

Географія

УДК 550.3+577.35:911.2

**Когут Василь Іванович**

*магістр 014.07 Середня освіта (Географія);*

*магістр 014.15 Середня освіта (Природничі науки),*

*асистент вчителя*

*Чортківський ліцей №5*

*Чортківської міської ради Тернопільської обл.*

**Kohut Vasyl**

*Master, Teacher's Assistant*

*Chortkiv Lyceum No. 5 of*

*Chortkiv City Council of the Ternopil Region*

*ORCID: 0009-0005-2777-5177*

**БІОГЕОФІЗИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В КОНТЕКСТІ  
ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У ПРИРОДІ НА  
ГЛОБАЛЬНОМУ РІВНІ**

**BIOGEOPHYSICAL RESEARCH IN THE CONTEXT OF  
FUNDAMENTAL INTERACTIONS IN NATURE AT THE GLOBAL  
LEVEL**

*Анотація.* У статті розкриті підходи біогеофізичних досліджень на глобальному рівні. На основі літературного огляду праць вітчизняних та зарубіжних науковців розкриті особливості біогеофізичних досліджень крізь призму природничо-наукової картини світу. Визначено особливості сучасних досліджень простору та часу у всесвіті, біогеофізичних властивостей планети Земля. Аналізуються методичні підходи, щодо особливостей вивчення географічної оболонки та її складових. Окреслюється значення ПТК у структурі геосистем. Узагальнюються особливості досліджень рівнів організації життя.

**Ключові слова:** глобальні біогеофізичні дослідження, природничо-наукова картина світу, простір та час, всесвіт, планета Земля, географічна оболонка, рівні організації життя, ПТК.

**Summary.** *The article discloses biogeophysical research approaches at the global level. On the basis of a literary review of the works of domestic and foreign scientists, the peculiarities of biogeophysical research through the prism of the natural-scientific picture of the world are revealed. Features of modern research of space and time in the universe, biogeophysical properties of the planet Earth are determined. Methodological approaches are analyzed in relation to the peculiarities of studying the geographic envelope and its components. The importance of PTK in the structure of geosystems is outlined. The peculiarities of research on the levels of life organization are summarized.*

**Key words:** *global biogeophysical research, natural and scientific picture of the world, space and time, universe, planet Earth, geographical shell, levels of life organization, PTK.*

**Вступ.** Суспільство протягом свого історичного розвитку цікавилось ґрунтовним вивченням системної єдності світу. Відображенням таких наукових пошуків стало формування сучасної природничої наукової картини світу, яка розглядає навколишню дійсність, крізь призму суті процесів та явищ природи у нескінченій системі, що ототожнюється невичерпністю матерії [19].

Біогеофізика, як самостійний науковий напрям ґрунтується на природничонауковій картині світу, що дозволяє поєднати в собі геофізику та біофізику. Підґрунтя цих наук дозволяє формувати цілісне уявлення про процеси та явища у природі на сьогоdnішньому етапі наукового пізнання [10]. У головних компонентах структури біогеофізики виражена цілісна картина природи, яку називають спеціальною картиною світу в межах якої

відбувається систематизація знань, що є наочним втіленням системи наукових взаємозв'язків, яка дозволяє біогеофізиці на сьогодні стати фундаментальним базисом сучасного світорозуміння [12].

Біогеофізичними дослідженнями на глобальному рівні займалися ряд дослідників: Балан Г.К., Селезньова Л.В. [1], Білецький В. С. [2], Бусел В. Т. [3], Василега В.Д. [4], Жегунов, Г. Ф. [6], Кессурі П., Фурман А., Хьюсман Я. [9], Петровський О.М., Соловйов В.В., Давиденко Л. П., Усенко Д.В. [16], Хіберт, Ф.К., Беннетт Р.С. [21] та ін., проте проблема здійснення таких досліджень залишається малорозкритою, або ж опосередковано розкритою в контексті суміжних з біогеофізикою наук, що й обумовлює актуальність теми.

**Ціль роботи.** Розкрити теоретичні основи біогеофізичних досліджень на глобальному рівні.

Основними завданнями роботи є: 1) дослідження біогеофізики в контексті природничо-наукової картини світу; 2) вивчення особливостей біогеофізичних досліджень географічної оболонки; 3) здійснення літературного аналізу щодо локалізації рівнів організації життя під впливом фізичних факторів; 4) визначення фізичних закономірностей поширення живих організмів в ієрархізації ПТК.

Об'єкт дослідження: біогеофізичні дослідження. Предмет: розкриття біогеофізичних досліджень в контексті фундаментальної взаємодії у природі [10].

**Матеріали і методи.** Сучасні глобальні дослідження в рамках біогеофізики активно проводяться різними міжнародними установами та науковими організаціями, зокрема: Європейською асоціацією геофізиків та інженерів, Американським геофізичним союзом, Міжнародним геодезичним і геофізичним союзом (МГГС) тощо [20]. Вони детально розглядають глобальні процеси, що відбуваються на нашій планеті з точки зору біогеофізичних досліджень, де проглядаються особливості поширення

та розвитку біорізноманіття із перебігом фізичних, фізико-хімічних та фізіологічних реакцій в середовищі, що нас оточує.

У роботі були використані наступні методи: 1) емпіричного дослідження (опис); 2) теоретичного пізнання (сходження від абстрактного до конкретного і формалізація); 3) загальнологічні методи і прийоми дослідження (узагальнення, дедукція, аналіз, синтез, абстрагування, системний підхід, моделювання) [10].

**Результати та обговорення.** *Біогеофізичні дослідження крізь призму природничо-наукової картини світу.* На сьогодні ядром біогеофізики виступає єдність трьох фундаментальних поглядів науки: 1) географічний- дозволяє теоретично обґрунтувати закономірності будови й розвитку географічної оболонки та її окремих складових частин; 2) біологічний – обґрунтовує концептуальні положення живої речовини в цілому, а також її розвиток та еволюцію, що забезпечує вирішення проблеми, щодо місця людини, як біосоціальної істоти в природі; 3) фізичний- забезпечує вивчення найзагальніших закономірностей явищ природи та властивостей і будови матерії, закони її руху. Сьогодні у науці зустрічається четвертий, екологічний погляд, що відповідає за вирішення глобальних екологічних проблем людства.

Пори те, що біогеофізика, як самостійна наука є порівняно молодого та сформувалася на початку 60-тих років ХХ ст., починаючи із робіт Бернера Б., перебудови для становлення цієї науки в контексті природничо наукової картини світу проходили довгий шлях розвитку [21].

Зокрема початкові уявлення про цілісність світу виникли в період античності. Натурфілософи проводили примітивні досліди, а наукові узагальнення ґрунтувались на основі спостережень.

В середньовіччі панувала догматичність описової науки, яка створює передумови для появи в епоху відродження перших експериментів, що призвели до відкриття закономірностей. У другій половині XV ст.

природничо-наукові знання починають стрімко розвиватися, що дозволило із закономірностей формувати закони, зокрема: механіки (XIV-XVIII ст.), закон широтної зональності, закон зародкової схожості (XIX) тощо.

У XVIII ст. промисловий переворот, дозволив досліджувати ряд явищ, які стали передумовами до становлення електродинамічної, квантової та інформаційної картин світу, які на сьогодні дозволяють наочно та цілісно представити загальні зв'язки й взаємозумовленість усіх природніх процесів та явищ.

Сучасна наукова картина біогеофізичних досліджень побудована за такими фундаментальними принципами: 1) цивілізаційністю у процесі використання ресурсів; 2) невідворотністю впливу людства на Землю (Гегель, Кант, Тейяр-де-Шарден, Вернадський); 3) підтримка стійкості географічної оболонки; 4) конструктивні шляхи у вирішенні глобальної екологічної проблеми; 5) принцип граничної достатності; 6) екстенсивний та інтенсивний напрямки зниження інформаційного ущільнення географічного простору; 7) просторовий перерозподіл невідновлювальних ресурсів та структурування земельних ресурсів завдяки розробці ідеальних моделей просторової організації урбоєкосистем; 8) ноосферологічна концепція Вернадського В.І.; 9) визначення коефіцієнту витрат простору (просторової ентропії) через його структуризацію; 10) удосконалення системи духовно-етичних цінностей людства на принципах сталого розвитку [19].

Отож біогеофізика в контексті природничо-наукової картини світу, являється однією із її частин, що включає в себе загальні уявлення про природу і як самостійний напрям дозволяє комплексно дослідити динамічні процеси, структуру та кругообіг речовин і енергії, що відбуваються на певній території. Тому біогеофізика вивчає загальні закономірності географічної оболонки, рівні організації життя під впливом

фізичних факторів в межах ПТК та її структурні особливості, явища взаємодії та саморегуляції інформаційних й енергетичних процесів [21].

*Дослідження простору та часу.* Системи мікро-, макро- і мега-світів існують у всесвіті в оточенні хаосу. Весь всесвіт складається із дрібніших мікрочастинок: атомів, молекул, мікроорганізмів, які перебувають у певному просторі, що характеризує їх структуру розташування одних відносно інших. У просторі відбуваються всі зміни з об'єктами матеріального світу під впливом часу, що досліджує біогеофізика.

У різні часи вчені намагаючись знайти життя на інших планетах, роблячи спроби досягнути глобальні межі всесвіту, що змогли здійснити у своїх наукових доробках: Арістотель (319 р. до н.е.), Галілей Г. (1640), Ньютон І. (1720), Хаббл Е. (1929), Леметр Ж (1931), Хокінг С. (1988), Грос Д. (1998) та ін.

Сучасне технічне забезпечення дозволяє визначити, що у просторі та часі відбувається безупинний рух матерії, тому щоб здійснити опис будь-якого об'єкта чи явища, потрібно розуміти коли, де і за яких умов вони виникли. Простір вказує на порядок розташування і протяжність предметів, явищ, об'єктів одине від одного. На відміну від нього, час (t) дозволяє визначити тривалість існування та еволюційну послідовність змін предметів, явищ, об'єктів матеріального світу. Тому час має особливість односпрямованості, тобто проходить лише в одному напрямі і вказує на тривалість певної події, що відбулася за певний інтервал часу. Це дозволяє здійснювати дослідження еволюції систем планети та всесвіту [19].

Снеддон Я. Н. (1980) у праці «Рецензія на математичні методи класичної механіки та курс математичної фізики» зазначає, що від простору і часу взаємозалежним є рух, що позначає усі якісні та кількісні зміни, які відбуваються у природі. В цілому властивості часу та простору дозволяє опосередковано пояснити рівняння загальної теорії відносності А. Ейнштейна. Більш чітка взаємозалежність часу та простору простежується

в спеціальній теорії відносності, проте тут час не є абсолютною величиною, тому від швидкості системи відліку залежить просторова протяжність та швидкість плину часу, яка пояснюється перетворенням Лоренца, що підтверджує обертання тіл у чотирьохвимірному просторі та розраховується евклідовим методом ( $s^2=(x-x_0)^2+(y-y_0)^2+(z-z_0)^2$ ) [18].

Роджер Пенроуз (2007) у праці «Шлях до реальності, або Закони, які керують Всесвітом» вважає, що час та простір в біогеофізиці варто розглядати, як сталі величини у фундаментальній системі координат, які дозволяють визначати взаєморозміщення предметів, об'єктів, явищ природи в хронологічному та просторовому звязку. Простір і час можна пояснити з допомогою чотирьох величин з розмірністю довжини: ( $ct, x, y, z$ ) де  $c$ -швидкість світла,  $t$ - час, а решту величин задають місце події, що вдало пояснює двовимірне положення будь-якої події відносно спостерігача.

Світлова лінія дозволяє поєднати світові точки у процесі руху частинок у часі та просторі. З допомогою просторово-часового інтервалу задається відстань між світовими точками.

У системі відліку усі координати ( $ct, x, y, z$ ) є взаємопов'язані та трансформуються на чотирьохвекторні компоненти при зміні систем відліку, яка не завжди є інерційною, оскільки у полі гравітації багатьох тіл таку систему відліку вибрати неможливо, що підтверджує викривленість часу та простору [17].

*Космічний простір.* Мольчак Я. О., Ільїн Л. В. вказують, що результатом досліджень усіх природничих наук, в тому числі біогеофізики є підтвердження того, що виникнення життя на нашій планеті напряду взаємопов'язано із космічним простором та всесвітом. У процесі довготривалого розвитку, що пояснювали в різні часи креаністична, геоцентрична, геліоцентрична та еволюційна моделі, наш всесвіт досяг

сучасного стану. У всесвіті існує безліч зірок і туманностей, які складають галактику. Видима частина великого скупчення зірок й туманностей на зоряному небі є нашою галактикою Чумацький Шлях, яка дещо сплюснутої форми. За приблизними підрахунками її діаметр становить 120 тис. світлових років. До її складу входить наша Сонячна система. За межами Чумацького Шляху розміщена Метагалактика, тобто сукупність інших галактик, які складають існуючий всесвіт. Сонячна система є планетарною структурою, куди відноситься зоря- Сонце, кругом якої по своїх орбітах обертаються 8 планет та карликових планет з їх супутниками, комети, астероїди, метеорити. Уявлення про структуру Сонячної системи виникли не відразу та динамічно розвивалося в історії. Вперше закономірності орбітальних рухів планет були відкриті Галілеєм Г. (1590), Кеплером Й. (1600), Ньютоном І. (1720).

Зокрема Ньютон І. (1720) відкривши закон всесвітнього тяжіння, зміг пояснити, що тіла у всесвіті притягують одне до одного із силою, що є прямо пропорційна добутку їх мас і обернено пропорційна квадратові відстані між ними. Цей закон дозволив пояснити рух планет навколо Сонця і рух супутників навколо планет. Також положення та рух планет відносно Сонця обумовлена силою тяжіння та відцентровою силою, що зрівноважують одна одну. Саме сила тяжіння дозволяє утримувати планети на своїх орбітах, а відцентрова сила протидіє надто близькому притягуванню космічних тіл. Усі планети у Сонячній системі рухаються по спіралі, витки якої охоплюють Сонце. Вони разом із їх супутниками також обертаються навколо своєї орбіти проти годинникової стрілки (окрім Урана та Венери). Обертання Землі навколо Сонця складає рік (365 діб 6 год 9 хв 10 с), а обертання навколо власної осі складає добу (23 год 56 хв 4 с) [14].

Важливими у дослідженні космічного простору стали концептуальні біогеофізичні положення, зокрема концепції про еволюцію і будову



галактик, концепція небулярної моделі утворення (за П'єром Лапласом та Імануїлом Кантом, концепція газопилової холодної хмари (за Шмідтом О.Ю.), положення про час та простір Ньютона І., Лейбніца Г., Ейнштейна А.; теорія квантової механіки, що встановлює спосіб опису і закони руху на мікрорівні (за Планком М.) тощо [10].

*Фізичні властивості планети Земля.* Під фізичними властивостями нашої планети розуміють її форму, кліматичні та температурні характеристики, тиск, масу, густину речовини, пружність, електричні властивості, гравітацію та магнетизм. В різні історичні періоди були різні уявлення про форму та розміри Землі. Сучасні дослідження, проведені космічним зондуванням довели, що поверхня Землі має форму геоїда, що в перекладі означає «землеподібний». Розміри та форма нашої планети були математично обґрунтовані геодезистом Ізотовим О., ще у 1940 році, який також змодельював фігуру нашої планети, яка була названа еліпсоїдом Красовського (в честь вченого). Було визначено, що площа поверхні Землі= 510 млн. км<sup>2</sup>, а об'єм= 1083204 млн. км<sup>3</sup>. Маса Землі становить 5,98·10<sup>27</sup>т, а середня густина= 5,5 г/см<sup>3</sup>. Температурні показники залежать від надходження тепла. Добові коливання температур здатні доходити до глибин в 1 м 20 см, а сезонні до 30 см, нижче яких знаходиться нейтральна зона постійної температури (+12°C), а при подальшому заглибленні (ближче до ядра) температура зростає в рази. Електричні властивості проявляються у телуричних струмах, що пов'язані з фізико-хімічними процесами, які протікають на планеті. На електричні властивості планети досить великий вплив здійснює магнітне поле.

Карапузова Н. Д., Карапузова І. В., Помогайбо В. М., Починок Є. А. (2014) у підручнику «Основи природознавства» зазначають, що тиск на Землі збільшується від її поверхні до центру. Оскільки Земля має магнітне поле, то її фізичні властивості можна порівнювати з великим магнітом. Це поле зазнає неперіодичних та періодичних коливань (магнітні бурі).

Магнітні полюси планети не збігаються з географічними, внаслідок чого магнітна вісь відхилена від осі обертання на  $11,5^\circ$ , що дещо ускладнює орієнтування в просторі. Земля навколо себе має поле тяжіння (гравітаційне поле), що зумовлене її масою, середнє значення якого складає  $9,8 \text{ м/с}^2$ . Обертання планети навколо своєї осі забезпечує їй відцентрову силу. Рівнодіючу відцентрової та гравітаційної сил називають силою тяжіння, що забезпечує колообіг речовин та енергії в географічній оболонці. Пружність, як властивість гірських порід визначають за сейсмічними хвилями, внаслідок яких виділено земну кору, мантію, ядро, а також знаходять поклади корисних копалин.

Земля характеризується складною будовою, що простежується у наявності декількох геосфер, які відрізняються своїм складом, біогеофізичними властивостями та станом речовини. Серед, яких вирізняють: атмосферу, літосферу, ризосферу, гідросферу, кріосферу, біосферу, ноосферу, антропосферу, техносферу [8].

*Біогеофізичні дослідження географічної оболонки Землі.* У праці «Загальне землезнавство» Мащенко О.М. подає визначення географічної оболонки (ГО), як глобальної геосистеми, або ж загальнопланетарного природнього комплексу, що поєднує усю гідросферу та біосферу, нижню частину атмосфери (до озонового шару), верхню частину літосфери (до поверхні Мохоровичича), що взаємовпливають та взаємодіють між собою (табл. 1).

Кобернік С.Г. вказує, що географічна оболонка є найбільшим природнім комплексом планети в межах якої стикаються та проникають одна в одну і взаємодіють верхні шари літосфери, вся гідросфера, біосфера, нижні шари атмосфери. Властивостями географічної оболонки є: наявність життя, існування речовин у трьох станах, кругообіги води, повітря, речовин, біологічний кругообіг тощо.

Броунов П. та Григор'єв А. виділяють такі функціональні ознаки географічної оболонки: 1) характеризується цілісністю, ритмічністю, динамікою (незворотністю змін), безперервністю, нерівномірністю розвитку; 2) включає систему різновидів вільної енергії та тепла; 3) поєднує агреговану речовину; 4) вирізняється різноманітністю форм рельєфу, ґрунтового покриву, осадових порід та органічного світу; 5) простежується дія законів термодинаміки низьких температур і тиску; 6) існує фактор антропічного впливу; 7) енергія та речовина в географічній оболонці зберігається та перетворюється у послідовних ланцюгах природних процесів (кругообігу речовини та енергії на Землі).

Географічна оболонка пройшла складний шлях формування та розвитку на певних етапах (за Мащенко О.М.): 1) догеологічний етап (4,6-4.0 млрд. років); 2) добіогенний етап (4 млрд.-570 млн. років тому); 3) біогенний етап (540 млн.- 40 тис. р. тому); 4) антропогенний етап (40 тис. р. тому-сучасність) [9].

Визначальними функціональними закономірностями географічної оболонки з точки зору біогеофізики є: 1) закономірності зональності та азональності у географічній оболонці; 2) закономірність полярної асиметрії (полярне стиснення північної півкулі менше, ніж південної); 3) закономірності природних фізичних полів Землі, що включають: гравітаційне (поле сили тяжіння), геомагнітне, температурне, електромагнітне, сейсмічне (поле пружних механічних коливань) і радіаційне (поле іонізуючих випромінювань); 4) закономірності значення сили тяжіння, редукції та аномалій сили тяжіння; 5) закономірності формування зовнішнього магнітного поля Землі – магнітосфери, як різновиду фізичної матерії, що здійснює зв'язок і взаємодію між електрично зарядженими частинками [12].

У формуванні географічної оболонки ключовими стали концептуальні положення Гіпотези Геї, що висунув Лавлок Дж. (1979). На

сьогодні популярною є концепція радіальних зв'язків між компонентами, щодо взаємозв'язку геосфер і її частин, в системі яких не можна змінити одне, не впливаючи на все інше [10].

Таблиця 1

**Біогеофізичні дослідження основних компонентів географічної оболонки**

Назва компонентів ГО:	Біогеофізичні дослідження:
Атмосфера	<ol style="list-style-type: none"><li>1) вплив фізичних факторів на склад повітря в нижніх шарах тропосфери, відповідно до території;</li><li>2) дію кисню та діоксиду вуглецю на функціонування живої речовини, необхідної для дихання та процесу фотосинтезу;</li><li>3) вплив на живі організми фізичних явищ, зокрема атмосферного тиску, що змінюється;</li><li>4) дослідження захисної функції озонового шару;</li><li>5) вивчення рідкісних оптичних явищ: веселка, полярне сяйво, гало, міраж, та їх вплив на ареали видів живих організмів [1].</li></ol>
Літосфера	<ol style="list-style-type: none"><li>1) разом з геодинамікою досліджує фізичні властивості впливу на рельєфоутворення рухів літосферних плит, які опосередковано впливають на ареали поширення популяцій;</li><li>2) вивчається в'язкий шар астеносфери, тектоносфера в якій проходять основні геологічні процеси, та фізичні властивості абіосфери- нижнього шару літосфери на який не впливають живі організми чи біогенні речовини;</li><li>3) дослідження фізичних факторів впливу на живі організми процесів та явищ, які відбуваються у трьох сейсмічних поясах Землі: Тихоокеанському вогняному кільці; Розгалуженій системі серединно-океанічних хребтів; Альпійсько-Гімалайському поясі;</li><li>4) застосування мобілістської моделі при дослідженні розвитку магматичних та тектонічних процесів у літосфері (вивчення даних про латеральні та вертикальні речовинні, структурні, біогеофізичні і геологогеоморфологічні неоднорідності верхніх геосфер);</li><li>5) структура внутрішньої морфології літосфери дозволяє аналізувати склад речовин та їх вік, температуру, густину, агрегатний стан, силу тяжіння до Землі (прискорення сили тяжіння), величину магнітного поля;</li><li>6) вивчає мікроорганізми, що містяться у прошарках континентальної земної кори (осадового, гранітного, базальтового) та океанічної земної кори;</li><li>7) досліджує речовинний склад та фізичні властивості і морфологію мікроорганізмів у осадових, магматичних та метаморфічних гірських породах;</li><li>8) розглядає фізичні властивості гірських порід, куди включають: пористість, щільність, швидкість поширення пружних хвиль, проникність, питомий електроопір, поляризованість, намагніченість, радіоактивність, теплопровідність тощо [16].</li></ol>
Ризосфера	<ol style="list-style-type: none"><li>1) вивчення фізичних закономірностей ґрунту та його впливу на живу речовину;</li><li>2) експертиза вузької ділянки ґрунту, що безпосередньо оточує корінь рослинних організмів;</li></ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>3) дослідження впливу на ґрунт секреції кореня з мікроорганізми (бактеріями) [7];</li> <li>4) вплив бактерій на постачання рослині сполук азоту та його фіксацію [15];</li> <li>5) спроможність рослин виділяти у ризосферу багато речовин, що мають різну функціональну роль (корені деяких видів здатні секретувати алелопатичні речовини, які пригнічують розвиток інших рослин);</li> <li>6) аналіз симбіотичних мікроорганізмів (PGPR-бактерій), які здатні стимулювати ріст окремих рослин і захищати їх від плісняви [21].</li> </ol>
Гідросфера	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) характеризує вплив агрегатного стану води на живі організми;</li> <li>2) вивчає властивості мікрофлори природних вод, зокрема: розчинених в магматичних розплавах, сорбованих поверхнею мінералів, капілярних, осмотичних, біологічно зв'язаних тощо;</li> <li>3) аналізує неоднорідність та теплопровідність (високий ККД теплової машини Землі) у гідросфері;</li> <li>4) ставить завдання дослідити походження гідросфери;</li> <li>5) вивчає різноманітні форми циклічного колообігу вод, що існують на Землі, зокрема: 1) водообмін: океан - атмосфера, суша - атмосфера, океан – суша, 2) річковий стік (на поверхні), 3) осадконакопичення, підземний стік, метаморфічні та вулканічні процеси (у надрах) [12].</li> </ol>
Кріосфера	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) дослідження структурних частин кріосфери, зокрема: кріогалінових вод, кріолітозони, льодовиків, а також кріогенних утворень (крижаних хмар, покривів снігу чи льоду, гірських льодовиків, льодовикових покривів, сезонного замерзання ґрунту, підземного льоду з гірськими породами);</li> <li>2) аналіз температурних показників води кріосфери, що існує в твердому агрегатному стані (лід, сніг);</li> <li>3) вивчення «законцервованих» живих організмів в районах вічної мерзлоти [13].</li> </ol>
Біосфера	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) вивчення усіх живих істот та їх взаємозв'язки у літосфері, кріосфері, гідросфері та атмосфері;</li> <li>2) дослідження усіх фізичних процесів біосфери, що впливають на поширення біосу (сукупності живих організмів Землі) та визначається межами біосфери [3];</li> <li>3) аналізує функції біосфери (за Вернадським В. І.): цілісність, самоузгодженість, злагодженість, організованість, наявність живої речовини;</li> <li>4) характеризує причинно наслідкові зв'язки між швидкістю розмноження живих організмів та щільності живої речовини;</li> <li>5) визначає прояв геохімічної енергії, як наслідок появи життя;</li> <li>6) вказує на обмеженість поширення енергії сонця, яка впливає на ареали поширення організмів (автотрофів);</li> <li>7) ототожнює перетворення живою речовиною космічної енергії;</li> <li>8) досліджує явище «тиску життя» (прагнення до якнайбільшого поширення);</li> <li>9) визначає роль діяльності космічних і телуричних сил, що дозволило сформуванню природу в цілому в процесі еволюції [8].</li> </ol>
Антропосфера	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) вивчення всього людства, як складової частини соціосфери в межах земної поверхні та простору найближчого космосу, що використовується людиною [14];</li> <li>2) експертиза продуктів діяльності людини, включаючи культуру, технології та інформаційне середовище, антропогенні і культурні ландшафти;</li> <li>3) зміни фізичних властивостей природних об'єктів і явищ та живих організмів внаслідок антропічного впливу;</li> <li>4) вивчення наслідків антропічного впливу на географічну оболонку в цілому і на біосферу зокрема у контексті фізичних законів [5].</li> </ol>

Ноосфера	<ol style="list-style-type: none"><li>1) дослідження у рамках ноосферологічної концепції Вернадського, діяльності людського розуму, як нової глобалізованої геологічної сили;</li><li>2) окреслення глобальнішого характеру антропічного впливу на планетарні природні біогеохімічні ритми (кругообіги), що призводить до незворотніх змін у фізико-хімічних, біологічних, геолого-геоморфологічних процесах планети [12];</li><li>3) вивчення хімічних елементів у рамках фізико-географічних процесів розподілу живої речовини та енергії;</li><li>4) дослідження процесів ноосферизації Землі, яка залежить від зміни провідного носія інформації (носіями якої у природньому середовищі є живі організми);</li><li>5) розширення концептуальних положень ноосферології крізь призму гіпотез «цивілізаційної» видозміни окремих місцевостей (Тойнбі А.) та гіпотези еволюційної зміни ЕГП окремих міст (Баранський М.) [19].</li></ol>
Техносфера	<ol style="list-style-type: none"><li>1) вивчення штучних технічних споруд, які створює і застосовує людство;</li><li>2) виокремлення фізичної структури техногенного середовища, в межах якого розглядається: антропогенний ландшафт, що перетворений людиною з допомогою технічних засобів та техногенних об'єктів (будівель, доріг, комунікацій);</li><li>3) взаємодія природно-ресурсного потенціалу ПТК із розвитком технологічних засобів виробництва;</li><li>4) спрямування на ізоляцію виробництва та господарства від природного середовища [11];</li><li>5) визначення чітких меж техносфери, що включає: техніку, інформаційно-технологічні знання, вміння та навички, технологічну діяльність та техноментальність [3].</li></ol>

*Джерело:* складено автором на основі [1; 3; 5; 7; 8; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 21]

*Біогеофізичні дослідження рівнів організації життя.* Природне середовище є складною системою процесів та чинників, що поєднуються узагальноною стратегією життя на різних рівнях організації та функціонування живої матерії. Різномірні процеси та явища природи потребують спеціальних умов, через що проходять за різною швидкістю перебігу та на різній території. При їх поєднанні формується однорідний за структурою і функціями біологічний комплекс, що складається з елементарних біологічних явищ та елементарних структурних одиниць, на таких рівнях живої матерії, як: молекулярно-генетичний, клітинний, організмівий, популяційно-видовий, екосистемний, біосферно-біоценотичний (табл. 2). Усі ці рівні є тісно взаємопов'язаними, що підтверджує цілісність природнього середовища. Тому існування життя та

його еволюція неможливі без здійснення біогеофізичних процесів на цих рівнях.

Таблиця 2

**Біогеофізичні дослідження рівнів організації живої матерії [6]**

Рівень:	Біогеофізичні дослідження:
Молекулярно-генетичний	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) розглядає усі біогеофізичні явища та процеси, що відбуваються в живому організмі, зокрема: структуру та розміщення генетичної інформації в клітині та вплив фізичних процесів на її формування;</li> <li>2) вивчає особливі біогеофізичні властивості, що дозволяють визначити локалізацію елементів й молекул в організмі та їх вплив на процеси перетворення інформації, речовини та енергії;</li> <li>3) використовує структурно-функціональний підхід, для виділення основних фундаментальних частин і процесів, які сполучені в єдину систему та характеризуються певними фізичними властивостями від яких залежить їх локалізація;</li> <li>4) поєднує величезну кількість різних хімічних реакцій, зокрема: за змінами кількості вихідних і кінцевих речовин (сполучення, розкладання, обмін і заміщення) та в залежності від використання енергії (екзотермічні, ендотермічні).</li> </ol>
Клітинний	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) аналізується вплив фізичних факторів на розміщення та реакції клітинного метаболізму, який становить фундаментальну основу потоків інформації, речовин та енергії;</li> <li>2) досліджується надходження із зовнішнього середовища речовин, що в наслідок діяльності клітини перетворюється на енергію та субстрат, що використовують при біосинтезі сполук, необхідних організму;</li> <li>3) здійснюється вимірювання фізичних властивостей надр планети, для виявлення мікроорганізмів клітинного рівня, з метою визначення їх росту і взаємодії з мінералами;</li> <li>4) проводиться огляд у застосуванні сучасних біогеофізичних технологій для вивчення кругообігу металів і поживних речовин, що спричинені мікробно-мінеральними перетвореннями та аеробними й анаеробними мікроорганізмами.</li> </ol>
Організмівий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) вивчає процеси онтогенезу живого організму (особини);</li> <li>2) характеризує вплив фізичних факторів на закономірні зміни організму в індивідуальному розвитку, а також їх морфологічні особливості, зумовлені абіотичними процесами;</li> <li>3) проводиться експертиза щодо розміщення та взаємодії органів у складі певної системи, що забезпечує функціонування цілісного організму, на яке впливає обмін та перетворення енергії й речовин, які запезпечують сталість внутрішнього середовища.</li> </ol>
Популяційно-видовий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) досліджуються фізико-географічні передумови розселення окремими популяціями ареалу протягом тривалого часу, та вплив фізичних й екологічних чинників на їх морфологію;</li> <li>2) характеризується вплив фізико-хімічних чинників на природний відбір та мутаційні й основні еволюційні процеси у популяції, що відображаються на її чисельності, динаміці та статеві-віковому складі;</li> <li>3) аналізується вплив фізичних явищ на біорізноманіття.</li> </ol>
Екосистемний	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) обґрунтовуються підходи до вивчення факторів розселення сукупності живої</li> </ol>

	речовини на що впливають абіотичні показники та процеси обміну енергії та речовин; 2) вивчаються фізичні процеси у здатності до самовідтворення біогеоценозів, тобто екосистем.
Біосферно-біоценозичний	1) досліджується біогеоценоз; 2) вивчаються фізичні властивості та процеси, які проходять у системах стійких угруповань живих організмів та взаємодіють із компонентами літосфери, атмосфери, гідросфери і між собою; 3) простежується вплив всіх процесів та явищ, які відображаються на живій речовині планети.

*Джерело:* складено автором на основі [6; 8]

*Біогеофізичні дослідження ПТК у структурі геосистем.* Практично неможливо вивчати компоненти поза ландшафтом як самостійні системи, тому вивчення фізичних чинників на формування ПТК у структурі геосистем є одним із завдань не лише ландшафтознавства, а й біогеофізики. Під природнім територіальним комплексом (ПТК) розуміють своєрідне поєднання компонентів природнього середовища та їх сукупність, що характеризується цілісністю [4]. У біогеофізиці ПТК визначають, як просторову систему географічних компонентів природи, що взаємообумовлена у своєму розташуванні під впливом фізико-хімічних та біологічних факторів, які розвиваються в єдиній системі [20]. Оскільки ПТК виступає, як певним рівнем організації речовини на планеті, то окремі компоненти комплексу не здатні існувати поза ним у їх фізичній взаємодії. В структурі ПТК виділяють окремі природньо-географічні компоненти: 1) масу гідросфери, земної кори, повітря; 2) біоту; 3) ґрунт, рельєф та клімат [4].

Розвиток географічних компонентів відбувається взаємозв'язано в просторі та часі. Причинами зміни ПТК є такі чинники, як: геолого-геоморфологічні- поштовх тектонічних рухів, викликають опускання та підняття земної кори, які впливають на зміну водного режиму та клімату, що вплине на глобальну зміну біоценозів. На них також можуть опосередковано вплинути фізичні фактори навколишнього середовища, зокрема: температура, вологість і рухливість повітря, неіонізуючі



електромагнітні випромінювання (ультрафіолетове, видиме, інфрачервоне, лазерне тощо), статичні, електричні і магнітні поля, іонізуючі випромінювання, виробничий шум, вібрація тощо [16].

Поняття «геосистема», як об'єкт фізичної географії запропонував Сочава В. Б. в 1963 році. Геосистема є досить широким поняттям, що являє собою географічне утворення систем різного рангу, що складаються з цілісної множини взаємопов'язаних, взаємодіючих компонентів, об'єднуючи об'єкти природи. Геосистема здатна охопити значно більше зв'язків і відносин, ніж ПТК чи екосистема. Оскільки, наприклад при вивченні екосистеми розглядаються лиш зв'язки, між організмами [4].

Виділяють такі основні рівні організації геосистем, як: локальний (топічний), регіональний, планетарний [14].

До системам локального рівня відносять порівняно прості ПТК (урочища, фації), з яких формуються регіональні геосистеми. Геосистеми регіонального рівня представлені досить великими та складними за морфологією структурні підрозділи епігеосфери, тобто (фізико-географічні зони, сектори, країни, провінції). Планетарний рівень представляє географічна оболонка [12].

У структурі геосистеми визначають: упорядкованість та взаємне розміщення структурних елементів та їх поєднання, які залежать від просторового, часового, динамічного, еволюційного та ієрархічного факторів [8].

В системі ландшафту виокремлюють такі морфологічні одиниці, як: фація, підурочище, урочище, місцевість. Усі ці морфологічні одиниці систематизують у значно складніший ПТК- ландшафт, або ж вид ландшафту. Біогеофізика разом з ландшафтною екологією та прикладною фізичною географією вивчає фізичні чинники впливу на формування цих ПТК, а також поширення живих організмів в їх ієрархічній структурі.

Досить важливою ознакою ландшафтів є їх морфологічна структура, тобто порядок у взаємному розміщенні ієрархічних одиниць на певній території даного ландшафту. (При зміні морфологічної структури змінюється ландшафт).

За походженням літогенної основи у морфологічній структурі ландшафтів вирізняють декілька типів: флювіальний, моренний, еоловий, морський узбережний, карстовий, низькогірний, куестовий та ін. Вони залежать від форми мезорельєфу, літологічного складу, потужності материнської породи.

Серед основних факторів, які впливають на розселення живих організмів у межах морфологічних одиниць ландшафту є фізичні фактори, зокрема: промениста енергія, освітленість, температура, вологість повітря, тиск, магнітне поле Землі, іонізуюче випромінювання тощо [4].

**Висновки.** Отже біогеофізичні дослідження на глобальному рівні дозволяють розкривати закономірності поширення фізичних процесів та живих організмів у їх взаємовпливі одне на одного.

У сучасних дослідженнях біогеофізика активно використовує географічні, біологічні та фізичні методи досліджень для розкриття глобальних взаємозв'язків у природі.

Результати біогеофізичних досліджень дозволяють комплексно пояснити процеси та явища, які відбуваються у космічному просторі та в географічній оболонці.

В контексті вивчення біогеофізики географічна оболонка становить складну динамічну систему, для якої характерні наявність речовин у різних агрегатних станах, наявність окисного середовища, живих організмів, колообігу інформації, енергії та речовини.

Сучасні підходи до біогеофізичних досліджень на глобальному рівні повинні стосуватись вирішення комплексного ряду питань які включають

вивчення не лише процесів та явищ географічної оболонки, а всесвіту в цілому.

### Література

1. Балан Г.К., Селезньова Л.В. Геофізика: Конспект лекцій, 2009. 129 с.
2. Білецький В. С. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. Донбас, 2004. 640 с.
3. Бусел В. Т. Техносфера. вел. тлумачний слов. 5-те вид. К.: Перун, 2005. 1728 с.
4. Василега В.Д. Ландшафтна екологія: навчальний посібник. Суми: Вид. СумДУ, 2010. 303 с. URL: <http://tinyurl.com/y4ef9twb> (дата звернення: 30.12.2023).
5. Владленова И. В. Формирование понятия "технореальности" в контексте технологического и социального конструктивизма. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Філософія. Філософські перипетії*. 2014. Вип. 50, № 1116. С. 104-108.
6. Жегунов Г.Ф., Жегунова Г.П. Цитогенетические основы жизни : учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. Х.: Золоті сторінки, 2004. 672 с.
7. Кассіані Г., Боага Дж., Ванелла Д., Перрі М.Т., Консолі С. Моніторинг і моделювання взаємодії ґрунт–рослина: спільне використання даних ERT, сокоруху та вихрових коваріацій для характеристики об'єму кореневої зони апельсинового дерева. *Гідрологія та науки про систему Землі*. 2015. 19. С. 2213-2225.
8. Карапузова Н. Д., Карапузова І. В., Помогайбо В. М., Починок Є. А. Основи природознавства. К.: ВЦ "Академія", 2014. С. 310-311.
9. Кессурі П., Фурман А., Хьюсман Я. та ін. Індукована поляризація в застосуванні до біогеофізики: останні досягнення та майбутні перспективи. *Near Surface Geophysics. Recent Developments in Induced Poljarization*. 2019. Vol. 17, Is. 6. P. 595-621.

10. Когут В. І. Концептуальні основи біогеофізики, як самостійної науки. *Global science: prospects and innovations: V Міжнародна науково-практична конференція* (28.12.2023). Ліверпуль, Великобританія, 2023. С. 309-317 URL: <https://sci-conf.com.ua/v-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-global-science-prospects-and-innovations-28-30-12-2023-liverpul-velikobritaniya-arhiv/> (дата звернення: 13.01.2024).
11. Лановенко О. Г., Остапішина О. О. Техносфера., словник-довідник з екології: навч.-метод. посіб. ПП Вишемирський В. С. Херсон, 2013. С. 175-176.
12. Мащенко О.М. Загальне землезнавство: Навчальний посібник. Полтава: ПДПУ, 2010. 73 с.
13. Кріосфера. *Метеорологія Еп червоний*. URL.: [https://www.meteorologiaenred.com/uk/criosfera.html#google\\_vignette](https://www.meteorologiaenred.com/uk/criosfera.html#google_vignette) (дата звернення: 13.12.2023).
14. Мольчак Я. О., Ільїн Л. В. Загальне землезнавство: Навчальний посібник. Луцьк: Видавництво ВДУ «Вежа», 1997. 232 с.
15. Ризосфера – визначення, мікрофлора, будова, значення. *Нотатки з мікробіології*. 2023. URL: <https://microbiologynote.com/uk/rhizosphere/> (дата звернення: 19.12.2023).
16. Петровський О.М., Соловійов В.В., Давиденко Л. П., Усенко Д.В. Геофізика та інтерпретація даних геофізичних досліджень свердловин. Полтава: НУПП імені Ю. Кондратюка, 2021. 80 с.
17. Пенроуз Р. Шлях до реальності, або Закони, які керують Всесвітом. Лондон: Бедфордський коледж, 2007. 912 с.
18. Снеддон Я. Н. Рецензія на математичні методи класичної механіки та курс математичної фізики, том 1: Класичні динамічні системи. *Бюлетень Американського математичного товариства*. 1980. С. 346–352.

19. Концепції сучасного природознавства: Курс лекцій. Уманський НУС. 51 с. URL: <https://ecology.udau.edu.ua/assets/files/022.pdf> (дата звернення: 28.12.2023).
20. Schutz B. Gravity from the Ground Up: An Introductory Guide to Gravity and General Relativity. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 480 p.
21. Estella A., Sleyter L. Biogeophysics: A new frontier in Earth science research. *Reviews of Geophysics*. 2009. Vol. 47, No. RG4004. 47 p.