унаслідок різнорідності будови Галактики космічне гравітаційне поле в її межах неоднорідне. При віддалені від ядра Галактики Сонячна система проходить через ділянки з меншим гравітаційним полем. У результаті цього відбувається стиснення Сонця і планет (під дією власних сил притягання, для Землі — земного тяжіння). За рахунок стиснення надра Землі розігріваються, дрейф плит мінімальний, тектонічні процеси активізуються, відбуваються інтенсивні процеси горотворення, висхідний розвиток рельєфу. Останній зумовлює розвиток зледеніння.

Перший (висхідний) етап циклу розвитку рельєфу обумовлює інтенсивну денудацію внаслідок посилення екзогенних процесів рельєфоутворення (ерозії, діяльності льодовиків тощо) при піднятті поверхні. Поступове зниження і вирівнювання рельєфу складає суть другого — низхідного — етапу в циклі розвитку рельєфу в період відносного тектонічного спокою. Через 88 млн. років Сонячна система проходить через ділянки з найбільшим гравітаційним полем у межах Галактики (при найменшій відстані до її центру). Внаслідок цього відбувається зростання тектонічної активності, (магматизму внутрішнього і зовнішнього, землетрусів, розломної тектоніки, горизонтальних рухів літосферних плит тощо). При цьому рельєф не підвищується, але розчленовується. Це — третій етап циклу розвитку рельєфу. Далі триває четвертий етап — вирівнювання та зниження рельєфу суходолу. Таким чином, завершується один геологічний цикл розвитку рельєфу тривалістю 200-220 млн. років і розпочинається другий. Таких циклів в історії розвитку географічної оболонки виділяється кілька, зокрема у фанерозії (останні 600 млн. років) — три (герцинський, мезозойський, альпійський).

1.4.2. Уплив сонячно-земних взаємодій на природу нашої планети

До сонячно-земних зв'язків відносять:

- а.** Сукупність явищ, пов'язаних із обертанням Землі навколо Сонця, тобто сезонна ритміка у географічній оболонці. Наприклад, шторми сильніші взимку, мусони, течії, явища в гідросфері, морозне вивітрювання, багаторічна мерзлота,
- б.** Сукупність явищ, пов'язаних із зміною положення земної осі під впливом Сонця, тобто прецесією тривалістю 26 000 років.
- в.** Енергія, за рахунок якої відбувається більшість процесів у географічній оболонці, це сонячна енергія. На верхній межі атмосфери на 1 см² площі надходить біля 2 ккал сонячної радіації за хвилину.
- г.** Вплив сонячної активності на перебіг процесів в атмосфері, гідросфері, літосфері, біосфері.
- д.** Вплив сонячної активності на магнітосферу Землі.
- е.** Речовинний потік α і β - частинок, тобто протонів і електронів сонячного вітру створює радіаційний пояс в атмосфері, формує іоносферу і екзосферу.

1.4.3. Уплив Місяця на природу Землі

Загальна характеристика Місяця

Хоча Місяць далеко не найбільший супутник (у Сатурна – Титан діаметром – 5 000 км, у Юпітера Ганімед (4 940км) і Калісто (4 690км), у Нептуна – Тритон (4 000км), але за співвідношенням мас Місяць не має рівних – 1/81.

Місяць – це тверде, сильно зрите ударними кратерами кам'янисте тіло, без атмосфери, із середнім радіусом 1 738км і середньою щільністю – 3,3 г/см³. Лише центральні області Місяця глибше 800 – 1 000км під поверхнею знаходяться у напіврозплавленому стані. Зараз Місяць – тектонічно мертве тіло, ніколи він не був у розплавленому стані повністю. Із-за приливної тертя осьове обертання Місяця синхронізовано з його обертанням навколо Землі, тобто Місяць завжди повернутий до Землі однією півкулею. Приливне тертя

примушує Місяць віддалятися від Землі зі швидкістю 3см на рік. За тисячоліття унаслідок цього земна доба збільшилася на декілька годин. Навколо Землі Місяць обертається за 27,32 доби, навколо осі за 24 години в тому ж напрямку, що і Земля.

Місяць однорідний за щільністю, він не має залізного ядра (2 – 4 % маси Місяця), збагачений на летючі та легкоплавкі елементи (Pb, Bi, Hg, Zn, Cl, Br.) та збагачений на тугоплавкі. На Місяці немає води та льоду. Він утворився в період активного росту Землі, як рій з невеликих тіл і часток. Потім сформувалася система протомісяців, а із них - власне Місяць.

Значення Місяця для природи Землі

1. Місяць своїм притяганням (разом із притяганням Сонця) спричинює припливно-відпливні рухи у кожній точці планети, включаючи атмосферу.
2. Унаслідок припливного тертя у надрах Землі виділяється величезна кількість енергії, яка є одним із видів внутрішньої енергії Землі.
3. Унаслідок припливно-відпливних рухів відбувається припливне гальмування швидкості обертання Землі навколо своєї осі. Так, за останній мільярд років земна доба збільшилась від 18 до 24 годин. Зараз її тривалість продовжує зростати.

а. Сповільнення осевого обертання Землі спричинює зменшення полярного стиснення фігури Землі. При цьому у тілі Землі відбувається перетікання мас і деформації у мантиї та літосфері.

б. У результаті указаних змін у зараз надрах Землі активізується тектонічна активність (гороутворення, землетруси, вулканізм). Підрахували, що збільшення тривалості доби на 1/2 години призводить до звільнення енергії, достатньої для утворення величезної смуги хребтів, що майже повністю перетинають земну кулю.

У свою чергу, збільшення кількості підводних землетрусів та вулканізму призводить до збільшення частоти та сили цунамі.

в. Припливне гальмування зменшує силу Коріоліса – відхиляючу силу осевого обертання Землі. Ця сила впливає на рухи в атмосфері та гідросфері. Відповідно, зменшення сили Коріоліса призводить до зміни циркуляції атмосфери й гідросфери, клімату Землі тощо.

4. Місяць робить положення земної осі відносно стабільним і Земля при своєму осевому обертанні не розкачується різко, неупорядковано й непередбачувано як дзига.

5. Під дією Місяця відбуваються ритмічні незначні коливання земної осі зі періодом 18,6 роки – нутації. Із цими коливаннями пов'язують сухіші та вологіші періоди у геологічній історії Землі.

6. При збільшенні припливоутворюючих сил у Світовому океані відбувається інтенсифікація підйому глибинних холодних вод (апвелінгу), унаслідок цього на Землі настає похолодання, і навпаки. Це прояви добре відомого понадвікового цикла Шнітнікова тривалістю 1 800 - 1 900 років. Оскільки ізольована ритміка у географічній оболонці неможлива, то у зв'язку зі змінами клімату коливається рівень Світового океану та рівні озер (наприклад Каспійського), скорочується або розширюється площа льодовиків, змінюється

перебіг зовнішніх рельєфотвірних процесів, органічне життя і ландшафти у цілому.

7. Місяць своїм притяганням сильно впливає на рідини (зокрема із-за їх текучості). Оскільки тіла людей (як і більшості земних організмів) складаються із рідин, то фізіологічні процеси та самопочуття людей певною мірою залежать від впливу цього найближчого до Землі небесного тіла. Є приклади пристосувань тварин до місячних ритмів.

8. У системі літочислення широко використовується природна одиниця часу – місяць, тобто період обертання небесного тіла – Місяця - навколо Землі. Маються на увазі місячні та місячно-сонячні календарі різних народів.

1.4.4 . Географічні наслідки параметрів Землі як планети

Параметри Землі як планети мають географічні наслідки.

- 1.** Відстань від Сонця до Землі визначає її велику масу, за рахунок якої формується гравітаційне поле Землі з усіма аспектами його географічного значення.
- 2.** Кулеподібна форма при мінімальному об'ємі концентрує максимальну масу речовини. Велика маса Землі обумовлює дію не лише сил зчеплення, а більшої за них – сили тяжіння. Сила тяжіння ущільнила земну речовину, обумовила її гравітаційну диференціацію й оболонкову будову:
 - а.** Сила тяжіння сформувала щільне ядро, яке разом з обертанням створило магнітосферу.
 - б.** Величина сили земного тяжіння дозволяє утримати атмосферу, яка у свою чергу забезпечує існування гідросфери (інакше остання б випарувалася і зникла з Землі).
 - в.** Сила тяжіння створює тиск глибинних мас і обумовлює їх гравітаційну диференціацію і вертикальне переміщення, у результаті чого виділяється енергія – один із видів внутрішньої енергії Землі.
- 3.** Відстань від Землі до Сонця визначає кількість сонячної радіації, котра надходить на Землю. Обумовлені сонячним теплом температури створюють унікальні умови існування на Землі води одночасно в 3^х агрегатних станах.
- 4.** Кулеподібна форма Землі визначає нерівномірний розподіл сонячної радіації біля земної поверхні – зменшення її від екватора до полюсів, що обумовлює виділення теплових поясів, кліматичних поясів.

Цим обумовлюється зональний характер природи географічної оболонки. В.В.Докучаєв писав: Усі земні стихії : вода, земля (розуміємо гірські породи і ґрунт), вогонь (тепло і світло), повітря, а також рослинний і тваринний світ завдяки астрономічному положенню, кулеподібній формі Землі несуть на собі явні, різкі риси світової зональності.

Комплексний вираз її – поділ географічної оболонки на географічні пояси і природні зони, котрі мають переважно широтне простягання.

- 5.** Кулеподібна форма Землі при постійному осьовому обертанні обумовлює постійний поділ її поверхні на освітлену та неосвітлену частини, що спричинює добову ритміку у географічній оболонці.
- 6.** Незмінний кут нахилу земної осі до екліптики обумовлює зміну пір року в орбітальному русі Землі і сезонну ритміку у географічній оболонці.
- 7.** Сферична форма Землі спричинює сферичність геосфер і географічної оболонки в цілому. Тому вони безперервні та єдині вздовж поверхні Землі,

тобто процеси в них не мають меж у горизонтальних (точніше у латеральних) напрямках – довжині і ширині. Наприклад: рухи внутрішньої речовини Землі, циркуляція атмосфери й океанічної води, розселення живих організмів.

8. Унаслідок кулеподібної форми Землі формується її сферичне гравітаційне поле.

Ця форма обумовлює дві універсальних форми симетрії на Землі – конічну і білатеральну (горизонтальну). Розглянемо географічні об'єкти котрі ростуть вгору або вниз: дерева, квітки, плоди, насіння, гірські вершини, вулкани, карстові лійки, бархани, дюни, атмосферні вихори – циклони, антициклони тощо. Усі вони мають форму близьку до конічної. Якщо тіло «росте» горизонтально, сила тяжіння робить його листоподібним – листки рослин, тварини (плазуни), акумулятивні рівнини, дельти, поверхні вирівнювання тощо.

Розділ 2. РУХИ ЗЕМЛІ ТА ЇХ ГЕОГРАФІЧНІ НАСЛІДКИ

2.1. Осьове обертання Землі та його географічні наслідки

2.1.1. Показники руху Землі навколо своєї осі

Земля бере участь у багатьох рухах, але найбільш значними є осьовий та орбітальний рухи. Якщо дивитися на Землю зі сторони Північного полюсу світу, то Земля обертається із заходу на схід, або проти годинникової стрілки за 24 години. Кутова швидкість осьового обертання для усіх точок Землі однакова – 15° за годину. Нерухомими залишаються лише полюси. Лінійна швидкість різна для усіх паралелей. Найбільша лінійна швидкість на екваторі (464 м/с). Екватор, паралелі і меридіани встановлені відповідно до полюсів.

Доказом осьового руху є відомий із фізики дослід із маятником Фуко.

Географічні наслідки осьового обертання Землі:

- 1) Зміна величини гравітаційного поля Землі у напрямку від екватора до полюсів.
- 2) Полярне стиснення фігури Землі.
- 3) Відхиляюча сила осьового обертання Землі або сила Кориоліса.
- 4) Періодичність припливів і відпливів.
- 5) Добова ритміка у географічній оболонці.
- 6) Доба – природна одиниця часу.
- 7) Час місцевий, поясний, всесвітній.
- 8) Система географічних координат прив'язана до умовної основи, обумовленої осьовим обертанням Землі.

2.1.2. Нерівномірність гравітаційного поля Землі

У будь якій точці Землі існує гравітаційне поле, яке визначається силою тяжіння, що змінюється як від місця до місця, так і в часі. Унаслідок осьового обертання Землі діє відцентрова сила, котра зменшує силу тяжіння найбільше на екваторі, тому величина останньої зменшується від полюсів до екватора. Сила тяжіння обумовлює геологічні процеси, викликає рухи земної кори, формує рельєф (епейрогенічні рухи, ізостазія, наприклад гравітаційні форми рельєфу), їй підлягає переміщення водних мас і повітря. Її вплив слід враховувати при розгляді усіх процесів географічної оболонки. Так, колообіги

води, гірських порід, циркуляція атмосфери й гідросфери неможливі без активної участі сили тяжіння.

2.1.3. Полярне стиснення фігури Землі

Скрізь на Землі діє сила тяжіння. Якби Земля не оберталася, то ця сила тяжіння дорівнювала б силі притягання, яка утримує Землю цілою. Осьове обертання викликає відцентрову силу, яка хоче розірвати Землю.

Але при такій швидкості обертання сила притягання менша за відцентрову силу, і як результат їх рівнодійної виникає сила ваги, яка буде різною в різних місцях земної кулі. Найбільша на полюсах, найменша на екваторі. Тому Земля сплюснута на полюсах і має форму еліпсоїда – це наслідок осьового обертання Землі. Якби швидкість була більшою, то при певній би її величині Земля б розлетілась на шматки. Існує гіпотеза, що зараз швидкість осьового обертання зменшується. Унаслідок цього зменшується полярне стиснення і Земля через певний проміжок часу може набути форму кулі із єдиним радіусом, однаковим в усіх напрямках.

2.1.4. Періодичність припливів та відпливів

З осьовим обертанням планети пов'язане утворення припливної хвилі, яка кожен добу обходить Землю із сходу на захід. Сила припливів обернено пропорційна кубу відстані між Землею та Місяцем й прямо пропорційна їх масі. На Землю діють багато космічних тіл, але найбільша сила притягання - у Місяця, бо він поруч. Сила притягання Землі Місяцем у 2,2 рази більша, ніж Сонцем.

Моряки знають що припливи найбільші в дні молодиків, коли Сонце, Місяць і Земля знаходяться на одній лінії. У першу й останню чверті, коли Місяць знаходиться під кутом 90° до Сонця, припливи мінімальні. Рівнодійна сила притягання Місяця і відцентрової сила – приливоутворююча сила. Ця сила викликає пружні деформації по всьому тілі планети, окрім центру. Припливні сили обумовлюють утворення припливних виступів на лінії, яка з'єднує центри Землі та Місяця. Але Земля не стоїть на місці, а обертається, при чому набагато швидше, ніж Місяць навколо Землі (Земля – за добу, а Місяць за 27,3 діб). Тому припливна хвиля весь час переміщується по Землі й за добу обходить Землю повністю і повертається на те саме місце. За добу в кожному місці приблизно через 6 годин припливи і відпливи змінюють одне одного. Але, оскільки Місяць за добу на певний проміжок обертається навколо Землі в той же бік, що і Земля, то місячна доба на 50 хвилин довша, тобто період приплив – відплив для правильних на півдобових припливів становить 6 годин 12 хвилин 30 секунд. Припливи діють на літосферу (розмах коливань земної поверхні в районі Москви до 40 см), на атмосферу, але наслідки в них незначні. Найбільш сильно припливи проявляються в гідросфері. Величина припливу залежить від глибини океану і форми берегової лінії. У відкритому океані - 0,5 м, а максимум – 18 м зафіксовано у затоці Фанді в Атлантичному океані, де мілкий берег, довга і вузька затока.

Двічі протягом місячного циклу – у молодик і повний місяць – Земля, Сонце, Місяць знаходяться на одній лінії. Тоді спостерігаються припливи найвищі – сизигійні. У I-й та II-й чвертях Місяця, коли припливні сили Сонця і Місяця

спрямовані перпендикулярно один до одного і взаємно гасяться, припливи менші на 1/3 – квадратурні.

Посилення взаємного притягання Землі та Місяця за рахунок припливних виступів викликає уповільнення осьового обертання Землі, віддалення Місяця від Землі, пришвидшення руху Місяця навколо Землі.

Раніше земна доба була значно коротшою, тому що Місяць знаходився ближче, а за мільярди років земна доба збільшилася до 24 годин і далі поступово збільшується, за припущеннями, аж до 656 годин через 2 млрд. років. Потім Місяць буде наближатися до Землі і ще через 7 млрд. років припливні сили розірвуть його на шматки, і біля Землі буде кільце астероїдів як у Сатурна. Зменшення швидкості руху викликає підняття земної поверхні в полярних районах і опускання в екваторіальних районах. При цьому земна кора розривається, дробиться, виникають глибинні розломи.

2.1.5. Зміна дня і ночі

Обертання Землі навколо своєї осі обумовлює швидке переміщення сонячного освітлення по земній поверхні із сходу на захід і, відповідно, зміну дня і ночі. Якби земна вісь була перпендикулярна екліптиці, світлороздільна площина проходила б весь час через полюси і поділяла би всі широти на рівні частини. Тому день і ніч скрізь і весь час були б однакові.

Але земна вісь нахилена під кутом $66^{\circ}33'$ до площини екліптики, тому світлороздільна лінія не проходить через полюси, а поділяє півкулі на нерівні частини. На екваторі день увесь час дорівнює ночі. Чим далі від екватора, тим довші бувають день (або ніч) аж до широти $66^{\circ}33'$, де день (ніч) один раз на рік становлять 24 години. Мова йде про полярний день і полярну ніч найменшої тривалості. У напрямку до полюсів полярні день та ніч збільшуються. На полюсах вони тривають по півроку.

2.1.6. Сила Коріоліса та її вплив на природу Землі

Один з найважливіших наслідків осьового обертання Землі – уявне відхилення тіл від напрямку їх руху. За законом інерції будь яке тіло, що рухається, прагне зберегти напрямок руху відносно світового простору. Відхиляючу дію обертання Землі називають *силою Коріоліса*. Сила Коріоліса завжди спрямована перпендикулярно руху тіла, вправо від напрямку руху, якщо обертання йде проти годинникової стрілки, і вліво, якщо за годинниковою стрілкою.

Чим швидший рух, тим більше відхилення. Якщо напрямок руху співпадає з напрямком осі обертання, відхилення нульове, зі збільшенням кута між віссю обертання і напрямком руху тіла відхилення зростає. Найбільше відхилення при напрямку руху тіла, перпендикулярному до осі обертання.

Розглянемо два випадки руху тіла стосовно земної поверхні: вертикальний і горизонтальний. При вертикальному русі (зокрема падінні) відхилення на полюсах дорівнює нулю, а на екваторі найбільше. При горизонтальному русі все навпаки: на полюсах відхилення максимальне, а на екваторі – нульове.

При горизонтальному русі у північній півкулі відхилення вправо, а у південній – уліво. Величина сили Коріоліса визначається за формулою:

$$F = m \times 2 \times \omega \times v \times \sin$$

Де m - маса тіла;

v - швидкість руху тіла;

φ - географічна широта;

ω - кутова швидкість осьового обертання Землі.

Чим більша широта, тим більший її синус, тому збільшується і сила Коріоліса. Сила Коріоліса невелика, але її безперервна дія на динаміку атмосфери й гідросфери має величезні наслідки. Саме вона викликає утворення атмосферних вихорів, в т.ч. циклонів і антициклонів, зумовлює напрямки повітряних та океанічних течій та руху речовини в ядрі та мантії, підмивання берегів річок у північній півкулі – правих, у південній – лівих.

2.1.7. Добова ритміка у географічній оболонці

Без перебільшення, усі явища і геосфери Землі підлягають добовій ритміці, наприклад, добовий хід усіх метеоелементів. Фізичне вивітрювання, бризи та гірсько-долинні вітри формуються під впливом кліматично-погодних добових ритмів. Дихання атмосфери – вночі гази поглинаються, вдень – виділяються. Жива природа повністю пристосована до періодичності процесів у абіотичному середовищі. Наприклад, фотосинтез відбувається лише упродовж світлового дня. Рослини і тварини повністю живуть згідно добових ритмів, людина теж. Добова ритміка у діяльності людини проявляється, зокрема, у тому, що вона пристосована до діяльності вдень, а відпочинку – вночі.

Прив'язка системи географічних координат до непорушних точок осьового обертання Землі

Система географічних координат не є довільною. Вона чітко й однозначно прив'язана до непорушних точок осьового обертання Землі – полюсів. Насамперед, екватор проводиться як лінія, однаково віддалена від обох полюсів. Паралелі, у свою чергу, проводяться паралельно до екватора. Меридіани проходять через обидва полюси. Якби полюси були розташовані по-іншому, то система географічних координат теж мала б інший вигляд.

2.1.8. Доба – природна одиниця часу

Період осьового обертання Землі – доба – природна одиниця виміру часу. Осьове обертання можна спостерігати за видимим рухом неба. Тому доба буває:

- а. Зоряна – проміжок часу між двома послідовними нижніми кульмінаціями якоїсь зірки.
- б. Істинна сонячна доба - проміжок часу між двома послідовними нижніми кульмінаціями Сонця. Але істинна сонячна доба має різну величину, тому що швидкість обертання Землі навколо Сонця змінюється. Тому ввели
- в. Середню сонячну добу – проміжок часу між двома послідовними нижніми кульмінаціями середнього Сонця – уявної точки, котра переміщується рівномірно і робить повний оберт за рік. Середня сонячна доба становить 24 години.

Таким чином, доба розпочинається одночасно на всьому меридіані. Кожен меридіан має свій місцевий час. Чим далі на схід він розташований, тим раніше на ньому починається нова доба. За кожну годину Земля обертається на 15° , тому на меридіанах, котрі відрізняються на 15° , час відрізняється на 1 годину. В астрономії користуються всесвітнім часом. Він єдиний для усієї Землі і дорівнює часу початкового гринвіцького меридіану.

Якби всі жили за місцевим часом, то неможливо було б спілкування чи якийсь порядок. Тому ввели поясний час. Це час даного годинного поясу, котрий дорівнює місцевому часу серединного меридіану цього поясу. Весь світ поділений на 24 годинних пояси по 15° . Початковий меридіан є середнім для нульового поясу. Межі поясів проведені по меридіанах, але зі значним урахуванням політичних та господарських кордонів.

Для переводу місцевого часу в поясний і навпаки є формула:

$$T_n = m + N - \lambda$$

T_n – поясний час,

m – місцевий час,

N – номер поясу,

λ – географічна довгота, виражена в годинній мірі.

Лінія зміни дат пов'язана з осьовим обертанням Землі. Це умовна лінія, проведена по 180 меридіану (з невеликим відхиленням). Її введено, щоб запобігти незручності у подорожах. Коли перша кругосвітня експедиція Магеллана повернулася в Іспанію, то виявилось, що вони втратили день. Церква відразу ж наклала на них покаєння, тому що весь рік вони порушували християнські свята, пости. Справа в тому, що коли мандрівник рухається увесь час на захід, то втрачає через кожні 15° довготи 1 годину, а при кругосвітній подорожі – 24 години, тобто добу. І навпаки, коли рухатись на схід, то в кожному годинному поясі годинник переводять на годину вперед і набігає зайва доба. Тому при перетині лінії зміни дат із заходу на схід – один день рахують двічі, а зі сходу на захід пропускають один день.

Майже в усіх країнах Європи введений літній час (для більш повного використання світлої частини доби, економії електроенергії). В Україні літній час введено з 1981 року. У ніч з останньої суботи на неділю березня (о 2^{їй} годині в неділю) годинник переводять на годину вперед. В останню неділю жовтня (о 3^{їй} годині) дія літнього часу відміняється і годинник переводять на одну годину назад, тобто на поясний час.

2.2. Параметри орбітального руху Землі

2.2.1. Характеристики орбітального руху Землі

В орбітальному русі Землі є чотири визначних дати. Це дні сонцестояння: 22 червня – день літнього сонцестояння, 22 грудня – день зимового сонцестояння. Дні сонцестояння – дати, коли площина екватора знаходиться по відношенню до прямовисних сонячних променів під кутом $23^\circ 27'$. Сонце в цей момент розташоване в zenіті над одним із тропіків. Тропік – це паралель, широта якої є кут, котрий доповнює кут нахилу земної осі до прямого. Полярне коло – паралель, широта якої дорівнює куту нахилу земної осі до площини орбіти. Полярні кола є межами розповсюдження полярних дня і ночі. Інші визначні дати – дні рівнодення. У ці дні Сонце знаходиться у zenіті на екваторі. День весняного рівнодення – 21 березня, день осіннього рівнодення – 23 вересня. При середній швидкості 29,8 км/с земля проходить усю орбіту довжиною 940 млн. км за 365 днів 6 годин 9 хвилин 9,6 секунди. Цей проміжок часу називається *зоряним (сидеричним) роком*. Оскільки орбіта еліптична, відстань від Землі до Сонця увесь час змінюється. Найбільша відстань 5 липня в афелії – 152 млн. км, найменша – 3 січня в перигелії – 147 млн. км.

Зі Землі нам здається, що за рік безперервно змінюється положення Сонця на небі. Таким чином, видимий річний шлях Сонця – велике коло на небесній сфері – екліптика являє собою перетин небесної сфери площиною земної орбіти.

Екліптика нахилена під кутом $23^{\circ} 27'$ до небесного екватора (лінії перетину небесної сфери площиною земного екватора). В дні рівнодень площина екватора суміщається зі площиною обертання Землі навколо Сонця. Екліптика перетинає небесний екватор в точках весняного та осіннього рівнодень у моменти, коли Сонце переходить із однієї півкулі в іншу.

2.2.2. Географічні наслідки зміни ексцентриситету земної орбіти

Одним із найважливіших рухів Землі є її обертання навколо Сонця. Земля рухається навколо Сонця по еліптичній орбіті із ексцентриситетом (стисненням) 0,017, тобто невеликим. За 92 – 93 000 років земна орбіта змінюється від еліптичної до майже кругової і навпаки. Встановлено, що холодні періоди відповідають часу знаходження Землі на круговій орбіті.

2.2.3. Причини різної тривалості пір року

Дуже важливим сукупним наслідком осьового та орбітальних рухів Землі є зміна пір року. Причому зміна дня і ночі визначається осьовим обертанням Землі, їх нерівність нахилом осі до орбіти, а безперервна зміна тривалості дня і ночі на всіх широтах – результат майже незмінного положення земної осі при обертанні планети навколо Сонця. Астрономічні пори року починаються і закінчуються у визначні дати орбітального руху Землі.

Згідно другого закону Кеплера – радіус-вектор планети за рівні проміжки часу описує рівновеликі площі. Таким чином, у перигелії Земля повинна рухатися з найбільшою швидкістю – 30,3 км/с, а це зима у північній півкулі, тому вона найкоротша - 89 діб. А в афелії Земля рухається з найменшою швидкістю 29,3 км/с, а це літо, тому воно найдовше – 93,6 доби, а весна – 92,8 доби, осінь – 89,8 доби для північної півкулі. У південній півкулі усе навпаки, зима триває 93,6 доби, літо – 89 діб, весна – 89,8 доби, осінь – 92,8 доби.

2.2.4. Прецесія тривалістю 40 700 років

Положення тропіків та полярних кіл не залишається незмінним. Пояси освітленості то розширюються, то звужуються. Це обумовлюється явищем прецесії з періодом 40 700 років. Прецесія з таким періодом обумовлена зміною нахилу земної осі від нормалі до екліптики на величину кута від $21^{\circ}58'$ до $24^{\circ}36'$. Уважають, що 12 тисяч років тому існуючий кут становив $23,5^{\circ}$, а скоро стане $22,5^{\circ}$ – $21,5^{\circ}$ (наша епоха – це переддень зміни).

Учені відмічають, що найбільшим кутам відповідають похолодання на Землі, а найменшим – потепління. 9 тис років тому кут був найбільший, а зараз кут нахилу осі обертання Землі зменшується. Це передвіщає наступ нового льодовикового періоду на Землі. Зі періодом 40 700 років за останні 300 тисяч років палеокліматологи пов'язують 7 епох зледеніння. Останнє було 25 – 11 тисяч років тому. Це плейстоценове зледеніння, наслідки котрого й зараз визначають істотні риси природи Землі, особливо у регіонах, котрі були покриті льодовиком.

2.3. Географічні наслідки обертання Землі навколо Сонця

2.3.1. Зміна висоти Сонця над горизонтом упродовж року

Висоту Сонця над горизонтом визначають за допомогою формули:

$$h = 90^\circ - \varphi \pm \Delta,$$

де h - висота Сонця над горизонтом, 90° - максимальна можлива висота Сонця, φ – географічна широта, Δ – схилення Сонця.

Отже, чим більша географічна широта, тим менша висота Сонця. Кожного дня висота Сонця змінюється, тому що змінюється схилення Сонця. Упродовж року висота Сонця на одній і тій же широті постійно міняє свою величину.

У північній півкулі найбільша висота Сонця спостерігається у день літнього сонцестояння – 22 червня, коли Сонце найбільше зміщено у північну півкулю, а його схилення дорівнює $22^\circ 27'$. Із 22 червня по 21 березня схилення змінюється до 0° , і тому висота Сонця у північній півкулі поступово зменшується. Із 22 березня по 22 грудня Сонце зміщується у південну півкулю і його схилення стає від'ємним. Висота Сонця у північній півкулі продовжує зменшуватися. Мінімального значення вона досягає 22 грудня. Від 23 грудня до 21 березня Сонце переміщується у бік екватора і його висота збільшується. Із 22 березня Сонце переходить у північну півкулю і його висота продовжує зростати, поки

знову не досягає максимального значення 22 червня наступного року.

Для південної півкулі все навпаки. На екваторі та на полюсах різниця висоти Сонця за рік становить $23^\circ 27'$, тобто величину схилення. На усіх широтах від екватора до полярних кіл включно указана різниця дорівнює подвійному схиленню – 47° , а за полярними колами коливається від $23^\circ 28'$ до $46^\circ 59'$.

2.3.2. Зміна пір року

При орбітальному русі Землі відбувається зміна пір року як у північній, так й у південній півкулях. Проте слід пам'ятати, що в одні й ті ж проміжки календарного часу в цих півкулях спостерігаються різні, умовно кажучи, протилежні пори року. На відміну від календарних та фенологічних пір року, їх астрономічні відповідники починаються із визначних дат орбітального руху Землі. У північній півкулі астрономічна весна починається із 21 березня, астрономічне літо – зі 22 червня, астрономічна осінь – із 23 вересня, астрономічна зима – зі 22 грудня. У південній півкулі усе навпаки. Наприклад, астрономічна зима починається 22 червня і триває до 22 вересня.

Причинами зміни пір року є безперервна зміна висоти Сонця і тривалості світлового дня, котрі призводять до зміни кількості сонячної радіації на одній і тій же широті. Унаслідок цього при найбільшій висоті Сонця і тривалості дня формуються найвищі температури повітря, котрі є головною ознакою пори року – літа. Аналогічним чином змінюються й інші пори року.

2.3.3. Прецесія тривалістю 26 000 років

Крім прецесії тривалістю 40 700 років, існує прецесія з періодом у 26 000 років. Вона є результатом неоднакового притягання Сонцем і Місяцем Землі в різних частинах. Пам'ятаємо, що в екваторіальній частині нашої планети надлишок маси. Тому Сонце сильніше притягує саме екваторіальну частину, ближчу до нього, і прагне повернути її в площину екліптики. Але Земля як тіло, що обертається, противиться цьому впливу, і в результаті вісь її обертання дуже повільно описує в просторі навколо перпендикуляра до площини орбіти конус

із вершиною в центрі Землі. Кут нахилу земної осі до екліптики при цьому не змінюється. Повний оберт земної осі по указаному конусу відбувається за 26 000 років.

Але оскільки Земля – це цілісне тіло, то при зміні положення осі Землі повертається у просторі і площина земного екватора. Тому точки перетину його з площиною екліптики зміщуються. А точки перетину – це точки рівнодень. Точка весняного рівнодення переміщується на захід назустріч видимому річному руху Сонця на $50''$ у рік і рівнодення приходить раніше на 20 хвилин 24 секунд. Таким чином, до дати весняного рівнодення Сонце проходить не 360° по своїй орбіті, а на $50''$ менше.

2.3.4. Тропічний рік – природна одиниця часу

Проміжок часу між двома проходженнями Сонця через точку весняного рівнодення – тропічний рік, котрий на 20 хвилин 24 секунди коротший зоряного. Згадайте, що зоряний рік є періодом повного оберту Землі навколо Сонця, тобто проміжком часу, за який Земля повністю проходить орбіту довжиною 940 млн. кілометрів або 360° еліпсу. Тропічний рік лежить в основі календаря.

Оскільки точка весняного рівнодення весь час переміщується по орбіті, то через 13 000 років Земля буде проходити перигелій не взимку, як зараз, а влітку, котре й буде коротшим у північній півкулі.

Крім прецесії, вісь Землі робить малі коливання біля свого середнього значення. Це обумовлено зміною сили притягання Місяця. Це явище називається *нутація*. Головна нутація має період 18,6 року. З нею кліматологи пов'язують періодичність посух на Землі – 18,6 року.

Тропічний рік – це природна одиниця часу. Календар (літочислення) – система рахунку тривалих проміжків часу. Від латинського «*календе*», що означає перший день кожного місяця. Календарі на основі місячних фаз – місячні, на основі зміни сезонів року – сонячні, якщо разом – місячно-сонячні. У календарі вказується порядок рахунку, число діб в періодах часу, початок рахунку.

Ціле число діб у календарному році не повністю відповідає реальній тривалості природного (тропічного) року, тому що у природному році не ціле число діб.

Тривалість тропічного року – 365 діб 5 годин 48 хвилин 46 секунд. Синодичний місяць триває – 29 діб 12 годин 44 хвилини 02 секунди. Тому створення ідеально стабільного календаря неможливо. В нього потрібно періодично вносити поправки.

Місячні календарі прийняті в Азії. Їхній рік триває 354 дні й складається із 12 місяців. За кожні 33 календарних роки сонячного календаря проходить 34 мусульманських роки місячного календаря.

2.3.5. Регулювання літочислення у сонячному календарі

Сучасний європейський календар бере свій початок від римського календаря, котрий пізніше реформували і назвали Юліанським. У ньому 365 діб у Зроках і 366 у четвертому році, котрий називають високосним. Юліанським календарем користувалися більше 1600 років. Але тропічний рік коротший за Юліанський. Тому до 1 570 року розходження досягло 10 діб. Весняне рівнодення змістилося відносно явищ природи, незручно було підрахувати дати релігійних свят, особливо Великодня.

Був оголошений конкурс й італійський математик Ліліо запропонував виключити ці 10 днів із розрахунку, а далі через кожні 400 років вилучати по 3 доби із рахунку. Римський папа Григорій XIII ввів цей календар в дію. Він тепер так і називається. 1700-й, 1800-й, 1900-й роки в григоріанському календарі вважаються звичайними (по 365 діб). Таким чином із 1600 по 2000 рік виключено три доби. Наступний рік, котрий не буде високосним – 2100 рік. Таким чином тривалість григоріанського року на 25,9' секунд довша, ніж тропічного. За рахунок цих секунд зміщення рівнодення на 1 добу проходить лише за 3 333 роки. Це зміщення ще не потребує урахування у літочисленні. Раніше літочислення велося від утворення світу, а зараз від народження Христа (наша ера). У Російській імперії прийнято григоріанський календар лише із 1 700 року.

2.3.6. Пояси освітленості

У залежності від положення Землі по відношенню до Сонця під час орбітального руху виділяються пояси освітленості, які залежать від висоти полудневого Сонця та тривалості дня. Виділяють п'ять поясів освітленості: *жаркий, 2 помірних та 2 холодних*. Межами цих поясів є тропіки й полярні кола.

Жаркий пояс знаходиться між північним та південним тропіками. У ньому найбільша висота Сонця, тому він одержує найбільшу кількість сонячної енергії. На усіх широтах у жаркому поясі, окрім тропіків, Сонце двічі на рік стоїть у зеніті. Тривалість світлового дня змінюється мало упродовж року, тому пори року виражені слабо.

Помірні пояси знаходяться між тропіками й полярними колами обох півкуль. Тут Сонце ніколи не стоїть у зеніті. Висота Сонця середня і значно коливається упродовж року. Тривалість дня змінюється від 1 хвилини до 23 годин 59 хвилин за рік на широтах, близьких до полярних кіл. Тому у помірних поясах добре виражені чотири пори року. У помірних поясах ніколи не буває полярного дня й полярної ночі.

Холодні пояси простягаються від полярних кіл до тропіків. Тут невелика висота Сонця. На полярних колах найбільша висота Сонця – 47°, на полюсах – 23,5°. Спостерігається полярний день і полярна ніч. На північному полюсі тривалість полярного дня 183 доби, полярної ночі – 182 доби, а на південному полюсі – навпаки. Холодні пояси одержують найменше сонячної радіації, тут добре виражені дві пори року.

Розділ 3. Теоретичні засади загальної фізичної географії

3.1. Географічна оболонка - планетарний природний комплекс

3.1.1. Склад, межі та будова географічної оболонки

На Землі виділяється об'єм реального перебігу географічних процесів — географічна оболонка, заслуга виділення і характеристики якої належить П.І.Броунову (1917 р.) і А.А.Григор'єву (1937 р.).

Географічна оболонка має якісні відмінності від різних геосфер:

- виключне багатство різними видами вільної енергії;
- надзвичайно велика міра агрегованості речовини — від елементарних частинок, атомів молекул до хімічних сполук та складних тіл;

- наявність органічного світу, ґрунтового покриву;
- наявність осадових порід, різних форм рельєфу;
- концентрація тепла, що надходить від Сонця;
- панування законів термодинаміки низьких температур і тиску;
- існування людського суспільства.

Географічна оболонка – це планетарний природний комплекс або глобальна геосистема, котра включає нижню частину атмосфери, всю гідросферу, всю біосферу та верхню частину літосфери, котрі взаємодіють і взаємовпливають одна на одну.

Межі географічної оболонки

Для обґрунтування меж географічної оболонки слід керуватися такою її ознакою як взаємодія та взаємовплив геосфер. Як відомо, земна поверхня найбільше впливає на тропосферу. Повітря в цьому шарі нагрівається й охолоджується за рахунок теплообміну зі поверхнею літосфери й гідросфери (в середньому t^0 повітря знижується на 6^0 на 1 км висоти за рахунок цих процесів). Вище тепловий вплив земної поверхні майже не проявляється.

У тропосфері зосереджена майже вся водяна пара, що свідчить про тісну взаємодію атмосфери і гідросфери. 80% маси атмосфери зосереджено в тропосфері. Шар озону на висоті 22-25 км є екраном, який затримує ультрафіолетове випромінювання.

Отже, в тропосфері, тропопаузі й нижньому шарі стратосфери (до озонового екрану) в результаті взаємодії геосфер утворюються сприятливі умови для поширення життя (термічні, зволоження, баланс різних видів сонячної радіації). Тому верхня межа географічної оболонки проводиться по межі максимальної концентрації озону (25-30 км).

Значно більші розбіжності спостерігаються у питанні про положення нижньої межі географічної оболонки. Ми вважаємо, що нижню межу географічної оболонки доцільно проводити по нижній межі земної кори — поверхні Мохоровичича (за Д.Л.Армандом, А.М.Рябчиковим, Ф.М.Мільковим та ін.). При таких межах потужність географічної оболонки складає 50-100 км на материках, 35-40 км на океанах.

3.1.2. Закономірності цілісності та кругообігів речовини та енергії у географічній оболонці

Енергія та речовина, що надходить у географічну оболонку, не зникає, а зберігається та перетворюється у послідовних ланцюжках природних процесів. Сукупність цих процесів забезпечує тісний взаємозв'язок та взаємодію природних компонентів та геосфер. Таким чином, із останніх утворюється єдиний планетарний природний комплекс — географічна оболонка, що характеризується, перш за все, цілісністю. Указана закономірність проявляється у тому, що зміна одного природного компонента викликає зміни усіх інших і природного комплексу в цілому. Зміни, що відбуваються в одній частині географічної оболонки, обов'язково відображаються більшою чи меншою мірою в інших її частинах.

Таким чином, географічна оболонка — цілісна система, пов'язана наскрізними потоками перетворення речовини та енергії. Танення льодовиків десь у Гренландії чи Антарктиді рано чи пізно полишає свій слід у глибині континентів, передаючись туди через екзогенні процеси рельєфоутворення,

зміну кліматичних умов тощо. Наслідки будуть і в тропічних морях, де корали нарощуванням вгору своїх споруд намагаються наздогнати рівень океану, що піднімається. Закономірності цілісності географічної оболонки реалізуються в процесах кругообігу речовини та енергії на Землі. Збереження речовини при її обмеженому об'ємі на Землі та ефективне використання відносно сталої та порівняно невеликої кількості енергії, що надходить на нашу планету, забезпечується різноманітними кругообігами. Роль останніх у підтриманні "енергетичного бюджету" та забезпеченості збалансованості "економіки" природи Землі колосальна за масштабами і виключна за значенням. Тому слід пояснювати цілісність географічної оболонки та взаємозв'язки природних комплексів у її складі на підґрунті кругообігів речовини та перетворення енергії.

До наскрізних універсальних кругообігів, що зв'язують між собою усі геосфери, належать: Світовий кругообіг води та біологічні кругообіги, циркуляція океанічних вод, циркуляція атмосфери та кругообіги гірських порід. Це забезпечує внутрішню цілісність геосфер та енергетичні зв'язки між ними. Всі кругообіги у географічній оболонці — послідовні ланцюги перетворення речовин та енергії, що надходить із надр (ендогенні джерела) та з Космосу (екзогенні джерела).

3.1.3. Закономірності ритмічності й неперервності та нерівномірності розвитку географічної оболонки

Закономірність ритмічності

Формою існування географічної оболонки у часі є взаємозв'язана повторюваність різноманітних явищ і процесів, тобто ритміка. Ритми відрізняються за походженням і тривалістю. Значна частина ритмів пояснюється нерівномірністю походження сонячної радіації на нашу планету у зв'язку з періодичними змінами її положення відносно Сонця. Сюди належать річний ритм, прецесії тривалістю 21 000 років та 40 700 років. Перша з них зумовлена зміною положення осі обертання Землі унаслідок нерівномірного притягання її різних частин Сонцем. Друга спричинена зміною кута нахилу екліптики до небесного екватора (від $24^{\circ}36'$ до $21^{\circ}58'$). Ритм 92 000 років обумовлюється зміною ексцентриситету земної орбіти (від 0 до 0,068). Кожен із вказаних ритмів проявляється у періодичній зміні кількості сонячної радіації, що надходить на Землю, й обумовлює періоди похолодань і потеплінь на Землі. Низка земних ритмів пов'язана зі зміною сонячної активності. Вони мають різну тривалість (2-3 роки, 5-6 років, 11 років, 22-23 роки, 80-90 років). При цьому загальна кількість сонячної радіації не змінюється, але, зокрема, значно коливається величина ультрафіолетового випромінювання, яка при максимумі сонячної активності в 20 разів більша, ніж при її мінімумі.

Зміни припливоутворюючих сил (або нерівномірність сил взаємного притягання Землі, Сонця і Місяця) породжують низку ритмів різної тривалості (2 роки, 8-9 років, 18-19 років, 111 років, 1800-1900 років).

Закономірність безперервності та нерівномірності розвитку

Географічна оболонка ніколи не залишається застигло сталою. У ній завжди відбуваються зміни, які можна поділити на оборотні та необоротні. Оборотні зміни називаються динамікою. Динаміка зумовлена переважно зовнішніми

чинниками і має ритмічний характер. По суті, мова йде про ритми різної тривалості (з періодом більше року).

Розвиток географічної оболонки виражається необоротними змінами. При таких змінах повернення до попереднього стану не відбувається, зміни йдуть в одну сторону, в одному напрямку. Необоротні зміни призводять до якісного перетворення географічної оболонки.

Остання пройшла довгий і складний шлях розвитку. Догеологічний етап розвитку Землі (4,6-4.0 млрд. років) — зародження тонкої земної кори, примітивної добіологічної атмосфери. Географічної оболонки тоді не існувало. Сформована пізніше географічна оболонка Землі пройшла у своєму розвитку три якісно різних етапи: добіогенний, біогенний, антропогенний.

Добіогенний етап (4 млрд. — 570 млн. років тому) охоплює архейську, протерозойську ери. У цей період відбувалося нарощування й ускладнення земної кори, утворилися протоплатформи і протогeosинклінали, гідросфера існувала з меншим за сучасний об'ємом води, оформився лише один із океанів — Тихий із солоною водою. У кінці протерозою в океані розвинулося багате життя. Але у цей період біота не грала визначальної ролі у географічній оболонці, ґрунтів не було, атмосфера містила мало кисню, озоновий екран був відсутній.

Біогенний етап (540 млн. — 40 тис. р. тому) включає палеозойську, мезозойську і майже усю кайнозойську ери, за винятком останніх 40 тис. років.

Антропогенний етап (40 тис. р. назад — наш час). Хоча людина як біологічний вид з'явилася 2-3 млн. років тому, проте її вплив на природу довгий час залишався дуже обмеженим. Якісно новим такий вплив став у верхньому палеоліті, в розпалі останнього (вюрмського) зледеніння 38-40 тис. р. тому. Звідси бере початок антропогенний етап розвитку географічної оболонки.

3.1.4. Закономірності зональності та азональності у географічній оболонці

Сутність закономірності зональності полягає в закономірній зміні природних компонентів і утворених ними природних комплексів по широті (від екватора до полюсів). Зональність обумовлюється збільшенням енергетичної основи усіх процесів у географічній оболонці — сонячної радіації — від полюсів до екватора.

Ступінь прояву зональності неоднакова для різних природних компонентів і розподіляється так: клімат — рослинність — тваринний світ — ґрунти — поверхневі води — ґрунтові води — рельєф. Чітко виділяються поясні структури, що мають широтне простягання: пояси освітленості, кліматичні пояси, географічні пояси.

Сутність закономірності азональності полягає у закономірній зміні природних компонентів і природних комплексів у залежності від розподілу внутрішньої енергії Землі. Упродовж геологічної історії енергія земних надр перетворювалася у потенційну енергію по-різному піднятих ділянок земної поверхні. Тобто давня внутрішня енергія відображена в сучасному рельєфі. Оскільки рельєф і висота місцевості змінюються у різних напрямках, то азональність проявляється у зміні географічних об'єктів у будь-якому напрямку. За ступінню прояву азональності природні компоненти розташовуються у такому ланцюжку в бік зменшення указаної ознаки: гірські породи, вода, ґрунт, живі організми, повітря. При зміні рельєфу, висоти

місцевості та складу гірських порід неодмінно змінюються усі природні компоненти. Так, проявами азонанльності в атмосфері є зміна метеопказників у напрямку захід - схід, кліматичні області, тощо. Азонанльність у гідросфері проявляється формою та розмірами всіх водних об'єктів. На різних висотах та при різному складі гірських порід формуються відмінні види ґрунтів. Рослини пристосовуються до умов абіотичного середовища: висоти місцевості на суходолі, її глибини в океані, складу гірських порід, експозиції схилів, тощо.

3.1.5. Закономірність полярної асиметрії

. Північна полярна на піввісь Землі довша за південну, тому що полярне стиснення північної півкулі менше, ніж південної і фігура Землі нагадує кардіоїдальний (серцеподібний) еліпсоїд. Кардіоїдальність — наслідок нерівномірного розподілу речовини планети, зокрема в земній корі.

Наслідком нерівномірного розподілу земної речовини є асиметрія у співвідношенні суходолу та океану у північній та південній півкулях. Суходіл сконцентрований значною мірою у північній півкулі, де вона займає 39% усієї поверхні. У південній півкулі суходіл займає 19% площі. Можна говорити про існування північного материкового кільця у полярних, помірних та субтропічних широтах північної півкулі та південного океанічного кільця у відповідних широтах південної півкулі.

Асиметричними є також полярні області: у північній півкулі Північний Льодовитий океан, у південній — материк Антарктида. Асиметрія в розподілі водної та суходільної поверхонь є однією з основних причин, яка обумовлює своєрідну асиметрію кліматичних умов північної та південної півкуль. Сутність кліматичної полярної асиметрії формулюється так: клімат північної півкулі тепліший і континентальніший, ніж південної.

Відмінності кліматичних умов північної та південної півкуль разом із відмінностями розподілу суходолу та океану в них, спричиняють асиметрію в розподілі рослинного та тваринного світу, ґрунтів. Разом це знаходить своє комплексне відображення у певній асиметрії природних зон на Землі. У південній півкулі немає зони типових тундр. На островах в помірних та субполярних широтах, де, за аналогією з північною півкулею, має бути тундра, простягається зона океанічних лук. Вічнозелені ліси Вогняної Землі, Нової Зеландії, Тасманії — це зовсім не те, що тайга і листопадні ліси північної півкулі. У південній півкулі відсутні також зони лісотундри, лісостепів і пустель помірного поясу. Жоден тип рослинності північних помірного та субполярного поясів не повторюються у їх південних аналогах.

В Антарктиді, на відміну від Арктики, немає наземних ссавців (наприклад, лисиць, мускусних биків), судинних рослин, значна (до 50 %) ендемічність мохів та лишайників. У південній півкулі відсутні двогорбі верблюди, яки, білі ведмеді, моржі, сімейства соснових і таксодієвих. А у північній півкулі не зустрічаються пінгвіни, лама, кондор, араукарії, нототонієві риби тощо.

Тема 3.2. Парадигми та методологічні засади сучасного землезнавства

3.2.1. Хорологічна парадигма у землезнавстві

Землезнавство відображає концептуально-методологічну основу сучасного географічного пізнання. Форма її виразу — парадигма. Це система найбільш загальних фундаментальних вихідних положень науки, що об'єднує

концептуальний спосіб бачення об'єкта дослідження, закони, теорії тощо. Наприклад: матеріалістична та ідеалістична. Одночасно, зазвичай, існують кілька парадигм – взаємодоповнюючих чи альтернативних.

І. Хорологічна парадигма

Зі свого виникнення географія розвивалася у рамках хорологічної парадигми. Спочатку її суть полягала у визначенні і документуванні взаємного положення суходолу й океану, усіх географічних об'єктів, що ніби заповнюють географічний простір. При цьому не з'ясовувалися причини, закономірності взаємного розташування. Їх опис проводився безладно, упорядкований лише за єдиною ознакою – територіальною приуроченістю.

Класичними творами, що репрезентують хорологічну парадигму, є описи мандрівників. наприклад Марко Поло, Никітіна, Пржевальського. Недоліком хорологічної парадигми є низький рівень наукового опрацювання відомостей, одержаний переважно шляхом споглядання, і навіть недостовірність даних. Проте саме хорологічний підхід до вивчення навколишнього світу складає серцевину географічної науки, надає їй специфічності, виділяє серед інших наук.

У сучасній географії хорологічна парадигма реалізується на набагато більш високому рівні: це різні види польового картографування, дистанційні спостереження, вивчення взаємодії між сусідніми і, навпаки, віддаленими об'єктами, позиційний аналіз тощо (приклад: ефект бар'єрного підніжжя і бар'єрної «тіні»).

Піднятися на дуже високий рівень спочатку достатньо примітивному «землеопису» дозволило органічне поєднання хорологічної парадигми з іншими парадигмами. Останні забезпечують наукову обробку даних, їх аналіз, пояснення розташування об'єктів, прогноз майбутніх змін тощо. Це, у першу чергу, систематична парадигма, котра, до речі, формувалася з давніх часів, паралельно зі хорологічною.

3.2.2 Систематична парадигма у землезнавстві

Уже у стародавньому Вавилоні (понад 3 тисячі років тому) небесні тіла об'єднувалися за подібністю у різні групи: планети (хоча знали їх лише 5), зірки (з виділенням сузір'їв – знаків зодіаку). Було сформульовано закон послідовності віддаленості планет, з'ясовано періодичність сонячних та місячних затемнень. У Стародавньому Єгипті була встановлена залежність між повеннями Нілу та положенням Сонця на небосхилі. Був створений сонячний календар, передбачалися погодні зміни тощо.

Основні форми реалізації систематичної парадигми

1. Формулювання законів і закономірностей

Закон відображає стійкі істотні зв'язки між явищами, об'єктами, які мають загальний характер і постійно обов'язково повторюються (якщо виконуються оговорені в змісті закону умови). Закони, як правило, мають формальний вираз, тобто записуються формулою. Ми будемо з вами вивчати ці закони: вологообігу: $E=X+U$ (для океану); радіаційного і теплового балансу, котрі пояснюють парадокс – у червні полярні широти одержують більше тепла, ніж екваторіальні, закон залежності біопродуктивності від співвідношення тепла і вологи.

Найбільш вагомим проявом систематичної парадигми є відкриття періодичного закону географічної зональності. У 1970 році С.В. Калеснік сформулював і узагальнив основні географічні закономірності Землі. Закономірності не мають формалізованого виразу, але теж виражають найбільш суттєві і загальні взаємозв'язки. Наприклад: закономірність зональності дозволяє виявити, сформулювати і пояснити географічний розподіл усіх природних процесів і явищ на Землі в залежності від нерівномірного надходження сонячної радіації. Закономірність цілісності. Наприклад, зараз у помірному поясі, в тому числі на Україні, кількість опадів збільшилася – відбувається підтоплення степу., міст і населених пунктів, наступ лісу на степ, розвиток чагарників у степу.

2) Класифікація об'єктів, явищ, процесів.

Без цього неможливо вивчити й оформити в осяжному вигляді усього розмаїття конкретних об'єктів. Суть класифікації полягає у зведенні величезного переліку індивідуальних предметів дослідження до обмеженої кількості їх видів, типів, класів за ознаками подібності, спорідненості тощо.

Наприклад, ґрунти – мільйони, десятки і тисячі мільйонів окремих ареалів (ділянок) і сотня типів ґрунтів у світі та десятки їх типів на Україні. Це економія праці, енергії та часу. Вивчати не кожний виділ, а закономірності поширення різних видів (чи типів) на певній території. Більш того, це дає можливість прогнозування, який ґрунт має бути на конкретній ділянці земної поверхні, і не потрібно їхати туди і його досліджувати.

3) Районування – є специфічною для географічних наук формою упорядкування знань про поширення географічних об'єктів чи розподіл географічних процесів та явищ на певній території. Береться одна чи кілька ознак (або кількісних показників), за відмінностями яких територія поділяється на різні частини – райони. Наприклад, як найкраще узагальнити інформацію про погодно-кліматичні умови – провести кліматичне районування. У кожній точці різна t° , кількість опадів, тощо. Так і давати цей величезний перелік? Звичайно ні. Слід виділити кілька кліматичних районів.

4. Узагальнення, виведення середніх чи сумарних показників за характерні проміжки часу (добу, місяць, сезон, рік, тридцять років (кліматична епоха)).

3.2.3. Модельна парадигма у географії

Одержання і, особливо, обробка інформації про географічні об'єкти неможлива без створення їх моделей, тобто відбору найбільш суттєвих ознак та узагальнення кількісних даних і відображення їх у моделях. Особливості географічних моделей обумовлюються специфічністю реальних географічних об'єктів: територіальністю, гетерогенністю, відсутністю лінійних меж, інтенсивною взаємодією.

Територіальність – географічні об'єкти мають певну розмірність – довжину, ширину, висоту, потужність; розташування на певній відстані, висоті чи глибині від інших географічних об'єктів.

Гетерогенність (різномірність складу та будови) – об'єкти містять складові різної природи – зокрема живої та неживої (жива речовина, нежива речовина, біокосна (ґрунт, мертві органічні речовини)).

Здебільшого відсутність лінійних меж, а перехідні зони – це смуги, що мають певну площу, а ще частіше – об'єм. Наприклад: між водними і повітряними масами, між лісом і луками – узлісся.

Інтенсивна постійна взаємодія між географічними об'єктами через обмін речовиною, енергією, інформацією, при чому взаємодія тим активніша, чим більш відмінні їх властивості. Так, вітер сильніший, де більша різниця атмосферного тиску; більший стік у горах, де значні перепади висот, там же обвали, осипи, ерозія. Течії утворюються у протоках між океанами і морями. Специфічні географічні моделі – карти, глобуси. Крім того, знакові моделі – формули, схеми тощо.

Моделна парадигма здійснюється через ізоморфні та гомоморфні співвідношення. Ізоморфні – тоді, коли щонайменше два об'єкти (об'єкт і його модель) подібні настільки, що можуть взаємно заміщувати один одного. Так, спершу з'ясовують, що певна кількість об'єктів є ізоморфними, тобто належать до одного виду, типу. Потім детально досліджують один з об'єктів, вважаючи його ізоморфною моделлю усіх інших, таких об'єктів. Одержані дані переносять на десятки, сотні чи навіть тисячі ізоморфних об'єктів. Гомоморфні співвідношення – подібність за деякими суттєвими ознаками, хоча в цілому об'єкти дуже різні. Наприклад: динаміку підземних вод вивчають на електричних моделях.

Існують два підходи до географічного моделювання : 1) Усі наші знання про природу Землі – лише моделі, більш-менш наближені до дійсності. 2) Багато географічних явищ не можна досліджувати безпосередньо через їх величезні розміри, непомірну тривалість чи надвисоку швидкість процесів.

Моделювання здійснюється також шляхом створення спеціальних приладів та установок – штормові басейни, моделі грозових процесів, атмосферних явищ (циклонів, антициклонів), рельєфотвірних процесів, гідрологічних процесів у різних водоймах (річках, озерах, водосховищах тощо). На цих моделях з'ясовуються закономірності перебігу процесів і на їх основі дається прогноз. Таким чином моделювання дає практичну користь. Моделювання застосовувалося з найдавніших часів: геліоцентрична модель Сонячної системи (Копернік), моделі внутрішньої будови Землі (модель Гольдшміда як доменний процес).

3.2.4. Системна парадигма у географії

1. Система складається з елементів
2. Усі елементи підлягають дії одних і тих же закономірностей. Знаючи загальні закономірності, легше і економніше (меншими зусиллями) вивчити усі елементи.
3. Елементи перебувають у закономірних взаємозв'язках. Прямі зв'язки – причинно-наслідкові; зворотній зв'язок є реактивним (тобто визначає реакцію системи на відповідний прямий зв'язок). За прямими зв'язками здійснюється обмін речовиною і енергією. За зворотними зв'язками відбувається саморегуляція геосистеми. Саморегуляція – одна із найголовніших властивостей геосистем, яка дозволяє їм існувати в умовах постійних зовнішніх впливів (космічних процесів, внутрішніх процесів Землі, й що зараз надзвичайно актуально, антропогенного впливу). Наприклад :антропогенний розвиток ерозії (розорювання степів, вирубування лісів).

Зворотні зв'язки бувають позитивні й негативні. Перші сприяють підсиленню зовнішнього впливу (лавиноподібні процеси, ланцюгові реакції), другі гасять зовнішній вплив. Саморегулювання водного балансу озер:

$X+Y-E=0$ - стабільність маси води в озері; площі водного дзеркала.

Збільшення площі водного дзеркала за рахунок збільшення надходження води (X чи Y), викликає збільшення витрат на випаровування і водний баланс врівноважено, а площа зменшується. Коли прихід води зменшується, то зменшується площа і зменшується випаровування. Водний баланс дорівнює 0. Тому озера не збільшуються безмежно й озера не зникають навіть у дуже посушливих районах.

Приклад зворотних зв'язків у геосистемі - авторегулювання зледеніння на Землі : підняття земної поверхні або похолодання атмосфери – розростання льодовиків → зменшення площі Світового океану → зменшення кількості опадів → зменшення льодовиків → не створюють холодного мікроклімату, тому танення льодовиків → збільшення площі Світового океану → зменшення альbedo (відбивальної здатності земної поверхні) → Землі → подальше потепління → танення льодовиків → збільшення площі Світового океану → збільшення кількості опадів → розростання льодовиків → зменшення площі Світового океану → збільшення альbedo → подальше похолодання → розростання льодовиків. – Коло замкнулося. Це схема періодичності зледеніння за рахунок негативних зворотних зв'язків на основі перерозподілу води в системі океан – льодовики.

Інші приклади негативних зворотних зв'язків у геосистемах : відновлення природних геосистем після припинення втручання людини (заростання полів). Більшість складних геосистем здатні до саморозвитку – ускладнення та удосконалення. Природні системи утворюють ієрархію.

3.2. 5. Екологічна парадигма у землезнавстві

Взаємовідносини хазяїн-середовище має два аспекти :

1) (класична біологічна екологія) : хазяїн - біота, середовище - абіогенна природа; 2) соціальна екологія – хазяїн-людське суспільство, середовище – біота +абіогенна природа. У геосистемах або екологічних системах прямі зв'язки – природокористування, зворотні зв'язки – екологічна реакція.

Для пересічної людини (від піонера до пенсіонера) сформульовано екологічні принципи Комонера – все зв'язано з усім, усе повинно кудись діватися; природа знає краще (вона не планувала водосховищ, коливання рівня Каспію або надлишки опадів у сухому степу). Уроки екологічних прорахунків – перекидання вод північних річок до Каспію, ефект водосховищ на рівнинах (Україна), підтоплення і засолення земель у пустелях.

Принцип «усе зв'язано з усім» корелюється із географічною закономірністю цілісності. Наприклад, експеримент, що ставить природа : «ефект течій Ель-Ніньо». Журналістський (некомпетентний) підхід – Ель-Ніньо зумовила снігопади в Іспанії і торнадо в США. Течія Ель-Ніньо підриває економічне благополуччя чілійців – мешканців пустелі Атакама. Пояснити такий парадоксальний висновок можна через систему тотальних взаємозв'язків у географічній оболонці.

Принцип «Усе повинно кудись діватися». –Наприклад, підтоплення та засолення зрошуваних земель. Надлишкова вода просочується у ґрунт і піднімає рівень ґрунтових вод. В умовах їх підвищеного залягання та жаркого посушливого клімату формується «випітний» водний режим у ґрунтах → унаслідок чого відбувається засолення). Результати переполиву домашніх

рослин : влітку – засолення, взимку – гниють корені. Підтоплення міст та сіл в Україні. Типова фраза про небетоновані вигрібні ями по селах, коли їх не чистять – «воно кудись дівається». Приклад про геохімічні бар'єри – осідання радіоактивного забруднення у каскаді дніпровських водосховищ.

Принцип «природа знає краще»:

Кожний географічний об'єкт, геосистема має певні розміри, розташування, будову. Вони не випадкові, а чітко прилагоджені, урівноважені з умовами власного навколишнього середовища. З найбільшою ефективністю будь-яка природна система функціонує у певних характерних для неї межах

При спробах докорінних перетворень природних комплексів за допомогою техніки порушуються оптимальні, урегульовані природою просторово-часові межі їх існування. Це спричинює низку негативних екологічних наслідків.

Наприклад: при створенні водосховищ на рівнинах. їх ширина у багато разів перевищує ширину «материнської річки». Звідси низка екопроблем на каскаді дніпровських водосховищ, матеріальна витрати (економічний ущерб) від яких перевищують економічний зиск. Тому треба детально і точно вивчати параметри, механізми функціонування та зовнішні взаємозв'язки природних систем насамперед засобами географії. Усі зміни в природі слід планувати відповідно до одержаної інформації про них шляхом спонукання корисних природних ланцюгових реакцій при найменшому «м'якому» втручанні.

Наприклад: розведення копитних в Африці.

У даному природному комплексі може утворитися біомаса і здійснитися приріст родючого шару в ґрунті не більший за властивий цьому природному комплексу при ідеальному поєднанні його природних компонентів.

Штучне стимулювання біопродуктивності людиною з метою одержання більшої користі та зиску веде лише до руйнування природного комплексу. Наприклад: - перевищення норм добрив, навіть органічних, веде не до збільшення, а до зменшення урожайності. При цьому забруднюються ґрунти, поверхневі та підземні води, атмосферне повітря тощо. Приклади неадекватного втручання людини у природні комплекси: наслідки осушення торфовищ в Українському поліссі та лісостепу .

Людина може брати з природних ландшафтів зразки вельми економного та продуктивного використання умов та ресурсів. Наприклад, учені звернули увагу, що в кожній куртині дикорослих рослин окремі їх екземпляри мають різний розвиток. Одні квітують, інші вже зав'язали насіння, а у третіх ще й бутони не зав'язалися. Це не випадково. оскільки така неодноразовість розвитку, очевидно, створена природним добром як пристосування, що покращує використання ним місцевих життєвих ресурсів. Адже потреби рослин різного віку у поживних речовинах із ґрунту неоднакові.

Вирішили подібну технологію використати у сільському господарстві: посадки картоплі зробили через ряд: один рядок раннього сорту, другий – пізнього. Коли рання картопля досягає, її збирають, а землю обгортають рядки пізньої картоплі. Коли врожай збирають повністю. то в змішаних посадках він виявляється на 40-50 % вищим, ніж в односортних. Приклади економного використання ресурсів у куртині дикорослих рослин, в'юнки на клумбі тощо.

У природних комплексах не виникає проблем з утилізацією використаних речовин на відміну від створених людиною речовин, технічних пристроїв, знешкодження котрих часто обходиться дорожче, ніж їх створення.

Принцип: ніщо не дається задарма або за усе треба платити.

Коли людина грубо втручається в природу, їй доводиться платити двічі: «у переносному сенсі» – розплачуватися здоров'ям чи навіть життям за погіршення умов НПС, у прямому сенсі – матеріальними витратами на ліквідацію негативних екологічних наслідків необґрунтованого втручання.

Наприклад: - проблема висихання Аральського моря унаслідок величезних водозаборів на зрошення. Отруйний пил із дна розносився на сотні і тисячі кілометрів («жовтий» сніг у Чувашії тощо), отруєна калюжа скидів зрошувальних вод у Сарокамишській западині. Згадаємо також принцип «усе повинно кудись діватися». Проект перекидання вод північних річок через Волгу до Каспію.

3.2.6. Методологічні засади сучасного землезнавства

Методологічна засада генетизму

Історико–генетичний метод пізнання вважають одним із найсуттєвіших у фізичній географії. Сутність цього методу полягає в аналізі походження та умов утворення природних явищ на Землі. З цієї точки зору всі явища можна поділити на релікти, прогресивні та консервативні. Властивості природних об'єктів, котрі утворилися у попередні геологічні епохи в інших умовах, ніж нинішні, називають реліктами. Шлях розвитку відіграє головну роль у формуванні географічних об'єктів. Наприклад, полісся замість зонально логічного лісостепу на півночі України утворилося внаслідок зледеніння. Плейстоценове зледеніння залишило після себе водно-льодовикові піщані відклади, котрі кардинальним чином вплинули на умови зволоження цієї території.

Методологічна засада емерджентності

- Емерджентність – поява у системі нових властивостей, яких немає у кожного її елемента зокрема. У хімії – утворення сполук.
- У географії такі приклади:
- в залежності від кількості водяної пари насичене і ненасичене повітря має різні властивості;
- продукування біомаси і утворення ґрунту – емерджентні властивості природних геосистем (ландшафтів) – результат взаємодії природних компонентів як складових геосистем (закон максимуму, максимальне ККД у природних ландшафтах – при використанні ресурсів води, тепла, поживних речовин для продукування біомаси);
- поверхня пухких ґрунтових покриттів у тисячі разів уразливіша до ерозії, ніж та, яка покрита рослинністю;
- незначна плівка нафти на поверхні океану різко знижує випаровування, утруднює газообмін між водою і повітрям. знищує планктон і подальший харчовий ланцюг, тобто докорінно змінюються властивості величезної маси океанічної води;
- на малих островах не можуть існувати великі тварини ;
- у невеликій водоймі не можуть розвиватися великі хвилі.

Методологічна засада уніформізму

Уніформізм означає загальний зв'язок явищ і відповідає постулату цілісності, котрий проголошує, що усе зв'язано з усім. У географії найважливішими є зв'язки територіальні та функціональні. Властивості географічного об'єкта залежать від його місцеположення, співвідношення із іншими об'єктами як ближніми, так і віддаленими. При цьому обмін речовиною та енергією може бути як слабким, так й інтенсивним. Виразом засади уніформізму є постулат цілісності: зміна будь-якої складової, що перевищує деяке значення (поріг чутливості), обов'язково має наслідки в інших складових цієї системи.