

Волинський національний університет імені Лесі Українки  
Географічний факультет

**Т. С. Павловська, І. П. Ковальчук, О. В. Рудик**

# **Концепції сучасного природознавства**

Курс лекцій

Луцьк  
Вежа-Друк  
2023

УДК 502.2(075.8)

П 12

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою  
Волинського національного університету імені Лесі Українки  
(протокол № 1 від 27 вересня 2023 р.)*

**Рецензенти:**

""Мельнійчук М. М. – кандидат географічних наук, професор кафедри фізичної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки  
Григор'єва Н. В. – завідувач відділу природничих дисциплін Волинського інституту післядипломної педагогічної освіти.

П 12 **Павловська Т. С., Ковальчук І. П., Рудик О. В.**  
Концепції сучасного природознавства: курс лекцій. Луцьк: Вежа-Друк, 2023. 180 с.

У посібнику розглянуто основні положення про рівні, форми й методи наукового пізнання; уміщено матеріали з історії розвитку природничих наук із давніх часів до ХХІ століття; висвітлено географічні особливості стародавніх цивілізацій світу та їхній внесок у розвиток природознавства; систематизовано сучасні уявлення про виникнення й еволюцію Всесвіту, Землі, її геосферних оболонок, життя, людини й суспільства; відображено основні аспекти взаємодії людини та навколишнього середовища. Розглянуті концепції складають ядро сучасної наукової картини світу й мають винятково важливе значення для формування культури мислення, світоглядних і методологічних уявлень студентів, розширення їхнього кругозору.

Для студентів спеціальностей 106 Географія, 103 Науки про Землю галузі знань 10 Природничі науки, спеціальностей 014.07 Середня освіта (Географія), 014 Середня освіта (Природничі науки) галузі знань 01 Освіта/Педагогіка вищих навчальних закладів, слухачів факультетів та інститутів підвищення кваліфікації, майбутніх землевпорядників та екологів.

**УДК 502.2(075.8)**

© Павловська Т. С., 2023  
© Ковальчук І. П., 2023  
© Рудик О. В., 2023

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕДМОВА.....   | 5  |
| РОЗДІЛ 1. РІВНІ, ФОРМИ Й МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ.....  | 6  |
| 1.1. Особливості та структура наукового пізнання.....  | 6  |
| 1.2. Форми наукового пізнання.....   | 7  |
| 1.3. Поняття методу й методології.....   | 7  |
| 1.4. Класифікація методів наукового пізнання.....  | 9  |
| 1.4.1. Загальнонаукові методи емпіричного пізнання.....  | 9  |
| 1.4.1.1. Спостереження.....  | 9  |
| 1.4.1.2. Експеримент.....  | 12 |
| 1.4.1.3. Вимірювання.....  | 14 |
| 1.4.2. Загальнонаукові методи теоретичного пізнання.....   | 18 |
| 1.4.2.1. Абстрагування. Рух мислення від абстрактного до<br>конкретного.....                           | 18 |
| 1.4.2.2. Ідеалізація. Уявний експеримент.....  | 19 |
| 1.4.2.3. Формалізація. Мова науки.....   | 22 |
| 1.4.2.4. Індукція та дедукція.....   | 24 |
| 1.4.3. Загальнонаукові методи, що застосовуються на емпіричному й<br>теоретичному рівнях пізнання..... | 26 |
| 1.4.3.1. Аналіз і синтез.....  | 26 |
| 1.4.3.2. Аналогія. Моделювання та прогнозування .....  | 28 |
| РОЗДІЛ 2. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ПРИРОДОЗНАВСТВА .....   | 32 |
| 2.1. Природознавство: об'єкт, предмет, завдання, структура.....  | 32 |
| 2.2. Античний період в історії розвитку природознавства.....   | 34 |
| 2.3. Наукове пізнання в епоху Середньовіччя.....   | 39 |
| 2.4. Пізнання природи в епоху Відродження.....   | 43 |
| 2.5. Природознавство у 18 столітті.....  | 46 |
| 2.6. Природознавство в 19 столітті.....  | 47 |
| 2.7. Природознавство в 20 столітті.....  | 48 |
| 2.8. Природознавство на початку 21 століття.....   | 50 |
| РОЗДІЛ 3. ГЕОГРАФІЯ ТА ОСНОВНІ РИСИ ЦИВІЛІЗАЦІЙ СТАРОДАВНЬОГО<br>СВІТУ.....                            | 56 |
| 3.1. Стародавній Схід.....   | 56 |
| 3.1.1. Давньоєгипетські держави.....   | 56 |
| 3.1.2. Держави Межиріччя.....  | 59 |
| 3.1.3. Мала Азія.....  | 65 |
| 3.1.4. Східне Середземномор'я .....  | 66 |
| 3.1.5. Стародавній Іран.....   | 69 |
| 3.1.6. Перші держави в Індії.....  | 73 |
| 3.1.7. Стародавній Китай.....  | 75 |
| 3.2. Стародавня Америка.....   | 78 |
| 3.2.1. Культура ольмеків.....  | 78 |
| 3.2.2. Цивілізація майя.....   | 79 |
| 3.2.3. Цивілізація ацтеків.....  | 83 |
| 3.2.4. Цивілізація інків.....  | 85 |
| 3.3. Давні цивілізації Європи.....   | 86 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.3.1. Мінойська цивілізація.....   | 86  |
| 3.3.2. Ахейська (мікенська) цивілізація.....                                | 88  |
| 3.3.3. Греція „гомерівського” періоду.....                                  | 88  |
| 3.3.4. Стародавня грецька цивілізація.....                                  | 90  |
| 3.3.5. Стародавня римська цивілізація.....                                  | 97  |
| РОЗДІЛ 4. КОНЦЕПЦІЇ ВИНИКНЕННЯ ТА ЕВОЛЮЦІЇ ВСЕСВІТУ.....                    | 100 |
| 4.1. Гіпотези про народження Всесвіту.....                                  | 100 |
| 4.2. Моделі Всесвіту.....   | 103 |
| 4.3. Погляди на майбутнє Всесвіту.....                                      | 104 |
| 4.4. Гіпотези про походження галактик.....                                  | 106 |
| 4.5. Гіпотези про походження квазарів.....                                  | 107 |
| 4.6. Народження та еволюція зірок.....                                      | 109 |
| 4.7. Гіпотези про утворення Сонячної системи.....                           | 110 |
| РОЗДІЛ 5. КОНЦЕПЦІЇ УТВОРЕННЯ Й РОЗВИТКУ ПЛАНЕТИ ЗЕМЛЯ.....                 | 113 |
| 5.1. Гіпотези про утворення Землі.....                                      | 113 |
| 5.2. Сучасні концепції розвитку геосферних оболонок.....                    | 114 |
| 5.2.1. Утворення й еволюція літосфери.....                                  | 114 |
| 5.2.2. Утворення й еволюція атмосфери.....                                  | 122 |
| 5.2.3. Утворення й еволюція гідросфери.....                                 | 124 |
| 5.2.4. Утворення й еволюція біосфери.....                                   | 125 |
| 5.2.5. Географічна оболонка, її властивості та закономірності розвитку..... | 132 |
| РОЗДІЛ 6. КОНЦЕПЦІЇ ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ЖИТТЯ.....                       | 134 |
| 6.1. Концепції сутності життя.....  | 134 |
| 6.2. Гіпотези про виникнення життя.....                                     | 136 |
| 6.2.1. Гіпотеза креаціонізму.....   | 136 |
| 6.2.2. Гіпотеза спонтанного зародження.....                                 | 138 |
| 6.2.3. Гіпотеза стаціонарного стану.....                                    | 140 |
| 6.2.4. Гіпотеза панспермії.....   | 140 |
| 6.2.5. Гіпотеза (теорія) біохімічної еволюції.....                          | 141 |
| РОЗДІЛ 7. КОНЦЕПЦІЇ ВИНИКНЕННЯ ЛЮДИНИ Й СУСПІЛЬСТВА.....                    | 144 |
| 7.1. Гіпотези про походження людини.....                                    | 144 |
| 7.1.1. Креаціонізм.....   | 144 |
| 7.1.2. Еволюціонізм.....  | 144 |
| 7.1.3. Космізм.....   | 149 |
| 7.2. Основні чинники й передумови антропосоціогенезу.....                   | 149 |
| 7.3. Концепція ноосфери.....  | 153 |
| РОЗДІЛ 8. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЇ.....                                | 155 |
| 8.1. Взаємодія людини й навколишнього середовища.....                       | 155 |
| 8.2. Світові екологічні проблеми.....                                       | 156 |
| 8.3. Екологічні проблеми України.....                                       | 164 |
| 8.4. Концепція сталого (стійкого) розвитку.....                             | 169 |
| 8.5. Концепція екологічної освіти в Україні.....                            | 171 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....   | 175 |

## ПЕРЕДМОВА

Суспільство безперервно взаємодіє з природою. Ця взаємодія становить основу людської історії, є боротьбою за життя людського роду. Її сутність полягає в пошуках механізмів оптимізації впливу природного середовища на суспільство та зворотних впливів господарської діяльності суспільства на довкілля. Природа для людини – середовище життя й діяльності, світ великих пізнавальних та естетичних цінностей. Усі свої матеріальні й, великою мірою, духовні потреби людство задовольняє за рахунок природи. Її особливості так чи інакше впливають на суспільну еволюцію, прискорюють або стримують розвиток суспільного виробництва.

Грунтовне пояснення того, яким чином організований навколишній світ і за якими законами існують живі організми на Землі, якою є роль людини у взаємодії суспільства з природою, а якою – роль природних умов і чинників, дає природознавство. Метою науки є вивчення й пояснення законів природи та використання набутих знань для задоволення практичних потреб людини, у тому числі й для передбачення подій у природі.

Оскільки природознавство об'єднує наявні галузеві знання про природу та людське мислення в цілісну природничо-наукову картину світу, то воно має вплив на розвиток і природничих, і гуманітарних, і технічних наук. Особливо могутнім цей вплив став у наш час – в епоху науково-технічної революції та інформаційного суспільства, радикальних змін у ставленні людини до світу, до природи, глобальних інтеграційних процесів як у науці, так і в духовній культурі загалом. Актуальність проблеми вибору оптимальної стратегії розвитку цивілізації, формування орієнтирів, установок і цінностей раціонального ставлення до світу, природи, суспільства й людини зумовило необхідність розробки та впровадження навчальної дисципліни „Концепції сучасного природознавства” в навчальні плани підготовки фахівців із спеціальностей 106 Географія, 103 Науки про Землю, 014.07 Середня освіта (Географія), 014 Середня освіта (Природничі науки).

Під час написання посібника орієнтиром для авторів слугували найважливіші поворотні віхи в історії науки, ідеї, погляди й оцінки видатних учених – дослідників природи – щодо актуальних питань і проблем природознавства. Доволі конкретно в посібнику розглянуто та проаналізовано проблеми виникнення й еволюції Всесвіту, утворення та розвитку Землі, її геосферних оболонок, висвітлено концепції виникнення життя, людини й суспільства, відображено основні аспекти взаємодії людини та навколишнього середовища.

Опрацювання студентами запропонованих тем посібника дасть змогу сформулювати (чи розширити) їхні уявлення про історичний характер розвитку наукового пізнання й сучасну наукову картину світу як систему фундаментальних знань про основи цілісності та різноманітності природи, про місце людини в еволюції природи Землі, про напрями й шляхи розвитку науково-технічної й організаційно-економічної сфер діяльності людини.

Інформація, уміщена в посібнику, має тісний зв'язок як із такими освітніми компонентами як „Загальне землезнавство”, „Геологія загальна та історична”, „Метеорологія та кліматологія”, „Гідрологія”, „Грунтознавство з основами географії ґрунтів”, „Ландшафтознавство”, „Геоморфологія і палеогеографія”, „Хімія і фізика геосфер”, „Основи раціонального природокористування та охорони природи”, „Філософія” й ін., що дає змогу якнайповніше розкрити суть фундаментальних концепцій сучасного природознавства, зробити їх доступнішими та зрозумілішими для студентів.

Сподіваємося, що посібник стане в нагоді тим, хто прагне пізнати історію розвитку природничих наук; хто цікавиться проблемами саморозвитку та вдосконалення природи; хто намагається розвивати й удосконалювати в собі особистість через пізнання світу, суті життя й ролі природи в ньому.

# РОЗДІЛ 1

## РІВНІ, ФОРМИ Й МЕТОДИ НАУКОВОГО ПІЗНАННЯ

### 1.1. Особливості та структура наукового пізнання

Сутність наукового пізнання полягає в розумінні адекватної реальності, системному узагальненні фактів, у тому, що, вивчаючи випадкове, воно знаходить необхідне закономірне загальне й на цій основі вибудовує передбачення. Мислення людини перебуває в постійному русі – від знання неповного, поверхового до все більш уточненого, поглибленого.

Наукове пізнання – це такий рівень функціонування свідомості, в результаті якого одержується нове знання не тільки для окремого суб'єкта, але й для суспільства в цілому. Нові знання є результатом професійної діяльності вчених. Наукові знання розвиваються з форм донаукового, повсякденного знання, спираються на індивідуальний і загальнолюдський досвід, на суспільну практику.

Розрізняють два рівні наукового пізнання: емпіричний і теоретичний.

*Емпіричний рівень наукового пізнання* пов'язаний із безпосереднім дослідженням об'єктів, які реально існують і які людина може сприймати за допомогою органів чуття. На цьому рівні триває процес нагромадження інформації про досліджувані об'єкти, явища шляхом проведення спостережень, виконання різноманітних вимірювань, постановки експериментів. На цьому рівні відбувається також первинна систематизація одержаних фактичних даних у вигляді таблиць, схем, графіків тощо.

*Теоретичний рівень наукового дослідження* пов'язаний із раціональним (логічним) ступенем пізнання. На цьому рівні можна виявити найбільш глибокі, істотні ознаки, взаємозв'язки, закономірності, властиві досліджуваним об'єктам і явищам. Теоретичний рівень – вищий ступінь наукового пізнання. Результатом теоретичного пізнання є гіпотези, теорії, закони.

Виділяючи в науковому пізнанні два вищезазначені рівні, не слід, однак, відривати їх один від одного й тим більше протиставляти їх між собою. Адже емпіричний і теоретичний рівні пізнання взаємопов'язані. Емпіричний рівень виступає як основа, фундамент теоретичного. Гіпотези й теорії формуються в процесі теоретичного осмислення наукових фактів, статистичних даних, одержаних на емпіричному рівні. До того ж, теоретичне мислення неминуче спирається на чуттєво-наочні образи (в тому числі на схеми, графіки та ін.), з якими має справу емпіричний рівень дослідження.

Зі свого боку, емпіричний рівень наукового пізнання не може існувати без досягнень теоретичного рівня. Емпіричне дослідження, як правило, спирається на певну теоретичну конструкцію, що визначає напрям цього дослідження, а також методи, які застосовуються при цьому.

## 1.2. **Форми наукового пізнання**

У науковому пізнанні головна роль належить раціональному мисленню. Його основні форми (поняття, судження, умовиводи) не відображають повною мірою його специфіку, оскільки вони функціонують як на донауковому, так і на науковому рівні пізнання. В науковому пізнанні формуються й набувають відносної самостійності такі форми та засоби як ідея, проблема, гіпотеза, концепція, теорія.

*Ідея* – найвища форма наукового пізнання й мислення, думка, яка відображає зв'язки, закономірності дійсності та спрямована на її перетворення; вона також поєднує істинне знання й суб'єктивну мету.

*Проблема* – форма й засіб наукового пізнання, що є єдністю двох змістовних елементів: знання про незнання й передбачення можливості наукового пізнання та відкриття. Проблема є відображенням проблемної ситуації, яка об'єктивно виникає в процесі розвитку суспільства як протиріччя між знанням про потреби людей у яких-небудь результативних практичних і теоретичних діях і незнанням шляхів, засобів, знарядь їх реалізації. Проблема – це суб'єктивна форма вираження необхідності розвитку знання, яка відображає суперечність між знанням і дійсністю або протиріччя в самому пізнанні; вона є одночасно засобом і методом пошуку нових знань.

*Гіпотеза* – це форма та засіб наукового пізнання, за допомогою яких формується один з можливих варіантів вирішення проблеми. Гіпотеза є засобом переходу від невідомого до відомого, від незнання до знання. Гіпотеза існує в контексті розвитку науки для вирішення якої-небудь конкретної проблеми або для усунення суперечностей між теорією та негативними даними експериментів шляхом проведення перевірки.

На основі цих трьох форм наукового пізнання формується наукова концепція, що обґрунтовує основну ідею теорії.

*Концепція* – форма й засіб наукового пізнання, яка є способом розуміння, пояснення, тлумачення основної ідеї теорії, це науково обґрунтований та здебільшого доведений вираз основного змісту теорії, але на відміну від теорії він ще не може бути втіленим у струнку логічну систему. Концепція виражає фундаментальні природничонаукові ідеї моделі, положення, які проявляють себе в усіх природничих науках.

*Теорія* – це найбільш адекватна форма наукового пізнання, система достовірних і конкретних знань про дійсність. Теорія на відміну від гіпотези є знанням достовірним, істинність якого доведена й перевірена практикою.

## 1.3. **Поняття методу й методології**

Поняття „метод” означає сукупність прийомів та операцій, що застосовуються для практичного й теоретичного освоєння дійсності. Метод озброює людину системою принципів, вимог, правил, керуючись якими вона

може досягти поставленої мети. Володіти методом означає знати, яким чином, в якій послідовності слід виконувати ті чи інші дії для вирішення тих чи інших завдань, уміти застосовувати це знання на практиці. Сукупність прийомів дослідження, включаючи техніку й різноманітні операції з фактичним матеріалом називають *методикою*.

Методи наукового пізнання прийнято групувати за ступенем (широтою) їх застосування в процесі наукового дослідження: загальнофілософські, загальнонаукові, конкретно-наукові (спеціальні).

*Загальнофілософських методів* в історії пізнання відомо два: діалектичний і метафізичний. Діалектичний метод – це метод пізнання дійсності в її суперечливості, цілісності й розвитку. Метафізичний метод – метод, протилежний діалектичному; з його допомогою розглядають явища поза їх взаємним зв'язком і розвитком. Із середини 19 ст. діалектичний метод почав усе більше й більше витісняти з природознавства метафізичний метод.

Другу групу методів пізнання складають *загальнонаукові методи*, які використовуються в найрізноманітніших галузях науки, тобто мають дуже широкий міждисциплінарний спектр застосування. Класифікація загальнонаукових методів (п. 1.4) тісно пов'язана з поняттям рівнів наукового пізнання.

Третю групу методів наукового пізнання становлять методи, які використовуються для дослідження лише в якійсь конкретній науці або для вивчення якогось конкретного явища. Це *конкретно-наукові методи*. Кожна галузь науки (біологія, хімія, геологія тощо) має свої специфічні методи дослідження. При цьому конкретно-наукові методи, як правило, містять у різних поєднаннях ті чи інші загальнонаукові методи пізнання. У конкретно-наукових методах можна зауважити присутність спостереження, вимірювання, індуктивні чи дедуктивні умовиводи тощо. Характер їхнього поєднання й використання залежить від умов дослідження, природи досліджуваних об'єктів. Конкретно-наукові методи пов'язані також із загальним діалектичним методом, який нібито конкретизується в них.

Існує окрема галузь знання, що безпосередньо має справу з вивченням методів. Вона дістала назву методології. *Методологія* дослівно означає „вчення про метод”. Найважливішим завданням методології є вивчення походження, сутності, ефективності й інших характеристик методів пізнання. Найчастіше методологію тлумачать як систему знань про теорію науки або систему методів дослідження.

Розрізняють такі *функції методології*:

- визначає способи здобуття наукових знань, які відображають динамічні процеси та явища;
- направляє, передбачає особливий шлях, на якому досягається певна науково-дослідницька мета;
- забезпечує всебічність отримання інформації щодо процесу чи явища, що вивчається;
- допомагає введенню нової інформації до фонду теорії науки;



- забезпечує уточнення, збагачення, систематизацію термінів і понять у науці;
- створює систему наукової інформації, яка базується на об'єктивних фактах, і логіко-аналітичний інструмент наукового пізнання.

Таким чином, *методологія* – це концептуальний виклад мети, змісту, методів дослідження, які забезпечують отримання максимально об'єктивної, точної, систематизованої інформації про процеси та явища.

## 1.4. Класифікація методів наукового пізнання

### 1.4.1. Загальнонаукові методи емпіричного пізнання

#### 1.4.1.1. Спостереження

*Спостереження* є чуттєвим відображенням предметів і явищ зовнішнього світу. Це первинний метод емпіричного пізнання, який дозволяє одержати первинну інформацію про об'єкти навколишньої дійсності.

Наукове спостереження (на відміну від звичайного, повсякденного спостереження) має низку особливостей:

- цілеспрямованість (спостереження повинно здійснюватися для досягнення поставленої мети дослідження, а увага спостерігача повинна фіксуватися тільки на явищах, пов'язаних із цим завданням);
- планомірність (спостереження повинно здійснюватися за чітким планом, складеним відповідно до мети дослідження);
- активність (дослідник повинен активно вести пошук, виділяти потрібні моменти в явищі, за яким спостерігає, залучаючи для цього свої знання й досвід, використовуючи різні технічні засоби спостереження).

Наукові спостереження завжди супроводжуються описом об'єкта пізнання. Це потрібно для того, щоб зафіксувати ті властивості, сторони досліджуваного об'єкта, які є предметом дослідження. Опис результатів спостережень становить емпіричний базис науки, спираючись на який дослідники формулюють емпіричні узагальнення, порівнюють досліджувані об'єкти за тими чи іншими параметрами, класифікують за певними властивостями, характеристиками, з'ясовують послідовність етапів їхнього становлення та розвитку.

Практично кожна наука проходить зазначену первісну „описову” стадію розвитку. Опис повинен відтворювати достовірну й адекватну картину самого об'єкта, точно відображати досліджувані явища. Важливо, щоб поняття, які використовуються для опису, завжди мали чіткий та однозначний зміст. У процесі розвитку науки зазнають змін і засоби опису, часто виникають нові системи понять.

Спостереження виключає діяльність, спрямовану на перетворення, зміну об'єктів пізнання. Це зумовлено низкою обставин:

- недоступністю цих об'єктів для практичного впливу (наприклад, спостереження за віддаленими космічними об'єктами);

- небажаністю впливу (беручи до уваги мету дослідження) на процес, за яким спостерігають (фенологічні, психологічні та інші спостереження);
- відсутністю технічних, енергетичних, фінансових та інших можливостей для здійснення експериментальних досліджень об'єктів пізнання.

За способом проведення спостереження можуть бути безпосередніми й опосередкованими.

*Безпосередні спостереження* дають можливість відображати, сприймати ті чи інші властивості, ознаки об'єкта за допомогою органів чуття. Такі спостереження дали багато корисного для розвитку науки. Відомо, наприклад, що спостереження за розміщенням планет і зірок на небі, які проводив протягом більш як двадцяти років Т. Браге з вражаючою як для неозброєного ока точністю, стали емпіричною основою для відкриття Й. Кеплером його відомих законів.

У наш час безпосередні візуальні спостереження широко використовуються в космічних дослідженнях як важливий (а іноді й незамінний) метод наукового пізнання. З орбіти штучного супутника Землі око людини може впевнено визначити межі хмарного покриву, типи хмар, границі виносу каламутних річкових вод у море, оглянути рельєф дна на мілководді, визначити характеристики океанічних вихорів і пилових бур діаметром у кілька сотень кілометрів, розрізнити типи планктону та ін.

Хоч безпосередні спостереження продовжують відігравати важливу роль у сучасній науці, однак найчастіше наукове *спостереження буває опосередкованим*, тобто здійснюється за допомогою тих чи інших технічних засобів. Це можуть бути біноклі, зорові труби, прилади нічного бачення з оптико-електронним посиленням світла тощо.

Поява й розвиток таких засобів розширили можливості методу спостережень. Якщо, наприклад, до початку 17 ст. астрономи спостерігали за небесними тілами неозброєним оком, то винахід Г. Галілея (оптичний телескоп, 1608 р.) підняло астрономічні спостереження на новий, більш високий рівень. А створення в наш час рентгенівських телескопів і розміщення їх на борту орбітальних станцій у космічному просторі дозволило здійснювати спостереження за такими об'єктами у Всесвіті (пульсари, квазари), які було б неможливо вивчати якимось іншим способом. Так само, створення в 17 ст. оптичного мікроскопа, а набагато пізніше, уже в 20 ст. й електронного мікроскопа дозволило дослідникам спостерігати дивний світ мікрооб'єктів і мікроявищ.

Залежно від того, хто (або що) фіксує спостережуваний об'єкт, явище чи процес, виділяють *людське* (спостерігач – людина) та *механічне* (за допомогою електронних чи механічних пристроїв) *спостереження*.

Розрізняють також *спостереження прями* (безпосередньо під час подій, що відбуваються) й *непрями* (за результатами подій, що відбулися). Так, об'єкти та явища, які досліджує ядерна фізика, не можна спостерігати безпосередньо ні за допомогою органів чуття людини, ні за допомогою

найдосконаліших приладів. Те, що вчені спостерігають у процесі емпіричних досліджень в атомній фізиці, – це не самі мікрооб’єкти, а тільки результат їхнього впливу на технічні засоби дослідження. Наприклад, при вивченні властивостей заряджених частинок за допомогою камери Вільсона ці частинки сприймаються дослідником побічно завдяки таким видимим їхнім проявам, як утворення треків, що складаються з безлічі крапельок рідини. Наведемо ще один приклад. Пряме спостереження припускає безпосереднє спостереження за поведінкою, скажімо, потенційних туристів в офісі туристичної компанії (наприклад, в якій послідовності вони вивчають туристичні продукти, запропоновані менеджером). Під час застосування непрямого спостереження вивчаються результати певної поведінки, а не сама поведінка. Тут часто використовуються архівні дані. Наприклад, дані про динаміку покупок певних туристичних продуктів за роками можуть бути корисними при вивченні зрушень у ринковій ситуації.

Спостереження відіграють важливу *евристичну* роль у науковому пізнанні. У процесі спостережень можна відкрити зовсім нові явища, які дозволяють обґрунтувати іншу наукову гіпотезу. Наведемо лише один приклад з історії космічних досліджень. Учасники тривалих експедицій у Космос на орбітальній станції „Салют-6” спостерігали за станом Світового океану, адже над ним і навіть у його глибинах формується погода планети. Ці спостереження допомогли виявити так звані синоптичні вихори. Останні являють собою специфічні утворення в океані, які відрізняються своїми розмірами та кольором. Деякі з них мають зеленкувате забарвлення, що вказує на підйом глибинних вод до поверхні, інші відрізняються блакитним забарвленням – тут вода з поверхні йде в глибину. Завдяки цим спостереженням вдалося підтвердити гіпотезу академіка Г. Марчука, відповідно до якої в Світовому океані є енергоактивні зони, які відіграють роль своєрідних „генераторів погоди”. Саме над такими аномаліями й відбувається формування циклонів.

Щоб одержати певні висновки про досліджуване явище, виявити його істотні ознаки, найчастіше потрібно провести значну кількість спостережень. Наприклад, щоб одержати навіть короткостроковий (до 7–10 діб) прогноз погоди, необхідно провести величезну кількість спостережень за різними метеорологічними параметрами атмосфери. Такі спостереження в наш час проводяться на більш як 10-ти тисячах метеорологічних станцій, які збирають необхідну інформацію поблизу та безпосередньо на земній поверхні, і на більш як 800 станціях радіозондування, які розміщуються в усій товщі атмосфери. До цього слід додати метеорологічну інформацію, що є результатом спостережень, проведених за допомогою оснащених спеціальною апаратурою морських суден і літаків, безпілотних метеорологічних супутників Землі й пілотованих орбітальних станцій. Увесь цей великий комплекс технічних засобів забезпечує глобальні спостереження за станом атмосфери, поверхні суходолу й океану з метою вивчення тих фізичних процесів, які визначають аномалії погоди на нашій планеті.

Сутність викладеного дає підстави стверджувати, що спостереження є надзвичайно важливим методом емпіричного пізнання, який забезпечує одержання різноманітної інформації про навколишній світ. Як свідчить історія науки, якщо правильно використовувати цей метод, то він є досить плідним.

#### 1.4.1.2. Експеримент

*Експеримент* – більш складний метод емпіричного пізнання порівняно зі спостереженням. Він передбачає активний, цілеспрямований і строго контрольований вплив дослідника на досліджуваний об'єкт з метою виявлення й вивчення тих чи інших його сторін, властивостей, зв'язків. При цьому експериментатор може змінювати досліджуваний об'єкт, створювати штучні умови для його вивчення, втручатися в природний перебіг процесів.

В експерименті виділяють незалежні змінні (експериментальні фактори) й залежні змінні.

*Незалежна змінна (експериментальний фактор)* – це параметр, характеристика, яка вводиться й змінюється дослідником за своєю програмою відповідно до мети експерименту. Це те, чим впливаємо в експерименті.

*Залежна змінна* – це параметр, характеристика, яка змінюється під дією експериментального фактора. Це те, на що впливаємо в експерименті.

Експерименти, в яких є багато незалежних змінних, називають *багатофакторними*.

Складовими частинами експерименту є також інші методи емпіричного дослідження (спостереження, вимірювання). У той же час він має важливі, властиві тільки йому особливості.

По-перше, експеримент дозволяє вивчати об'єкт в „очищеному” вигляді, тобто можна усунути різні побічні чинники, нашарування, які ускладнюють процес дослідження. Наприклад, проведення деяких експериментів неможливе без спеціально обладнаних приміщень, захищених (екранованих) від зовнішніх електромагнітних впливів на досліджуваний об'єкт.

По-друге, в ході експерименту об'єкт може перебувати в штучних, зокрема екстремальних умовах, тобто вивчатися при наднизьких температурах, при надзвичайно високих тисках або, навпаки, у вакуумі, в середовищі з величезною напруженістю електромагнітного поля й т. ін. За таких штучно створених умов вдається виявити дивні, часом несподівані властивості об'єктів і тим самим глибше осягнути їхню сутність. У цьому аспекті дуже цікавими й перспективними є космічні експерименти, які дозволяють вивчати об'єкти, явища в таких особливих, незвичайних умовах (невагомість, глибокий вакуум), які неможливо створити в земних лабораторіях.

По-третє, вивчаючи який-небудь процес, експериментатор може втручатися в нього, активно впливати на його перебіг.

По-четверте, важливою перевагою багатьох експериментів є їх відтворюваність. Це означає, що умови експерименту, а відповідно й проведені при цьому спостереження, вимірювання можна відтворити стільки разів, скільки це необхідно для одержання достовірних результатів.

Підготовка й проведення експерименту вимагають дотримання низки умов. Так, науковий експеримент:

- ніколи не ставиться навмання, а передбачає наявність чітко сформульованої мети дослідження;
- не проводиться „наосліп”, завжди базується на якихось вихідних теоретичних положеннях;
- не здійснюється безпланово, хаотично; попередньо дослідник складає план його проведення;
- вимагає певного, необхідного для його реалізації рівня розвитку технічних засобів пізнання;
- повинен проводитися людьми, які мають досить високу кваліфікацію.

Залежно від характеру проблем, які розв’язуються в ході експериментів, останні поділяються на дослідницькі й перевірні.

*Дослідницькі експерименти* дають можливість виявити в об’єкті нові, невідомі властивості. Результатом таких експериментів можуть бути висновки, що не випливають із попередніх знань про об’єкт дослідження. Прикладом можуть бути експерименти, проведені в лабораторії Е. Резерфорда, в ході яких було виявлено дивну поведінку альфа-частинок, коли вони бомбардували золоту фольгу: більшість частинок проходила крізь фольгу, незначна кількість частинок відхилялася й розсіювалася, а деякі частинки не просто відхилялися, а відскакували назад, як м’яч від сітки. Така експериментальна картина відповідно до розрахунків пояснювалася тим, що практично вся маса атома зосереджена в ядрі, яке займає незначну частину його об’єму (відскакували назад альфа-частинки, які зазнавали зіткнення з ядром). Так, дослідницький експеримент, проведений Резерфордом і його співробітниками, дав можливість виявити ядро атома й тим самим започаткувати народження ядерної фізики.

*Перевірні експерименти* важливі для перевірки, підтвердження тих чи інших теоретичних побудов. Так, існування цілого ряду елементарних частинок (позитрона, нейтрино й ін.) було спочатку передбачено теоретично, й лише згодом вони були виявлені експериментальним шляхом.

Беручи до уваги методику проведення й одержані результати, експерименти можна розділити на якісні й кількісні. *Якісні експерименти* мають пошуковий характер і не дають можливості одержати якісь кількісні показники. Вони дозволяють лише виявити дію тих чи інших чинників на досліджуване явище. *Кількісні експерименти* спрямовані на встановлення точних кількісних залежностей у досліджуваному явищі. У реальній практиці

експериментального дослідження обидва типи експериментів реалізуються, як правило, у вигляді послідовних етапів розвитку пізнання.

Як відомо, зв'язок між електричними й магнітними явищами вперше встановив датський фізик Г. Ерстед у результаті виключно якісного експерименту. Помістивши магнітну стрілку компаса поряд із провідником, через який проходив електричний струм, він виявив, що стрілка відхиляється від початкового положення. Після того, як Ерстед опублікував своє відкриття, кількісні експерименти провели французькі вчені Ж.-Б. Біо та Ф. Савар, а також А. Ампер. Їхні експерименти стали підставою для виведення відповідної математичної формули. Усі ці якісні й кількісні емпіричні дослідження було покладено в основу вчення про електромагнетизм.

Будь-який експеримент може здійснюватися як безпосередньо з об'єктом, так і з його „замінником” або моделлю. Використання моделей дає змогу застосовувати експериментальний метод дослідження до таких об'єктів, безпосереднє оперування з якими є важким або навіть неможливим.

Залежно від галузі наукового знання, де застосовується експериментальний метод дослідження, розрізняють природничонауковий, прикладний (у технічних науках, у сільськогосподарській науці тощо) й соціально-економічний експерименти.

### 1.4.1.3. Вимірювання

Більшість наукових експериментів і спостережень передбачають проведення різноманітних вимірювань. *Вимірювання* – це процес, суть якого полягає у визначенні кількісних значень тих чи інших властивостей, сторін досліджуваного об'єкта або явища за допомогою спеціальних технічних пристроїв. Величезне значення вимірювань для науки відзначали багато відомих учених. Наприклад, Д. Менделєєв підкреслював, що „наука починається з того моменту, коли починають вимірювати”. А відомий англійський фізик В. Томсон (Кельвін) указував на те, що „кожна річ відома лише настільки, наскільки її можна виміряти”.

Вимірювання передбачає такі *основні складові елементи*:

- 1) об'єкт вимірювання, тобто вимірювану величину;
- 2) спостерігача або технічний пристрій, що сприймає результати вимірювання;
- 3) прилади для вимірювання;
- 4) умови зовнішнього середовища, в яких проводяться вимірювання;
- 5) одиницю вимірювання;
- 6) метод вимірювання;
- 7) остаточний результат вимірювання.

Важливою стороною процесу вимірювання є методика його проведення. Вона являє собою сукупність прийомів, що ґрунтуються на певних принципах і засобах вимірювання.

Під *принципами вимірювання* в даному випадку розуміють якісь явища, які лежать в основі вимірювань (наприклад, вимірювання температури з використанням термоелектричного ефекту; вимірювання вологості повітря волосяним гігрометром із використанням здатності натягнутої знежиреної людської волосини змінювати свою довжину в залежності від вмісту вологи в повітрі).

*Засіб вимірювань* – засіб вимірювальної техніки, який реалізує процедуру вимірювань, має нормовані метрологічні характеристики, котрий відтворює та (або) зберігає одиницю фізичної величини, розмір якої приймається сталим у межах визначеної похибки протягом визначеного інтервалу часу.

Засоби вимірювань поділяють на групи за такими ознаками:

- за принципом дії та видом використаної енергії (механічні, електричні, рідинні, пневматичні, гідравлічні, хімічні, ультразвукові, інфрачервоні, радіоізотопні та ін.);
- за формою показів вимірюваної величини (аналогові та цифрові);
- за характером відображення результату вимірювання (показуючі, самописні, реєструючі, інтегруючі);
- за призначенням (промислові або технічні, лабораторні, зразкові, еталонні);
- місцем розташування при експлуатації (щитові, місцеві, дистанційні);
- габаритними розмірами (мініатюрні, малогабаритні, нормальні та великогабаритні).

Майже кожний засіб вимірювань можна віднести до будь-якої групи. Наприклад, термометр може бути промисловим, самописним, електричним, щитовим, малогабаритним та ін.

Наявність суб'єкта (дослідника), який проводить вимірювання, не завжди є обов'язковою. Він може й не брати особистої участі в процесі вимірювання, якщо вимірювальна процедура є складовою частиною роботи автоматичної інформаційно-вимірювальної системи. Остання базується на використанні електронно-обчислювальної техніки. Причому, коли з'явилися порівняно недорогі комп'ютери, вимірювальна техніка дістала можливість створювати „інтелектуальні” прилади, які обробку даних вимірювань здійснюють одночасно з власне вимірювальними операціями.

Важливою ознакою вимірювання є точність. *Точність вимірювань* означає максимальну наближеність їх результатів до істинного значення вимірюваної величини. Ступінь точності змінюється залежно від вимог, які висуваються до результату вимірювання. На практиці не тільки неминучі, а й допустимі різні похибки вимірювання. Розроблено спеціальні методи оцінки й компенсації цих похибок. Мірою точності вимірів служить середнє квадратичне відхилення (стандарт).

Результат вимірювання має вигляд певного числа одиниць вимірювання. *Одиниця вимірювання* – це еталон, з яким порівнюється характеристика об'єкта або явища, що вимірюється. Існує багато одиниць

вимірювання, що відповідає великій кількості об'єктів, явищ, їхніх властивостей, характеристик, зв'язків, які доводиться вимірювати в процесі наукового пізнання. Виділяють *основні одиниці вимірювання*, які є базисними при побудові системи одиниць, і *похідні*, що виводяться з інших одиниць на основі якихось математичних співвідношень.

За відображенням результатів вимірювання розрізняють абсолютні й відносні вимірювання. *Абсолютні вимірювання* – вимірювання, значення яких подано в абсолютних одиницях фізичних величин (наприклад, тиск у паскалях, довжина в метрах, час у секундах тощо). *Відносні вимірювання* – вимірювання, значення яких подано як відношення вимірюваної величини до однойменної, умовно прийнятої за одиницю, або ж у відсотках (наприклад, вологість повітря).

Методику побудови системи одиниць як сукупності основних і похідних одиниць уперше запропонував у 1832 р. К. Гаусс. Він розробив систему одиниць, в якій за основу було прийнято три довільні, незалежні одна від однієї основні одиниці – довжини (міліметр), маси (міліграм) і часу (секунда). Усі інші (похідні) одиниці можна було визначити за допомогою цих трьох. Пізніше, з розвитком науки й техніки з'явилися й інші системи одиниць фізичних величин, побудовані за принципом, запропонованим Гауссом. Вони базувалися на метричній системі мір, але відрізнялися одна від однієї основними одиницями.

Крім того, у фізиці з'явилися так звані природні системи одиниць. Їх основні одиниці визначалися на основі законів природи (це виключало суб'єктивність людини як чинника, що впливає на побудову зазначених систем). Як приклад можна навести „природну” систему фізичних одиниць, запропоновану в свій час М. Планком. За її основу було взято „світові сталі”: швидкість світла у вакуумі, стала тяжіння, стала Больцмана й стала Планка. Взнявши ці величини за основу та прирівнявши їх до „1”, Планк одержав низку похідних одиниць (довжини, маси, часу й температури).

Проблема уніфікації одиниць вимірювання в минулому створювала істотні труднощі в розвитку наукового пізнання. Наприклад, до 1880 р. включно не існувало погодженості щодо вимірювання електричних величин: використовувалося 15 різних одиниць електричного опору, 8 одиниць електрорушійної сили, 5 одиниць електричного струму тощо. Такий стан значною мірою утруднював зіставлення результатів вимірювань і розрахунків, виконаних різними дослідниками. Гостро постала необхідність уведення єдиної системи електричних одиниць. Таку систему було прийнято на Першому міжнародному конгресі з електрики, що відбувся в 1881 р.

Найбільшого поширення в наш час у природознавстві набула *Міжнародна система одиниць (SI)*, прийнята в 1960 р. на 11-ій Генеральній конференції з питань мір і ваги. В основі Міжнародної системи одиниць – сім основних (метр, кілограм, секунда, ампер, кельвін, кандела, моль) і дві додаткові (радіан, стерadian) одиниці. Ця система одиниць фізичних величин є найбільш досконалою та універсальною серед усіх, які існували до цього



часу. Вона охоплює фізичні величини механіки, термодинаміки, електродинаміки й оптики, що пов'язані між собою фізичними законами.

Поряд з основними та додатковими одиницями Міжнародної системи СІ є ще *позасистемні одиниці* – одиниці вимірювання, що на відміну від системних одиниць фізичних величин не входять до складу жодної із систем, але використовуються на практиці. Значного поширення набули одиниці тиску: атмосфера, бар, міліметр ртутного стовпа, міліметр водяного стовпа. Позасистемними одиницями часу є хвилина, година; одиницями довжини – ангстрем, світловий рік, парсек; одиницями площі – ар, гектар; одиницями електричної енергії – кіловат-година; одиницями акустичних величин – децибел, фон, октава та ін.

Існує кілька видів вимірювань. Беручи до уваги характер залежності вимірюваної величини від часу, вимірювання поділяють на *статичні й динамічні*. Під час статичних вимірювань величина, яку ми вимірюємо, залишається постійною в часі (вимірювання розмірів тіл, постійного тиску та ін.). До динамічних належать такі вимірювання, у процесі яких вимірювана величина змінюється в часі (вимірювання вібрацій, змінних тисків тощо).

За способом одержання результатів розрізняють *вимірювання прямі й непрямі*. Коли проводять прямі вимірювання, невідоме значення вимірюваної величини одержують шляхом безпосереднього порівняння її з еталоном або визначають за допомогою вимірювального приладу (вимірювання маси на вагах, температури – термометром, довжини – за допомогою лінійних мір і т. ін.). Коли вдаються до непрямого вимірювання, шукану величину визначають за допомогою відомої математичної залежності між цією величиною та іншими величинами, одержаними шляхом прямих вимірювань (наприклад, визначення опору резистора знаходимо на підставі закону Ома підстановкою значень сили струму й напруги, одержаних в результаті прямих вимірів). Непрямі вимірювання широко використовуються в тих випадках, коли шукану величину неможливо або занадто складно виміряти безпосередньо, або коли пряме вимірювання дає менш точний результат.

Метод вимірювання може бути *контактним*, якщо він здійснюється при безпосередньому контакті зразка з вимірювальним наконечником приладу, і *безконтактним*, якщо механічний контакт відсутній (оптичні, пневматичні й інші вимірювання).

Добре розвинуте вимірювальне приладобудування, різноманітність методів і високі характеристики засобів вимірювання сприяють прогресу в наукових дослідженнях. З іншого боку, з прогресом науки розвивається й вимірювальна техніка. Разом з удосконаленням існуючих вимірювальних приладів відбувається перехід до принципово нових конструкцій вимірювальних пристроїв, у яких втілюються нові наукові досягнення.

## 1.4.2. Загальнонаукові методи теоретичного пізнання

### 1.4.2.1. Абстрагування. Рух мислення від абстрактного до конкретного

Процес пізнання завжди починається з розгляду конкретних предметів і явищ, їхніх зовнішніх ознак, властивостей, зв'язків, які людина сприймає за допомогою органів чуття. Тільки в результаті вивчення чуттєво-конкретного людина приходять до якихось узагальнених уявлень, понять, тих чи інших теоретичних положень, тобто до наукових абстракцій. Формування цих абстракцій пов'язане зі складним процесом мислення, що має здатність до абстрагування.

У процесі *абстрагування* відбувається перехід від чуттєво сприйнятих конкретних об'єктів (з усіма їх властивостями, сторонами та ін.) до абстрактних уявлень про них, відтворених у мисленні. Абстрагування, таким чином, полягає в уявному нехтуванні якимись менш істотними властивостями, ознаками, зв'язками досліджуваного об'єкта з одночасним виділенням, формуванням однієї чи декількох істотних ознак, властивостей, зв'язків цього об'єкта. Результат, одержаний у процесі абстрагування, називають *абстракцією* (або використовують термін „абстрактне” – на відміну від „конкретного”). Абстрагування може застосовуватися до реальних та абстрактних об'єктів (таких, що вже раніше пройшли абстрагування). Багатоступінчасте абстрагування приводить до абстракції зростаючого ступеня узагальнення.

Абстрагування становить необхідну умову виникнення й розвитку будь-якої науки й людського пізнання загалом. Питання про те від чого відволікається наше мислення в кожному конкретному випадку вирішується в прямій залежності від природи досліджуваного об'єкта й тих завдань, які стоять перед дослідником. Наприклад, багато задач у математиці вирішуються за допомогою рівнянь без розгляду конкретних об'єктів, що стоять за ними – люди це чи тварини, рослини чи мінерали. У цьому й полягає велика сила математики й разом з тим її обмеженість. Для механіки, яка вивчає переміщення тіл у просторі, байдужими є фізико-кінетичні властивості тіл, окрім маси. Так, Й. Кеплеру були неважливими червонуватий колір Марса чи температура Сонця для встановлення законів руху планет.

У науковому пізнанні широко застосовуються абстракції ототожнення та ізолюючі абстракції.

*Абстракція ототожнення* являє собою поняття, що є результатом ототожнення деякої множини предметів (при цьому відволікаються від цілого ряду індивідуальних властивостей, ознак даних предметів) та об'єднання їх в особливу групу. Прикладом може бути групування всієї різноманітності рослин і тварин, які існують на нашій планеті, в особливі

види, роди, родини й т. д., країн – у типи за рівнем їхнього соціально-економічного розвитку тощо.

*Ізолююча абстракція* є результатом виділення певних властивостей, ознак, взаємозв'язків, нерозривно пов'язаних із предметами матеріального світу, в самостійні сутності („стійкість”, „розчинність”, „електропровідність” та ін.).

Перехід від чуттєво-конкретного до абстрактного завжди пов'язаний із певним спрощенням дійсності. Разом з тим, сходячи від чуттєво-конкретного до абстрактного, теоретичного, дослідник має можливість глибше зрозуміти досліджуваний об'єкт, усвідомити його сутність.

Звичайно, в історії науки мали місце й помилкові, хибні абстракції, які не відображали, по суті, нічого в об'єктивному світі (ефір, життєва сила, електрична рідина та ін.). Використання подібних „мертвих абстракцій” створювало лише видимість пояснення явищ, що спостерігалися. Насправді ніякого поглибленого пізнання в цьому випадку не відбувалося. Розвиток природознавства привів до відкриття нових істинних ознак, властивостей, зв'язків об'єктів та явищ матеріального світу. Необхідною умовою прогресу пізнання стало створення по-справжньому наукових, а не „примарних” абстракцій, що дозволило глибше пізнати сутність досліджуваних явищ.

Але формування наукових абстракцій, загальних теоретичних положень не є кінцевою метою пізнання, а являє собою тільки засіб для більш глибокого, різнобічного пізнання конкретного. Тому необхідний подальший рух пізнання від досягнутого абстрактного знову ж таки до конкретного. Одержане на цьому етапі знання про конкретне буде якісно іншим у порівнянні з тим, із чого починався процес чуттєвого пізнання. Іншими словами, конкретне на початку процесу пізнання (чуттєво-конкретне, що є його вихідним моментом) і конкретне, що досягається наприкінці пізнавального процесу (його називають логічно-конкретним, підкреслюючи роль абстрактного мислення в його усвідомленні), докорінно відрізнятимуться одне від одного.

Розглянутий вище рух мислення від абстрактного до конкретного характеризує загальну спрямованість науково-теоретичного пізнання, що має на меті перехід від менш змістовного до більш змістовного знання. Інакше кажучи, дослідник одержує в підсумку цілісну картину досліджуваного об'єкта в усьому багатстві його змісту.

#### **1.4.2.2. Ідеалізація. Уявний експеримент**

Розумова діяльність дослідника в процесі наукового пізнання передбачає особливий вид абстрагування, який називають ідеалізацією. *Ідеалізація* являє собою внесення певних змін у досліджуваний об'єкт відповідно до мети дослідження. У результаті таких змін можуть бути вилучені (або додані) з розгляду якісь властивості, ознаки, зв'язки об'єктів. Іншими словами, ідеалізація – це мисленне утворення абстрактних об'єктів,

які не існують і не можуть існувати в дійсності, але які мають прообрази в реальному світі. Прикладами ідеалізованих понять є матеріальна точка, пряма лінія, площина, точковий електричний заряд, ідеальний газ, абсолютно чорне тіло, абсолютно тверде тіло, інерційна система відліку, абсолютний нуль температури тощо.

Так, під широко розповсюдженою в механіці ідеалізацією, яка має назву матеріальної точки, слід розуміти тіло, розмірами якого можна знехтувати. Такий абстрактний об'єкт зручний при описуванні його руху. Причому подібна абстракція є прийнятною в процесі дослідження будь-яких реальних об'єктів – від молекул та атомів при розгляді багатьох задач статичної фізики й до планет Сонячної системи при вивченні, наприклад, їхнього руху навколо Сонця.

Зміни об'єкта в процесі ідеалізації можуть відбуватися також шляхом надання йому якихось особливих властивостей, яких у реальній дійсності не існує. Прикладом такого виду ідеалізації у фізиці може бути абстракція, відома під назвою абсолютно чорного тіла. Таке тіло наділяється неіснуючою в природі властивістю поглинати абсолютно всю променеву енергію, що надходить на його поверхню, нічого не відбиваючи. Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла є ідеальним випадком, тому що на нього ніяк не впливає природа речовини випромінювача або стан його поверхні. А якщо можна теоретично описати спектральний розподіл густини енергії випромінювання для ідеального випадку, то можна дещо довідатися й про процес випромінювання в цілому.

Доцільність використання ідеалізації визначають такі обставини.

По-перше, ідеалізація доцільна тоді, коли реальні об'єкти, які слід дослідити, досить складні за наявних засобів теоретичного (зокрема математичного) аналізу, а стосовно ідеалізованого випадку можна, використавши ці засоби, побудувати й розвинути теорію, яка за певних умов ефективно описуватиме властивості й поведінку цих реальних об'єктів. Останнє, по суті, й засвідчує доцільність ідеалізації та відмежовує її від безплідної фантазії.

По-друге, ідеалізацію доцільно використовувати в тих випадках, коли необхідно вилучити деякі властивості, зв'язки досліджуваного об'єкта, без яких він існувати не може, але які завуальовують сутність процесів, що протікають у ньому. Складний об'єкт постає немовби в „очищеному” вигляді, що полегшує його вивчення.

По-третє, застосування ідеалізації є доцільним тоді, коли ознаки, властивості, зв'язки досліджуваного об'єкта, які вилучаються з розгляду, не впливають у межах даного дослідження на його сутність. Вище вже згадувалося, наприклад, про те, що абстракція матеріальної точки дозволяє в деяких випадках уявляти найрізноманітніші об'єкти – від молекул або атомів до гігантських космічних об'єктів. При цьому правильний вибір допустимості подібної ідеалізації відіграє дуже велику роль. Якщо в ряді випадків доцільно розглядати атоми у вигляді матеріальних точок, то така

ідеалізація стає неприпустимою, коли йдеться про вивчення структури атома. Точно так само можна вважати матеріальною точкою нашу планету, розглядаючи її обертання навколо Сонця, але аж ніяк не в тому випадку, коли йдеться про її власне добове обертання.

Як різновид абстрагування, ідеалізація припускає елемент чуттєвої наочності (звичайний процес абстрагування приводить до утворення уявних абстракцій, які, фактично, позбавлені будь-якої наочності). Ця особливість ідеалізації дуже важлива для реалізації такого специфічного методу теоретичного пізнання, яким є уявний експеримент (його ще називають мислимим, суб'єктивним, ідеалізованим).

*Уявний експеримент* припускає оперування ідеалізованим об'єктом (що заміщує в абстракції об'єкт реальний); оперування полягає в уявному створенні того чи іншого стану, різних ситуацій, що дозволяє виявити якісь важливі особливості досліджуваного об'єкта. У цьому виявляється певна подібність між уявним (ідеалізованим) і реальним експериментами. Більше того, будь-який реальний експеримент, перш ніж його буде здійснено на практиці, дослідник спочатку „прокручує” в уяві – в процесі обмірковування, планування. У цьому випадку уявний експеримент виступає в ролі попереднього ідеального плану реального експерименту.

Разом з тим, уявний експеримент відіграє й певну самостійну роль у науці. При цьому, зберігаючи подібність з реальним експериментом, він у той же час істотно відрізняється від нього. Назвемо ці відмінності.

*Реальний експеримент* – це метод, пов'язаний із практичним, предметно-маніпулятивним, „зрядєвим” пізнанням навколишнього світу. В уявному ж експерименті дослідник оперує не матеріальними об'єктами, а їхніми ідеалізованими образами; саме ж оперування відбувається в його свідомості, тобто чисто уявно. Можливість проведення реального експерименту залежить від наявності відповідного матеріально-технічного (а іноді й фінансового) забезпечення. Уявний експеримент такого забезпечення не потребує.

У реальному експерименті доводиться враховувати реальні фізичні та інші обмеження щодо його проведення, неможливість у ряді випадків усунути негативний вплив зовнішніх чинників у ході проведення експерименту, спотворення одержаних результатів через зазначені причини. У цьому плані уявний експеримент має явні переваги над експериментом реальним. В уявному експерименті можна абстрагуватися від дії небажаних чинників, провівши його в ідеалізованому, „чистому” виді.

У науковому пізнанні бувають випадки, коли, досліджуючи деякі явища, ситуації, провести реальні експерименти взагалі неможливо. Цей пробіл у пізнанні може заповнити тільки уявний експеримент.

Наукова діяльність Г. Галілея, І. Ньютона, Дж. Максвелла, С. Карно, А. Ейнштейна та інших учених, що заклали основи сучасного природознавства, свідчить про істотну роль уявного експерименту у формуванні теоретичних ідей. Історія розвитку фізики багата на факти

використання уявних експериментів. Прикладом можуть бути уявні експерименти Г. Галілея, які допомогли відкрити закон інерції. Реальні експерименти, в яких неможливо було усунути фактор тертя, здавалося б, підтверджували концепцію Аристотеля, що панувала протягом тисячоліть. Вона стверджувала, що рухоме тіло зупиняється, якщо сила, що штовхає його, припиняє свою дію. Таке твердження ґрунтувалося на простій констатації фактів, які можна спостерігати в реальних експериментах (куля або візок, одержавши силовий вплив, котяться вже без нього по горизонтальній поверхні, а потім неминуче сповільнюються свій рух і, зрештою, зупиняються). У цих експериментах не вдавалося спостерігати рівномірний безперервний рух за інерцією.

Галілей, проробивши в уяві зазначені експерименти з поетапною ідеалізацією поверхонь тертя й доведенням до повного вилучення тертя із взаємодії, спростував аристотелівську точку зору й зробив єдино правильний висновок : за відсутності протидії, рух тіла є рівномірним, прямолінійним, не обмеженим у часі й просторі. Цей висновок можна було отримати тільки за допомогою уявного експерименту. Таким чином, було відкрито фундаментальний закон механіки руху. „Закон інерції, – писали А. Ейнштейн і Л. Інфельд, – не можна вивести безпосередньо з експерименту, його можна вивести уможлядно – за допомогою мислення, що спирається на спостереження. Цей експеримент ніколи не можна виконати в дійсності, хоч він і приводить до глибокого розуміння дійсних експериментів”. Отож, уявний експеримент може мати велику евристичну цінність, допомагаючи інтерпретувати нове знання, отримане виключно математичним шляхом.

Метод ідеалізації, який в цілому є дуже плідним, і навіть спроможним спонукати до наукового відкриття, не є ще достатньою підставою для того, щоб зробити це відкриття. Ідеалізація обмежена конкретною областю явищ і придатна для вирішення тільки обмеженого кола проблем.

Основне позитивне значення ідеалізації як методу наукового пізнання полягає в тому, що одержані завдяки ідеалізації теоретичні припущення дають можливість ефективно досліджувати реальні об'єкти та явища. Спрощення як результат ідеалізації полегшує створення теорії, допомагає розкрити закони досліджуваної області явищ матеріального світу. Якщо теорія в цілому правильно описує реальні явища, то ідеалізація, що лежить в її основі, є правочинною.

#### **1.4.2.3. Формалізація. Мова науки**

*Формалізація* – особливий підхід у науковому пізнанні, який полягає у використанні спеціальної символіки. Це дозволяє абстрагуватися від вивчення реальних об'єктів, змісту теоретичних положень, що їх описують, й оперувати замість цього певною множиною символів (знаків).

Виділяють такі види формалізації: описувальна, математична, логічна.

*Дескриптивна або описова формалізація* означає зображення абстрактних об'єктів науки за допомогою особливих термінів. Наприклад, функцію дескриптивної формалізації об'єктів виконують такі терміни як „число”, „матерія”, „вартість”, „капіталізм”, „знання”, „совість”, „ідея”, „географічне положення”, „протяжність”, „висота” та ін.

*Математична формалізація* означає зображення абстрактних об'єктів науки й наукового знання за допомогою спеціальних (математичних) термінів, штучних знаків та символів-цифр, формул, знаків математичних операцій тощо. Використання формалізованої мови математики в природничих і гуманітарних науках називається процесом математизації наук. При цьому використання математичної символіки не тільки допомагає закріпити вже існуючі знання про досліджувані об'єкти, явища, але й виступає своєрідним інструментом у процесі подальшого їх пізнання. Найбільш простими для формалізації в географії є параметри, які можна легко виміряти й подати у вигляді абсолютних числових значень в певній системі одиниць. Такими є параметри стану елементів систем, як, наприклад, тиск, вологість, кількість сонячної радіації або глибина водойми, швидкість течії, кількість населення чи площа території. Відношення між такими параметрами зазвичай можна легко представити у вигляді формул.

*Логічна або дедуктивна формалізація* означає зображення форм мислення – понять, висловлювань, умовиводів, взаємозв'язків між формами мислення, між структурними елементами теорії за допомогою спеціальних (логічних) знаків і символів. У хімії, наприклад, відповідна хімічна символіка разом із правилами оперування нею теж є одним з варіантів формалізованої штучної мови. У географії широко вживаною є така графічна формалізація, як карта. Картографічні (просторові) об'єкти – особливим чином формалізовані реальні об'єкти.

Метод формалізації набув великого значення в процесі розвитку логіки. Праці Г. Лейбніца поклали початок застосуванню методу логічних обчислень. Завдяки останньому в середині 19 ст. почалося формування математичної логіки, яка в другій половині 20 ст. відіграла важливу роль у розвитку кібернетики, в появі електронно-обчислювальних машин, у вирішенні завдань автоматизації виробництва та ін.

Для побудови будь-якої формальної системи необхідним є:

- задання алфавіту, тобто певного набору знаків;
- задання правил, відповідно до яких з вихідних знаків цього алфавіту можна отримати „слова”, „формули”;
- задання правил, які дають можливість переходити від одних слів, формул даної системи до інших слів і формул (так зване правило висновку).

У результаті виникає формальна знакова система у вигляді своєрідної штучної мови. Важливою перевагою цієї системи є можливість проведення в її рамках дослідження будь-якого об'єкта виключно формальним шляхом (оперування знаками) без прямої участі самого об'єкта.

Ще одна перевага формалізації полягає в стислості й чіткості запису наукової інформації, що створює великі можливості для оперування нею. Навряд чи вдалося б успішно скористатися, наприклад, теоретичними висновками Дж. Максвелла, якби вони не були компактно виражені у вигляді математичних рівнянь, а описувалися б за допомогою звичайної, повсякденної мови.

Для задоволення потреб науки розробляються різні штучні мови, призначені для вирішення тих чи інших задач. Зрозуміло, формалізовані штучні мови щодо гнучкості й багатства поступаються перед звичайною мовою. Зате вони позбавлені багатозначності термінів (полісемії), властивою живим мовам. Численні штучні формалізовані мови є могутнім засобом наукового пізнання. Однак, нереально ставити за мету створення якоїсь єдиної формалізованої мови науки. Справа в тому, що навіть досить багаті формалізовані мови неспроможні задовольнити вимогу повноти, тобто певну множину правильно сформульованих мовних одиниць такої мови не можна створити виключно формальним шляхом усередині цієї мови. Зауважимо, однак, таке: те, що не вдається вивести в даній формальній системі, можна вивести в іншій системі, більш багатій.

#### **1.4.2.4. Індукція та дедукція**

*Індукція* – метод пізнання, що ґрунтується на формально-логічному умовиводі, який дає можливість одержати загальний висновок на основі окремих фактів. Інакше кажучи, це є рух нашого мислення від часткового, окремого до загального.

Індукція широко застосовується в науковому пізнанні. Виявляючи подібні ознаки, властивості багатьох об'єктів певного класу, дослідник робить висновок про наявність цих ознак, властивостей у всіх об'єктів даного класу. Наприклад, у процесі експериментального вивчення електричних явищ використовувалися провідники струму, виготовлені з різних металів. На підставі численних одиничних дослідів (мідь проводить струм, залізо проводить струм, алюміній проводить струм...) було сформульовано загальний висновок про електропровідність усіх металів. Індуктивний метод поряд з іншими методами пізнання відіграв важливу роль у відкритті й деяких інших законів природи, наприклад всесвітнього тяжіння, атмосферного тиску, теплового розширення тіл та ін.

Зазвичай розрізняють два види індукції: повну й неповну.

*Повна індукція* – висновок якогось загального судження про всі об'єкти деякої множини на основі розгляду кожного об'єкта даної множини. Сфера застосування такої індукції обмежена об'єктами, число яких скінченне. Так, знаючи, що Земля обертається навколо Сонця, Марс обертається навколо Сонця, Венера обертається навколо Сонця і т. д., на основі знання дев'яти одиничних суджень, суб'єктами яких виступають поняття, що позначаються відповідними іменами (назвами планет Сонячної системи), робиться



висновок за повною індукцією: отже, всі планети Сонячної системи обертаються навколо Сонця.

На практиці найчастіше використовується форма індукції, яка передбачає висновок про всі об'єкти множини на основі пізнання лише частини об'єктів. Такі висновки *неповної індукції* часто носять ймовірнісний (правдоподібний) характер.

Прикладами неповної індукції можуть слугувати такі міркування.

*Умовивід 1.* Аргентина є республікою, Бразилія – республіка, Венесуела – республіка, Еквадор – республіка. Аргентина, Бразилія, Венесуела, Еквадор – латиноамериканські держави. Всі латиноамериканські держави є республіками.

*Умовивід 2.* Італія – республіка, Португалія – республіка, Фінляндія – республіка, Франція – республіка. Італія, Португалія, Фінляндія, Франція – західноєвропейські країни. Всі західноєвропейські країни є республіками.

Індукція не дає повної гарантії отримання нової істини з уже наявних. Максимум, про що можна говорити, – це про певний ступінь ймовірності виведеного висновку. Так, твердження і першого, й другого індуктивного умовиводу правдоподібні, але висновок першого з них істинний, а другого – помилковий. Дійсно всі латиноамериканські держави – республіки, але серед західноєвропейських країн є не тільки республіки, але й монархії, наприклад, Англія, Бельгія та Іспанія.

Неповна індукція, яка базується на експериментальних дослідженнях і яка включає теоретичне обґрунтування, здатна давати і *достовірний висновок*. Вона називається *науковою індукцією*. Наукова індукція реалізується у вигляді таких методів:

- метод єдиної подібності (в усіх випадках при спостереженні якогось явища виявляється лише один спільний фактор, всі інші – різні; отже, цей єдиний подібний фактор і є причиною даного явища);
- метод єдиної відмінності (якщо обставини виникнення якогось явища та обставини, за яких воно не виникає, майже в усьому подібні й розрізняються лише одним фактором, що присутній тільки в першому випадку, то можна зробити висновок, що цей фактор і є причиною даного явища);
- з'єднаний метод подібності й відмінності (являє собою комбінацію двох вищевказаних методів);
- метод супровідних змін (якщо певні зміни одного явища кожного разу спричиняють певні зміни іншого явища, то звідси випливає висновок про причинний зв'язок між цими явищами);
- метод залишків (якщо складне явище зумовлене багатofакторною причиною, причому деякі з цих факторів відомі як причина якоїсь частини даного явища, то звідси випливає висновок: причина іншої частини явища – інші фактори, що складають разом загальну причину цього явища).

Родоначальником класичного індуктивного методу пізнання був Ф. Бекон. Але він трактував індукцію надзвичайно широко, вважаючи її найважливішим методом відкриття нових істин у науці, головним засобом наукового пізнання природи.

Насправді ж, вищевказані методи наукової індукції використовуються переважно для встановлення емпіричних залежностей між властивостями об'єктів і явищ, які виявляються в процесі експерименту. У цих методах систематизовано найпростіші формально-логічні прийоми, які вчені-натуралісти стихійно використовували в ході будь-якого емпіричного дослідження. З розвитком природознавства стало зрозуміло, що в науковому пізнанні методи класичної індукції насправді не є такими всеосяжними, як це здавалося Ф. Бекону та його послідовникам аж до кінця 19 ст.

*Дедукація* – метод, який полягає в одержанні часткових висновків на основі знання якихось загальних положень. Інакше кажучи, це є рух нашого мислення від загального до часткового, окремого. Наприклад, із загального положення, що всі метали електропровідні, можна зробити дедуктивний умовивід про електропровідність конкретного мідного дроту (знаючи, що мідь – метал). Якщо вихідні загальні положення є встановленою науковою істиною, то завдяки методу дедукації завжди можна дістати *вірний* висновок.

Усі природничі науки одержують нові знання за допомогою дедукації, але особливо велике значення дедуктивного методу в математиці. Оперуючи математичними абстракціями й будуючи свої міркування на дуже загальних положеннях, математики вимушені найчастіше вдаватися до дедукації. І математика є, мабуть, єдиною власне дедуктивною наукою.

У науці Нового часу пропагандистом дедуктивного методу пізнання був відомий математик і філософ Р. Декарт. Дедуктивна методологія Декарта була прямою протилежністю емпіричному індуктивізму Бекона.

Але, незважаючи на спроби, що мали місце в історії науки й філософії, відірвати індукцію від дедукації, протиставити їх у реальному процесі наукового пізнання, ці два методи не застосовуються ізольовано, відособлено один від одного. Кожен із них використовується на відповідному етапі пізнавального процесу. Більше того, у процесі використання індуктивного методу найчастіше „в прихованому вигляді” присутня й дедукація.

### **1.4.3. Загальнонаукові методи, що застосовуються на емпіричному й теоретичному рівнях пізнання**

#### **1.4.3.1. Аналіз і синтез**

*Аналіз* – поділ об'єкта (подумки чи реально) на складові частини з метою їх окремого вивчення. Такими частинами можуть бути якісь матеріальні елементи об'єкта або ж його властивості, ознаки, зв'язки та ін.

З найдавніших часів аналіз застосовувався, наприклад, для розкладання на складові деяких речовин. Зокрема, уже в Стародавньому Римі аналіз

використовувався для перевірки якості золота й срібла способом так званого купелювання (аналізована речовина зважувалася до й після нагрівання). Поступово формувалась аналітична хімія, яку з повним правом можна назвати матір'ю сучасної хімії: адже перш ніж застосовувати ту чи іншу речовину для конкретних цілей, потрібно з'ясувати її хімічний склад.

У науці Нового часу аналітичний метод було абсолютизовано. Вчені, вивчаючи природу, „розсікали її на частини” (за словами Ф. Бекона) й, досліджуючи частини, не помічали значення цілого. Це було наслідком метафізичного мислення, що панував тоді серед натуралістів.

Безсумнівно, аналіз посідає важливе місце у вивченні об'єктів матеріального світу. Але він є лише першим етапом процесу пізнання. Якби, скажімо, хіміки обмежувалися тільки аналізом, тобто виділенням і вивченням окремих хімічних елементів, то вони не змогли б вивчати всі ті складні речовини, до складу яких входять ці елементи. Як би глибоко не було вивчено, наприклад, властивості вуглецю й водню, за цими відомостями ще нічого не можна сказати про численні речовини, що складаються з різного поєднання цих хімічних елементів.

Для розуміння об'єкта як єдиного цілого не можна обмежуватися вивченням лише його складових частин. У процесі пізнання необхідно розкривати об'єктивно існуючі зв'язки між ними, розглядати їх у сукупності, в єдності. Здійснити цей другий етап у процесі пізнання – перейти від вивчення окремих складових частин об'єкта до вивчення його як єдиного нерозривного цілого – можна тільки в тому випадку, якщо метод аналізу доповнюється іншим методом – синтезом.

*Синтез* – поєднання воедино складових частин (властивостей, ознак, зв'язків та ін.) досліджуваного об'єкта, розчленованих у результаті аналізу. При цьому синтез не означає простого механічного поєднання роз'єднаних елементів у єдину *систему*. Він розкриває місце й роль кожного елемента в цілісній системі, установлює взаємозв'язки й взаємозалежності між ними.

*Системи* поділяються на:

- 1) цілісні (в яких зв'язки між складовими елементами міцніші, ніж зв'язки цих елементів з довкіллям) і сумативні (в яких зв'язки між елементами мають такий же порядок, що й зв'язки їхніх елементів із довкіллям);
- 2) органічні (біологічні організми, жива природа) й механічні (техніка);
- 3) динамічні (перебувають у постійному русі) й статичні (відносно нерухомі);
- 4) відкриті (обмінюються речовиною, енергією, інформацією з іншими системами) й закриті (ізольовані);
- 5) керовані (такі, що управляються) й некеровані (такі, що не піддаються управлінню);
- 6) такі, що самоорганізуються (зміни в них відбуваються самовпливом), і такі, що не самоорганізуються (тобто є неорганізованими).

Відповідно до сучасних наукових поглядів на природу, всі природні об'єкти являють собою впорядковані, структуровані, ієрархічно організовані системи.

Аналіз і синтез – могутні засоби людського пізнання й вивчення дійсності. Без аналізу й синтезу неможливі найелементарніші та найпростіші форми психічної діяльності – відчуття, сприйняття. Аналіз і синтез з успіхом використовуються також і в теоретичному пізнанні. Але й тут, як і на емпіричному рівні пізнання, аналіз і синтез – це не дві відірвані одна від одної операції. За своєю сутністю вони – дві сторони єдиного аналітико-синтетичного методу пізнання.

#### **1.4.3.2. Аналогія. Моделювання та прогнозування**

Під *аналогією* слід розуміти подібність, схожість якихось властивостей, ознак або взаємозв'язків у різних насправді об'єктів. Установлення подібності (або відмінності) між об'єктами здійснюється способом їх порівняння. Таким чином, в основі методу аналогії лежить порівняння. Якщо логічний висновок про наявність якої-небудь властивості, ознаки, взаємозв'язку досліджуваного об'єкта робиться на підставі встановлення його подібності з іншими об'єктами, то цей висновок називають *умовиводом за аналогією*.

Ступінь імовірності одержання правильного умовиводу за аналогією буде тим вищою: 1) чим більше відомо про спільні властивості порівнюваних об'єктів; 2) чим істотнішими є їхні спільні властивості; 3) чим глибше вивчено взаємний закономірний зв'язок між цими подібними властивостями.

При цьому слід мати на увазі, що якщо об'єкт, стосовно якого робиться умовивід за аналогією з іншим об'єктом, має яку-небудь властивість, несумісну з тією властивістю, про існування якої потрібно зробити висновок, то загальна подібність цих об'єктів втрачає будь-яке значення.

Метод аналогії застосовується в найрізноманітніших галузях науки: в математиці, фізиці, хімії, кібернетиці, в гуманітарних дисциплінах тощо. Особливо плідно аналогія використовується на початкових стадіях пізнання. Історії відомо чимало випадків, коли наукові висновки було зроблено за допомогою умовиводів за аналогією. Наприклад, за аналогією з хвилями на поверхні води було відкрито закони поширення звуку й світла; аналогія, проведена між рухом пружних шарів і рухом молекул газу, дала можливість вирахувати тиск газу; за аналогією з іншими небесними тілами Г. Галілей припустив, що Земля має форму кулі тощо.

Існують різні типи висновків за аналогією. Але загальним для них є те, що в усіх випадках безпосередньо досліджується один об'єкт, а висновок робиться про інший об'єкт. Тому висновок за аналогією в найзагальнішому розумінні можна визначити як перенесення інформації з одного об'єкта на інший. При цьому перший об'єкт, який, власне, й досліджується, називається *моделлю*, а другий об'єкт, на який переноситься інформація, отримана в

результаті дослідження першого об'єкта (моделі), називається *оригіналом* (іноді – прототипом, зразком). Метод дослідження явищ і процесів, що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю), називається *моделюванням*.

Модель завжди виступає як аналогія, тобто модель та оригінал певною мірою схожі (подібні) між собою. Подібність може бути за фізичною схожістю, просторовими, структурними та функціональними характеристиками, але обов'язково сформульованими у вигляді критеріїв подібності. Завдяки наявній подібності стає можливим отримати результати переносити на оригінал, але не механічно, а за відповідними правилами, процедурами, згідно з теоретичними схемами-матрицями.

Як засіб наукового пізнання моделі виконують три основні функції: описову, пояснювальну та прогностичну.

*Описова функція моделі* полягає в систематизації емпіричних даних; точність, адекватність та повнота опису є вихідною передумовою для виконання будь-яких функцій.

*Пояснювальна функція* полягає в розкритті зв'язків між встановленими в процесі описання фактами, залежностями та вже відомими законами, теоріями, гіпотезами.

*Прогностична функція* спрямована на передбачення нових, не відомих раніше властивостей і відносин в об'єкті, що моделюється.

У залежності від характеру моделей, які використовуються в науковому дослідженні, розрізняють кілька видів моделювання.

1. *Уявне (ідеальне) моделювання*. До цього виду моделювання належать найрізноманітніші уявлення у формі тих чи інших уявних моделей. Наприклад, в ідеальній моделі електромагнітного поля, створеній Дж. Максвеллом, силові лінії уявлялися у вигляді трубок різного перерізу, по яких тече уявна рідина, нестискувана й позбавлена інертності. Модель атома, запропонована Е. Резерфордом, нагадувала Сонячну систему: навколо ядра („Сонця”) оберталися електрони („планети”). Слід зазначити, що уявні (ідеальні) моделі нерідко реалізуються матеріально у вигляді фізичних моделей, які сприймаються органами чуття.

2. *Фізичне моделювання* характеризується фізичною подібністю між моделлю й оригіналом і має на меті відтворити за допомогою моделі процеси, властиві оригіналу. За результатами дослідження тих чи інших фізичних властивостей моделі роблять висновки про явища, що відбуваються (чи можуть відбутися) в так званих „натуральних умовах”. Зневажливе ставлення до результатів таких модельних досліджень може мати негативні наслідки. Повчальним прикладом є історичний факт загибелі англійського корабля-броненосця „Кептен”, побудованого в 1870 р. Дослідження відомого вченого-суднобудівника В. Ріда, здійснені з використанням моделі корабля, виявили серйозні дефекти в його конструкції. Однак адміралтейство Англії не прийняло до уваги заяву вченого, в якій той посилався на дослід з

„іграшковою моделлю”. У результаті „Кептен”, вийшовши в море, перекинувся, загинули більш як 500 моряків.

Сьогодні фізичне моделювання широко застосовується в конструюванні й експериментальному вивченні різних споруд (гребель, зрошувальних систем та ін.), машин (аеродинамічні якості літаків, наприклад, досліджуються на їхні моделях, що обдуваються повітряним потоком в аеродинамічній трубі), для кращого розуміння якихось природних явищ, для вивчення ефективних і безпечних способів проведення гірничих робіт тощо.

3. *Символічне (знакове) моделювання* пов’язане з уявленням певних властивостей, взаємозв’язків об’єкта-оригінала за допомогою умовних знаків. До символічних моделей належать різноманітні топологічні й графічні уявлення (у вигляді графіків, номограм, схем тощо) досліджуваних об’єктів або, наприклад, моделі у вигляді хімічної символіки, які відображають стан або співвідношення елементів під час хімічних реакцій.

Особливим і дуже важливим різновидом символічного (знакового) моделювання є математичне моделювання. Символічна мова математики дозволяє виражати властивості, ознаки, взаємозв’язки об’єктів і явищ будь-якої природи. Взаємозв’язки між різними величинами, що описують функціонування такого об’єкта чи явища, можна уявити у вигляді відповідних рівнянь (диференціальних, інтегральних, інтегрально-диференціальних, алгебраїчних) та їхніх систем. Отримана система рівнянь разом з відомими даними, необхідними для її розв’язання (початкові умови, граничні умови, значення коефіцієнтів рівнянь та ін.), називається *математичною моделлю явища*.

Математичне моделювання може застосовуватися в особливому поєднанні з фізичним моделюванням. Таке поєднання, що дістало назву матеріально-математичного (або предметно-математичного) моделювання, дозволяє досліджувати певні процеси в об’єкті-оригіналі, замінюючи їх на вивчення процесів зовсім іншої природи (що протікають у моделі), які, однак, описуються за допомогою тих же математичних співвідношень, що й вихідні процеси. Так, механічні коливання можуть моделюватися за допомогою електричних коливань на підставі повної ідентичності диференціальних рівнянь, що їх описують.

У наш час матеріально-математичне моделювання нерідко реалізується за допомогою електронних аналогових пристроїв, які дозволяють установити математичну аналогію між процесами, що протікають в об’єкті-оригіналі, й у спеціально створеній електронній схемі. Остання й забезпечує одержання нової інформації про процеси, які відбуваються в досліджуваному об’єкті.

4. *Чисельне моделювання* за допомогою електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) – комп’ютерів. Цей різновид моделювання ґрунтується на раніше створеній математичній моделі досліджуваного об’єкта чи явища й застосовується тоді, коли для дослідження даної моделі потрібно здійснити великий обсяг обчислень. Причому, для того, щоб розв’язати системи

рівнянь, що містяться в ній, за допомогою комп'ютерів, необхідно попередньо скласти програми (сукупність розпоряджень для обчислювальної машини). Ці програми комп'ютер виконує як послідовність елементарних математичних і логічних операцій. У даному випадку комп'ютер разом із введеною в нього програмою являє собою матеріальну систему, що здійснює чисельне моделювання досліджуваного об'єкта чи явища.

Чисельне моделювання особливо важливе в тому випадку, коли не зовсім зрозуміла фізична картина досліджуваного явища, не вивчено внутрішній механізм взаємодії. За допомогою комп'ютера обчислюються різні варіанти, здійснюється нагромадження фактів, що дає можливість в кінцевому підсумку зробити вибір найбільш реальних і ймовірних ситуацій. Активне використання методів чисельного моделювання дозволяє значно скоротити терміни наукових і конструкторських розробок.

Досить широко застосовується метод моделювання в кібернетиці. На основі кібернетичних пристроїв і приладів моделюються процеси чуттєвого сприйняття, пам'яті й логічного мислення, що значно поліпшує процес розумової праці людини, розширює можливості ефективного управління складними явищами й системами. Моделювання мозку, його психічних функцій сприяє поглибленому розумінню механізмів пізнавальної, мислительної діяльності тощо.

Моделювання дає змогу отримати знання про майбутнє та про ймовірний розвиток сьогочасних тенденцій. Таким чином, моделювання тісно переплітається з методом прогнозування.

*Прогнозування* – процес передбачення майбутнього стану предмета чи явища на основі аналізу його минулого й сучасного стану, отримання систематичної інформації про якісні й кількісні характеристики розвитку цього предмета чи явища в перспективі. Результатом прогнозування є прогноз. В умовах інтенсифікації антропогенної діяльності й посилення трансформації природних комплексів актуальним є геоекологічне прогнозування. *Геоекологічним прогнозуванням* називають розробку уявлень про природні комплекси майбутнього та їхні перемінні стани, в тому числі зумовлені антропогенною діяльністю. Головним завданням цього виду прогнозування є оцінювання можливої реакції навколишнього середовища на безпосередній чи опосередкований вплив людини та попередження несприятливих процесів, спричинених впливами різних видів природокористування. Геоекологічне прогнозування складається з трьох блоків, об'єднаних цільовим призначенням: природно-ландшафтного (структура й природний потенціал ландшафту), соціально-економічного (антропогенний вплив і навантаження) та блоку екологічних проблем і ситуацій.

Прогрес науки сприяє розвитку методів моделювання й прогнозування – на зміну одним типам моделей приходять інші. У той же час незмінним залишається одне: важливість, актуальність, а іноді й незамінність цих методів наукового пізнання.

## РОЗДІЛ 2. ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ПРИРОДОЗНАВСТВА

### 2.1. Природознавство: об'єкт, предмет, завдання, структура

Слово „природознавство” (рос. – „естествознание”, „природоведение”, від „естество” – природа) означає знання про природу. Слово „природоведение” походить від спільнослов'янського „веди” – наука, знання. У латинській мові поняття „природа” позначається словом „natura” („натура”). Тому в багатьох європейських країнах наука про природу дістала назву „naturwissenschaft”. Від цієї назви походить і міжнародний термін „натурфілософія” (філософія природи).

*Природознавство* – узагальнена, інтегрована наука про живу й неживу природу як єдине ціле.

*Об'єктом* вивчення природознавства є жива й нежива природа.

*Предметом* вивчення природознавства є:

- різноманітні форми руху матерії в природі;
- ступені послідовних рівнів організації матерії та їхнього взаємозв'язку;
- основні форми всякого буття – простір і час;
- закономірний зв'язок явищ природи як загального, так і специфічного характеру.

*Основними цілями* природознавства є:

- знаходити сутність явищ природи, їхні закони й на цій основі передбачати або створювати нові явища;
- розкривати можливості використання на практиці пізнаних законів природи.

Оскільки природа надзвичайно різноманітна щодо видів об'єктів, їхніх властей і форм руху, то в процесі її пізнання сформувалися різні природничі науки: фізика, хімія, біологія, астрономія, географія, геологія та багато інших. Кожна з природничих наук має справу з якимись конкретними властивостями природи (матерії, що рухається в просторі й часі).

Виділяють дві *групи природничих наук*:

- 1) галузеві природничі науки, або галузеве природознавство;
- 2) системні природничі науки, або системне природознавство.

Існує три головні *галузеві природничі науки*: фізика, біологія, хімія.

Спочатку всі знання про природу належали до сфери інтересів *фізики* (або до фізіології). Невипадково Аристотель (4 ст. до н. е.) називав своїх попередників „фізиками” або „фізіологами” (давньогрецьке слово „фюзис” („фізис”) дуже близьке за значенням до слов'янського слова „природа”). Саме фізика є основою всіх наук про природу. Фізика вивчає найбільш загальні властивості матерії й форми її руху (механічну, теплову, електромагнітну, атомну, ядерну) й поділяється на багато напрямів і розділів (загальна фізика, теоретична фізика, експериментальна фізика, механіка, молекулярна фізика, атомна фізика, ядерна фізика, фізика електромагнітних явищ та ін.).



*Біологія* – система наук про життя в усіх його проявах. Біологія вивчає різноманіття живих організмів, їхню будову, життєдіяльність, розмноження, походження, зв'язки між собою та з неживою природою, природні угруповання організмів і класифікує їх. Біологія – найдиференційованіша галузь природознавства. Вона об'єднує велику кількість наукових галузей знань, таких як ботаніка, зоологія, генетика, фізіологія, цитологія, анатомія, морфологія, мікробіологія, ембріологія, систематика, біогеографія, біоніка, молекулярна біологія, радіобіологія, космічна біологія, фітопатологія, біохімія тощо.

*Хімія* – це наука про речовини, їхній склад, будову, властивості та взаємні перетворення. Вона вивчає хімічну форму руху матерії й поділяється на органічну й неорганічну, фізичну та аналітичну хімію, колоїдну хімію (хімію розчинів) та ін. Таким чином, хімія вивчає як неживу, так і живу природу, а також перехідні стани речовини. Тому хімія займає проміжне положення між фізикою й біологією.

До *системних природничо-наукових дисциплін* належать: космологія, науки про Землю (особливо географія), науки про мікросвіт (науки про фундаментальні та елементарні частинки, ядра, атоми й молекули). Останні в наш час існують як розрізнені групи теорій та експериментів.

*Космологія* – це фізичне вчення про Всесвіт як цілісність, його будову та розвиток. Ще одним розділом астрономії, крім космології, є *космогонія*, яка вивчає питання походження й розвитку небесних тіл (планет, Сонця, зірок та ін.). Новішим напрямом у пізнанні Космосу є космонавтика.

*Географія* – наука про природу земної поверхні та причини її різноманітності, про населення Землі та його господарську діяльність, про взаємодію природи й людства в межах всієї планети. Складність об'єкта дослідження зумовила розділення географії на спеціалізовані наукові дисципліни, що дає підставу розглядати сучасну географію як систему наук, у якій виділяються природничі, або фізико-географічні, й суспільні географічні науки. До фізико-географічних наук належать комплексна фізична географія (включає загальне землезнавство, палеогеографію), геоморфологія, кліматологія, гідрологія суходолу, океанологія, географія ґрунтів, біогеографія тощо; до суспільних географічних наук – економічна географія, соціальна географія, географія населення, географія культури, політична географія й ін. До системи географічних наук включають також країнознавство й комплексні дисципліни прикладного характеру (медична географія, військова географія, рекреаційна географія тощо). Особливе місце в системі географічних наук посідає картографія.

На перетині галузевих і системних дисциплін формуються такі науки, як астрофізика, астрохімія й космічна біологія; геофізика, геохімія й біогеографія; атомна фізика, молекулярна хімія й молекулярна біологія.

Найбільш перспективними галузями природознавства, що визначають пріоритети розвитку науки в 21 ст., є екологія й медицина.

*Екологія* – наука про взаємодію будь-якого об'єкта з навколишнім середовищем. При цьому як першочергові об'єкти вивчення виступають Земля, жива природа й людина.

*Медицина* – галузь наукової та практичної діяльності, що вивчає нормальні та патологічні процеси в організмі людини, різноманітні захворювання, патологічні стани, методи з профілактики та відновлення здоров'я людини. В широкому розумінні медицина – це наука про еволюцію тіла, розуму й стану людини.

Роль природознавства (природничих наук) у житті людини важко переоцінити. Воно є основою життєзабезпечення – фізіологічного, технічного, енергетичного. Це теоретична основа промисловості й сільського господарства, усіх технологій, різних видів виробництва, в тому числі виробництва енергії, продуктів харчування, одягу тощо. Природознавство – найважливіший елемент культури людства, один з найістотніших показників розвитку цивілізації.

## **2.2. Античний період в історії розвитку природознавства**

Дуже важко виділити точку зародження природознавства. Вже в далекій давнині люди намагалися зрозуміти й пояснити природний світ. Знання його закономірностей було потрібне їм, насамперед, у практичному плані (підготовка до зміни пір року, до сезонів посухи, дощів і розливу річок, знання ознак родючості ґрунтів, кліматичних особливостей тощо).

Поява власне науки відбувається в античну добу – особливий період розвитку древньої Греції та Риму, а також тих земель і народів, які перебували під їхнім культурним впливом, у період з 9–8 ст. до н. е. до 4–5 ст. н. е.

Першою в історії людства формою існування природознавства була так звана натурфілософія, або філософія природи. Вважалося, що філософії – в її натурфілософській формі – відведена роль „науки наук”, „цариці наук”, бо вона є вмістилищем усіх людських знань про навколишній світ, а природні науки є лише її складовими частинами. Умови аристократичної Греції з відносно м'яким і гуманним рабовласницьким ладом були унікальними для створення натурфілософських систем, які осмислюють і описують світ як єдине ціле.

Першою філософською школою в Греції була мілетська, найбільш відомими представниками якої є Фалес (640–562 рр. до н. е.), Анаксимандр (611–546 рр. до н. е.), Анаксімен (585–524 рр. до н. е.).

Першим філософом і вченим античності вважають Фалеса Мілетського. Подорожуючи світом у якості купця, він здобув багато знань у Єгипті, Вавилоні та в інших країнах. За переказами на основі розрахунків він передбачив сонячне затемнення 28 травня 585 р. до н. е.

Анаксимандру приписують складання першої географічної карти, створення глобуса, виготовлення деяких приладів, серед яких називають

гномон, що вказував на сонцестояння та рівнодення, та сонячний годинник. Анаксимандр першим піднявся до ідеї про безліч світів, Земля – тільки частка світу, метеор, оточений безмежним світовим простором. Виникнення світу Анаксимандр пояснював боротьбою й відокремленням протилежностей (насамперед холоду й тепла). У надрах „безмежного” спочатку виникає зародок світу, в якому вологе й холодне ядро оточене вогняною оболонкою. Під впливом жару ядро висихає, а його пара роздуває зовнішню оболонку аж до її руйнування. Оболонка розкладається на декілька кілець. Десь після цього й виникає циліндрична Земля, яка висить нерухомо в центрі сферичного Всесвіту. Ці процеси, за Анаксимандром, періодично повторюються: через певний час світ знову поглинається навколишнім „безмежним” началом.

Учнем Анаксимандра був Анаксімен. Началом усього Анаксімен вважав не щось невизначене, як про це думав його вчитель, а повітря. З повітря все виникає й до нього все повертається. Розрідження повітря приводить до виникнення вогню, коли ж повітря густішає, це веде до появи вітру, хмар, води, землі, каміння тощо. Процес виникнення Землі з повітря Анаксімен порівнює з процесом валяння шерсті до утворення повсті, з якої роблять валянки. „Повстяна” Земля на вигляд схожа на стіл і, на відміну від думки Анаксимандра, не висить нерухомо в центрі світу, а підтримується знизу повітрям.

Подальший розвиток натурфілософії в античну добу пов'язаний з іменами таких філософів і науковців, як Піфагор (бл. 580–500 рр. до н. е.), Геракліт Ефеський (бл. 540–480 рр. до н. е.), Ксенофан (бл. 565–470 рр. до н. е.), Парменід (бл. 540–470 рр. до н. е.), Зенон (бл. 480–430 рр. до н. е.), Емпедокл (бл. 481–421 рр. до н. е.), Анаксагор (бл. 500–428 рр. до н. е.), Протагор (бл. 481–411 рр. до н. е.), Горгій (бл. 483–373 рр. до н. е.), Геродот (бл. 484–245 рр. до н. е.), Діоген (бл. 412–323 рр. до н. е.), Сократ (бл. 469–399 рр. до н. е.), Гіппократ (бл. 460–370 рр. до н. е.), Платон (бл. 428–347 рр. до н. е.), Епікур (бл. 342–271 рр. до н. е.), Піррон (бл. 360–275 рр. до н. е.), Зенон Кітійський (бл. 333–262 рр. до н. е.), Клеанф (бл. 331–233 рр. до н. е.), Евклід (бл. 330–277 рр. до н. е.), Архімед (бл. 287–212 рр. до н. е.), Хрзіп (бл. 281–208 рр. до н. е.), Панетій (бл. 185–110 рр. до н. е.), Гіппарх (бл. 180–125 рр. до н. е.), Посідоній (бл. 140–51 рр. до н. е.), Луцій Анней Сенека (4 р. до н. е.–65 р. н. е.), Епиктет (бл. 50–138 рр. н. е.), Клавдій Птолемей (бл. 87–168 рр. н. е.), Марк Аврелій Антонін (121–180 рр. н. е.), Плотін (205–270 рр. н. е.), Прокл (412–485 рр. н. е.).

Становлення науки в Стародавній Греції відбувалося у формі наукових програм. *Першою науковою програмою* стала математична програма, запропонована Піфагором і пізніше розвинена Платоном. У місті Кротоні склалася, мабуть, перша (з відомих нам) в історії людства науково-філософська релігійно-політична школа – Піфагорійська Спілка. Вона проіснувала з кінця 6 ст. до середини 4 ст. до н. е. і мала величезний вплив на розвиток старогрецької культури, науки, філософії. Засновником

Піфагорійської Спільки був Піфагор, мислитель, про якого складено багато легенд і мало що відомо достовірно. Окрім всім відомої „теореми Піфагора”, на рахунку цього античного вченого є й низка інших наукових досягнень. Він встановив, що висота тону залежить від довжини струни, розробив математичні співвідношення в скульптурі, архітектурі („золотий перетин”, правильні кількісні співвідношення між різними частинами споруд). Виходячи з ідеї про досконалу фігуру, зробив висновок про кулястість Землі, дотримувався думки про її обертання навколо власної осі. Разом з тим у своїх космологічних поглядах Піфагор був геоцентристом, тобто вважав Землю центром Всесвіту.

Важливою відмітною рисою світорозуміння Піфагора було вчення про число як основу Всесвіту. „Наймудріше у світі – число”, – вчив він. Вважаючи, що світ складається з п’яти елементів (земля, вогонь, повітря, вода й ефір), Піфагор пов’язав їх з п’ятьма видами правильних багатогранників. Так, Земля, на його думку, складається з частинок кубічної форми, вогонь – з частинок, що мають форму чотиригранної піраміди (тетраедрів), повітря – з восьмигранників (октаедрів), вода – з двадцятигранників (ікосаедрів), а ефір – з дванадцятигранників (додекаедрів).

Головне твердження в навчанні Піфагора та його школи полягає в тому, що „математика – є засіб пізнання природи, засіб пізнання устрою світу”.

*Другою науковою програмою античності, що справила величезний вплив на весь наступний розвиток науки, став атомізм. Основні ідеї атомістичного матеріалізму були втілені у вивченні властивостей живої природи старогрецьким вченим Левкіппом і його учнем Демокрітом (4 ст. до н. е.).*

Основні принципи атомістичного вчення Демокріта можна звести до наступних положень.

1. Весь Всесвіт складається з найдрібніших матеріальних частинок – атомів і незаповненого простору – порожнечі. Наявність останньої є обов’язковою умовою для здійснення переміщення атомів у просторі. Атоми незнищенні, вічні, а тому й увесь Всесвіт, який з них складається, існує вічно.
2. Атоми являють собою дрібні, незмінні, непроникні й абсолютно неподільні частки, які є „цеглинками світобудови”.
3. Атоми перебувають у постійному русі, змінюють своє положення в просторі.
4. Розрізняються атоми за формою й величиною. Але всі вони настільки малі, що недоступні для сприйняття органами чуттів людини. Форма їх може бути досить різноманітною. Найменші атоми мають, наприклад, сферичну форму. Це, за висловом Демокріта, „атоми душі й людської думки”.

5. Всі предмети матеріального світу утворюються з атомів різних форм і різного порядку та їх поєднань (подібно до того, як слова утворюються з літер).

„Життя, – із погляду Демокріта, – це з'єднання атомів, смерть – їх розкладання”. Душа теж смертна, тому що її атоми можуть розкладатися. З вихрового руху атомів формується нескінченна множина світів, „що народжуються й умирають, що не створені богами, а виникають і знищуються природним шляхом”.

Атомізм є фізичною програмою, тому що наука за Демокрітом повинна пояснювати явища фізичного світу. Це була перша в історії думки програма, заснована на методологічній вимозі пояснення цілого як суми окремих складових його частин. По суті справи, це означало появу механістичного методу, що вимагав пояснення сутності природничих процесів механічним поєднанням індивідуумів.

Ідеї атомістики отримали свій розвиток у вченні Епікура. Він поділяв точку зору Демокріта, але разом з тим вніс в опис атомів, зроблений Демокрітом, деякі поправки: атоми не можуть перевищувати певної величини, число їх форм обмежене, атоми мають вагу та ін. Але найголовніше в атомістичному вченні Епікура – це спроба знайти якісь внутрішні джерела життя атомів. Він висловив думку, що зміна напрямку їхнього руху може бути зумовлена причинами, що містяться всередині самих атомів. Це був крок вперед у порівнянні з Демокрітом, у вченні якого атом непроникний, не має всередині себе ніякого руху, ніякого життя.

Одним з найбільш відомих натурфілософів-атомістів античності був Тіт Лукрецій Кар (Лукрецій), що жив у 1 ст. до н. е. Його філософська поема „Про природу речей” є важливим джерелом, що містить багато цікавих відомостей про атомістичні погляди Демокріта й Епікура, оскільки з творів останніх до нас дійшли лише деякі уривки.

Програма Аристотеля (384–322 рр. до н. е.) стала *третьою науковою програмою античності*. Намагаючись знайти свій шлях, заперечуючи й Демокріту, й Платонові, Аристотель відмовляється визнати існування ідей або математичних об'єктів, що існують незалежно від речей. Але його не влаштовує й демокрітівське виникнення речей з атомів. Аристотель пропонує чотири причини буття: формальну, матеріальну, діючу й цільову. У його „метафізиці” відтворюється світ, як цілісне утворення, що природно виникло, й має причини в самому собі.

Аристотель захоплювався майже всіма областями знань свого часу й лишив, крім праць з логіки, праці з психології, історії, політики, естетики, етики, зоології, фізики, географії, астрономії, ботаніки, тобто охоплював своїм геніальним розумом все доступне коло знань стародавнього світу в області природничих і гуманітарних наук.

Серед природничих наук йому вдалося досягти найбільших успіхів у вивченні живої природи. Він визначив життя як здатність до самозабезпечення, а також до незалежного зростання й розпаду. У своїх

дослідженнях він згадує кілька сотень різних тварин. Причому описує багатьох з них з такою точністю й настільки детально, що не залишає сумніву в тому, що це – його власні спостереження. Багато фактів, викладені Аристотелем, були „перевідкриті” в наступні століття. Йому було відомо, наприклад, що кити – живородні тварини, він розрізняв хрящових риб і хребетних, описував розвиток курячого яйця аж до появи курчати та ін. Аристотель дав трактування будови, розвитку й властивостей організмів, тому по праву вважається засновником біологічної науки.

Космологія Аристотеля – геоцентрична теорія: Земля, що має форму кулі, нерухомо перебуває в центрі Всесвіту. Доказ кулястості Землі він знаходить під час спостережень місячних затемнень. Ці спостереження показали круглу форму земної тіні, що насувається на диск Місяця. До цього ж висновку – про кулястість Землі – веде, на думку Аристотеля, й властиве Землі тяжіння до центру Всесвіту. Як результат цього тяжіння повинна була утворитися куляста форма.

Аристотель поділяв світ на дві області, що якісно відрізняються одна від одної: область Землі й область Неба. Область Землі має в своїй основі чотири елементи: землю, воду, повітря й вогонь (це ті ж чотири „стихії”, про які говорили представники натурфілософії доаристотелівського періоду). Область Неба має в своїй основі п’ятий елемент – ефір, з якого складаються небесні тіла. Найдосконаліші з них – нерухомі зірки. Вони утворені з чистого ефіру й настільки віддалені від Землі, що недоступні ніякому впливу чотирьох земних елементів. Інша річ – Місяць і планети. Вони також складаються з ефіру, але на відміну від нерухомих зірок піддаються деякому впливу, принаймні, одного з елементів, що утворює Землю. На думку Аристотеля, за оболонкою повітря навколо Землі знаходиться найлегший із земних елементів – вогонь, який розміщується в просторі між Землею та Місяцем і стикається з ефіром.

Геоцентристська космологія Аристотеля була згодом математично оформлена й обґрунтована Клавдієм Птолемеєм (прибл. 90–168 рр. н. е.). Він серйозно займався математикою, захоплювався географією, багато часу присвячував астрономічним спостереженнями. Головна праця Птолемея, „Математична система”, визначила подальший розвиток астрономії більше, ніж на тисячоліття. У цій книзі знайшла відображення колосальна робота, виконана Птолемеєм зі створення першої математичної теорії, що описує рух Сонця й Місяця, а також п’яти відомих тоді планет на видимому небосхилі. Птолемеєм малює наступну схему світобудови: в центрі Всесвіту знаходиться нерухома Земля. Ближче до Землі перебуває Місяць, а потім ідуть Меркурій, Венера, Сонце, Марс, Юпітер і Сатурн. Пояснюючи такий порядок космічних тіл, Птолемеєм виходив з припущення, що чим швидше рухається планета, тим ближче до Землі вона розташована.

Геоцентрична система світу Аристотеля–Птолемея проіснувала надзвичайно довго – аж до опублікування знаменитої праці Н. Коперника, який замінив цю систему на геліоцентричну.

Таким чином, як видно з переліку ідей і напрямів досліджень, у натурфілософії було закладено основи практично всіх сучасних теорій (атома, першоматерії, простору-часу, хаосу) та галузей природознавства (фізики, хімії, біології, медицини, науки про Всесвіт, про Землю, про людину, про мікросвіт, математики й механіки).

### **2.3. Наукове пізнання в епоху Середньовіччя**

З поняттям „Середньовіччя” пов’язуються, насамперед, не стільки хронологічні рамки, скільки своєрідний спосіб мислення, суть якого полягає в поєднанні філософії з релігійною ідеологією. Крім того, особливостями середньовічного мислення є ретроспективність і традиціоналізм. Християнські мислителі були переконані, що чим давнішим є положення, тим воно більш істинне. Найстародавнішою є Біблія, вона є єдиною повною збіркою всіх можливих істин, які людству на всі часи повідомив Бог. І тому достатньо з’ясувати суть біблейських висловів, щоб одержати відповіді на всі питання, котрі людині дано мати. Специфічною рисою тогочасної філософії є дидактизм. Середньовічний мислитель – це, насамперед, вчитель. Він дбав не тільки про те, щоб для себе з’ясувати той чи інший предмет, але ще більше піклувався про те, як передати й викласти своє розуміння цього предмету учням і нащадкам.

Середньовічна наука майже не відповідала критеріям науковості. Це означало її безумовний крок назад в порівнянні з античною наукою. У Середньовіччі зберігаються лише жалюгідні залишки наукових знань античності, викладені в творах тих античних авторів, які визнавалися християнською церквою. Перегляду ці знання не підлягали, їх можна було тільки коментувати – цим і займалися середньовічні мислителі.

Прагнення знайти для кожної речі відповідне місце в ієрархії буття чітко простежується в тенденції до систематизації й класифікації знання. Тому дуже популярним жанром у науковій літературі були твори типу енциклопедій.

Найбільш сприятливі умови для розвитку науки склалися в східній частині колишньої Римської імперії – у Візантії. Тут значною мірою збереглася антична наукова традиція. В особливій пошані були „механіки”. Так, до сьогодні відомі імена зодчих, які споруджували Константинопольський собор у Софії – це Анфимій Тралльський і його сучасник Ісидор Мілетський.

Арабське завоювання просторів колишньої Римської імперії в багатьох регіонах супроводжувалося масовим знищенням пам’яток науки й мистецтва. Однак, одночасно з поширенням арабської мови й ісламу на території Арабського халіфату почала формуватися наукова традиція, заснована, як на античній спадщині, що проникла на Близькій і Середній Схід у зв’язку з еміграцією грецьких учених, так і на наукових досягненнях підкорених народів.

У науці ісламських країн на перший план вийшла математика обчислювального характеру. Істотних успіхів досягли астрономія, оптика й хімія. Найбільше піднесення в розвитку науки в арабомовних країнах простежується в 9–12 ст. Багдад – столиця халіфату – перетворився на великий науковий центр. У 9–10 ст. тут трудилася велика група вчених, перекладачів і переписувачів. Вони працювали над перекладом і тлумаченням творів Платона, Аристотеля. Гіппократа, Евкліда, Архімеда, Птолемея.

Найбільш відомими вченими 9–12 ст. були брати Бану Муса, Сабіт Ібн Корра, Аль-Біруні, Абу Алі Ібн Сіна (Авіценна), Омар Хаям, ал-Хазині.

Брати Бану Муса – видатні перські вчені, які займалися геометрією, астрономією та механікою. У Багдаді вони побудували обсерваторію, в якій проводили спостереження в 850–870 рр. Аль-Біруні відмічає перевагу їхніх астрономічних таблиць над іншими.

Одним з найвідоміших мислителів 9 ст. був Сабіт Ібн Корра (836–901 рр.), якому належить 44 трактати з математики, механіки, фізики, астрономії, географії, теорії музики й філософії. Крім того, відомі рукописи його 17 трактатів з медицини й ветеринарії. Ібн Корра в „Книзі про карастуне” обґрунтовує теорію зважування, спираючись, переважно, на кінематичний напрям статички, викладений у працях Аристотеля. У використаному (хоч і не обґрунтованому) Сабітом понятті сили руху деякі дослідники вбачають аналогію з роботою сили ваги. Він довів теорему про рівнодійну двох однакових сил, прикладених у точках на однакових відстанях, узагальнивши її пізніше для нескінченної множини рівних сил, а потім для випадку рівномірно розподіленого навантаження.

Значним внеском у математику, астрономію, фізику, мінералогію, історію й етнографію є твори Біруні (973–1048 рр.). Він описав календарні системи арабів, персів, греків, євреїв, хорезмійців та інших народів. Є автором фундаментальної праці про Індію. Загалом Аль-Біруні залишив 152 наукових дослідження. З цієї величезної спадщини до нас дійшло лише 30.

Уявлення Аль-Біруні про світоустрій, рух Землі, силу тяжіння набагато випереджали його час. Він висловлював сумнів у справедливості геоцентричної системи Птолемея. Приєднуючись до ідей староіндійських учених про тотожність зірок і Сонця, вважав Сонце вогняною кулею, на відміну від Місяця й планет, що відбивають сонячне світло. Пояснив явище ранішньої й вечірньої зорі як наслідок свічення порошинок в променях прихованого за горизонтом Сонця. Висловив думку про „димоподібну” природу хвостів, що світилися біля диска Сонця під час його затемнень (сонячна корона).

Вчений розробив астрономічні методи геодезичних вимірювань. Удосконалив основні астрономічні інструменти, якими користувалися в той час (астролябію, квадрант, секстант), розвинув теорію тіней – гномоніку. Проведені ним вимірювання нахилу екліптики до екватора протягом багатьох століть залишалися неперевершеними за точністю.



Аль-Біруні одним з перших після старогрецьких учених почав розвивати й широко застосовувати плоску та сферичну тригонометрію як математичну основу практичної астрономії. Розробив новий, дуже точний метод визначення радіусу Землі шляхом спостереження положення горизонту з вершини гори. За 600 років до Віллеброрда Снелліуса запропонував тригонометричний метод вимірювання відстаней, схожий з сучасною тріангуляцією.

Багатою й цінною є наукова та філософська спадщина іранського філософа, природознавця, лікаря, математика й поета Ібн Сіні (980–1037 рр.). Він написав близько 450 трактатів на теми з різних галузей науки, з яких збереглося близько 240. Більшість з його праць (близько 150) присвячені філософській тематиці, 40 – медицині. Найвідомішими роботами є „Книга зцілення” й „Канон лікарської науки”.

„Книга зцілення” є багатотомною філософською та науковою енциклопедією. Вона складається з 18 томів, поділених на чотири частини. Другу частину цієї роботи Авіценна назвав фізикою, до якої відносив усі природничі науки. В ній він детально викладає вчення про матерію та форму, рух, час і простір, скінченність і нескінченність, теорію виникнення й зникнення предметів та явищ реальності. В цьому ж розділі, викладаючи власну теорію про душу, робить глибокий аналіз проблем психології та гносеології. У цій праці Ібн Сіна узагальнив наукові знання в галузі метеорології, мінералогії, ботаніки та зоології, виклав свої геологічні погляди. Міркуючи про зміну рельєфу Землі, він описував дві можливі причини утворення гір: „Вони спричинені або підняттям земної кори, яке могло бути наслідком сильного землетрусу, або дією вод, які, прокладаючи собі новий шлях, залишали долини й просочувались крізь шари різної щільності, іноді дуже м'які, іноді дуже тверді. Вітри та води руйнували одні з цих шарів, а інші залишали недоторканими”. Такі дослідження для тогочасної науки були новими, за його фундаментальний внесок у розвиток геологічної науки Авіценну називали „батьком геології”.

„Канон лікарської науки” був першою книгою, яка стосувалася теми експериментальної медицини, доказової медицини, випадково-контрольованих досліджень і тестів ефективності ліків. „Канон” встановив правила й принципи для перевірки ефективності нових ліків і медикаментів, які дотепер є основою клінічної фармакології та сучасних клінічних досліджень. Книга є відомою тим, що у ній вперше описано заразні хвороби й захворювання, що передаються статевим шляхом, також карантин як метод запобігання поширенню інфекцій. Авіценна в своїй книзі почав досліджувати таку галузь медицини, як нейропсихіатрія, та першим висунув ідею про синдром при діагностуванні окремих захворювань. Ібн Сіна є одним з перших медиків, хто серйозно досліджував спосіб життя довгожителів, чим заклав основи геронтології.

В галузі хімії Авіценна відкрив процес перегонки ефірних олій. Вмів добувати соляну, сірчану й азотну кислоти, гідроксиди калію й натрію.

Одним із найбільших вчених середньовіччя є Омар Хайям (бл. 1048–1131 рр.) – філософ, математик, астроном, поліглот, відомий в усьому світі своїми чотиривіршами „рубайї”. В алгебрі він побудував класифікацію кубічних рівнянь і подав їхній розв’язок за допомогою конічних січень. В Ірані Омар Хайям відомий також створенням більш точного в порівнянні з європейським календаря, що офіційно використовується з 11 ст.

Учнем Омара Хайяма був ал-Хазіні (перша половина 12 ст.). Найбільш відомий його твір „Терези мудростей” присвячений статиці й теорії ваг. У трактаті наведено результати визначень густин деяких речовин за допомогою гідростатичних ваг. За даними ал-Хазіні золото має щільність  $19,05 \text{ г/см}^3$  (за сучасним даними –  $19,25 \text{ г/см}^3$ ), ртуть –  $13,56 \text{ г/см}^3$  (сучасн. –  $13,59 \text{ г/см}^3$ ), срібло –  $10,43 \text{ г/см}^3$  (сучасн. –  $10,428 \text{ г/см}^3$ ). З настільки ж високою точністю ним була знайдена щільність деяких інших речовин. Результати ал-Хазіні вважаються одним з найважливіших експериментальних досягнень мусульманської фізики.

В історії середньовічної науки відомі імена таких арабських вчених, як Мухаммед Аль-Баттані (850–929 рр.) – астроном, що склав нові астрономічні таблиці; Ібн Юнас (950–1009 рр.), який досяг помітних успіхів у тригонометрії й зробив чимало цінних спостережень місячних і сонячних затемнень; Ібн Аль-Хайсам (965–1020 рр.), який здобув популярність своїми роботами в області оптики; Ібн-Рушд (1126–1198 рр.) – видатний філософ і натураліст свого часу, який вважав Аристотеля своїм учителем.

Таким чином, поки християнська наука Європи того часу переживала тривалий період занепаду, на Сході, навпаки, спостерігався прогрес науки. Домінування східної культури над західноєвропейською тривало аж до 13 ст.

Хрестові походи, які познайомили європейців із культурними досягненнями Сходу, розвиток промисловості й сільського господарства загострили потребу в підготовці фахівців. Почали виникати світські школи, в 13 ст. – перші університети в Болоньї, Парижі, Падуї, Неаполі, Оксфорді. І хоча ці університети спочатку призначалися для підготовки духовенства, але в них вже тоді починали вивчатися предмети математичного та природничо-наукового напрямів. Проте теологічна ідеологія не поступалася, спираючись на орден францисканців і домініканців, інквізицію, жертвами яких стало багато великих учених Середньовіччя.

У цих складних умовах, хоч і повільно, відбувався розвиток природничих наук, зокрема механіки. Як свідчать твори саксонця Гуго (1096–1141 рр.) і ченця Теофіла (10 ст.), термін „механіка”, як і раніше, сприймався в дуже широкому розумінні. До складу механіки входили текстильна справа, виготовлення зброї, полювання, мореплавання, землеробство тощо – фактично вся область технічної діяльності людини. Однак, уже в 12–13 ст. з’являються твори, в яких звертаються до проблем власне механіки, головним чином статики й кінематики.

Фундаментальне значення для розробки проблем статики мали праці Й. Неморарія (12 ст.) та його школи. Першим дослідженням з кінематики в

середньовічній Європі є трактат Г. Брюссельського „Про рух” (кін. 12–поч. 13 ст.). Його вчення стали відправною точкою для досліджень учених Мертон-коледжу в Оксфорді. Родоначальником Оксфордської школи був Т. Брадвардін, головними акцентами досліджень якого були поняття часу, руху й миттєвості.

Все вищесказане свідчить про те, що протягом багатомісячної, досить похмурої епохи, іменованої Середньовіччям, інтерес до пізнання явищ навколишнього світу все ж не згасав і процес пошуку істини тривав. З’являлися все нові й нові покоління вчених, які прагнули, незважаючи ні на що, вивчати природу. Разом з тим наукові знання цієї епохи обмежувалися, здебільшого, пізнанням окремих явищ і легко вкладалися в уможливлені натурфілософські схеми світобудови, висунуті ще в період античності. В таких умовах наука ще не могла піднятися до розкриття об’єктивних законів природи. Природознавство – в його нинішньому розумінні – на той час ще не сформувалося.

## **2.4. Пізнання природи в епоху Відродження**

Новий визначний поворот у культурі й науці відбувається в епоху Відродження, що охоплює 14 – початок 17 ст. Епоха Відродження – епоха переходу від феодалізму до становлення капіталістичних відносин, первісного нагромадження капіталу, збільшення соціально-політичної ролі міста, епоха відродження античної культури, виникнення друкарства, епоха титанів думки й духу. Ідейний розвиток країн західної Європи різнився: в Італії епоха Відродження відносилась до 14–17 ст., в інших країнах – до кінця 15 ст.

Найбільш видатними мислителями епохи Відродження були Н. Коперник (1473–1543 рр.), Леонардо да Вінчі (1452–1519 рр.), Г. Галілей (1564–1642 рр.), Дж. Бруно (1576–1600 рр.), Т. Браге (1576–1642 рр.), Й. Кеплер (1571–1630 рр.).

Після вивчення праці Птолемея „Альмагест” у Коперника з’явилися сумніви щодо істинності його геоцентричної системи. Гіпотеза Коперника була простою: треба поміняти в системі Землю й Сонце місцями, залишивши тільки Місяць обертатися навколо Землі. Революційне значення геліоцентричного принципу полягало в тому, що він подав рух усіх планет як єдину систему, пояснив багато незрозумілих раніше ефектів. Уперше було пояснено зміну пір року. Коперник дуже точно визначив відстані від планет до Сонця.

Система Коперника була простішою й точнішою, ніж система Птолемея. Її відразу ж почали використовувати на практиці. Зокрема, на її основі склали „Присські таблиці”, уточнили тривалість тропічного року й провели реформу календаря – було запроваджено новий (григоріанський) стиль.

Згодом італійський вчений Дж. Бруно доповнив систему Коперника новими положеннями: 1) про існування безкінечної кількості світів; 2) про те, що Сонце не є нерухомию, а змінює своє положення відносно зірок; 3) про те, що атмосфера Землі обертається разом із нею.

Великим мислителем гуманістичного світогляду Відродження був Леонардо да Вінчі. Він займався геологією, ботанікою, анатомією людини й тварини, механіку називав „раєм” математичних наук. У механіці був шанувальником експериментальних досліджень. Намагався побудувати літальні апарати (зокрема парашут і вертоліт), займався проектуванням великих гідротехнічних споруд і конструкцій, які в ті часи не були здійснені. Багато уваги Леонардо да Вінчі приділяв проблемам оптики, був близький до формулювання хвильової природи світла.

Великі заслуги Леонардо да Вінчі в області біології: він відкрив щитоподібну залозу, вивчав зв'язок нервів і м'язів, довів, що велика кількість властивостей та їхня різноманітність – це ознака досконалості, що потім розвивалося Ч. Дарвіном.

Геніальний італійський математик, фізик, астроном Г. Галілей винайшов підзорну трубу (1608 р.), телескоп із 30-кратним наближенням, за допомогою якого зробив низку астрономічних відкриттів супутників Юпітера, кілець Сатурна, фаз Венери, сонячних плям, встановив, що Чумацький Шлях являє собою скупчення нескінченної множини зірок та ін. Історична заслуга Галілея перед природознавством полягає в тому, що він розмежував поняття рівномірного й нерівномірного, прискореного руху; сформулював поняття прискорення (швидкість зміни швидкості); показав, що результатом дії сили на тіло, що рухається, є не швидкість, а прискорення; вивів формулу, що зв'язує прискорення, шлях і час; сформулював принцип інерції („якщо на тіло не діє сила, то тіло знаходиться або в стані спокою, або в стані прямолінійного рівномірного руху”); розробив поняття інерційної системи; сформулював принцип відносності руху (всі системи, що рухаються прямолінійно й рівномірно одна відносно одної рівноправні між собою в описі механічних процесів); відкрив закон незалежної дії сил (принцип суперпозиції); прийняв теорію Коперника про будову Всесвіту; вважався „батьком” експериментальної фізики, тому що вірним вважав тільки те, що може бути доведено дослідним шляхом.

Дослідження Галілея заклали надійний фундамент динаміки астрономії, а також методології класичного природознавства. Повноправно його називають батьком сучасного природознавства.

Т. Браге – датський астроном, астролог та алхімік епохи Відродження, який першим в Європі почав проводити систематичні й високоточні астрономічні спостереження. Він склав нові точні сонячні таблиці й уточнений каталог 800 зірок, відкрив дві нові нерівномірності („нерівності”) в русі Місяця, періодичну зміну нахилу місячної орбіти до екліптики, а також зміни в положенні місячних вузлів. З ім'ям Т. Браге пов'язані відкриття наднової зірки в сузір'ї Кассіопеї та перший обґрунтований

спостереженнями висновок про неземну природу комет. Протягом шістнадцяти років Т. Браге вів спостереження за планетою Марс.

Матеріали астрономічних спостережень Браге допомогли його помічникові – німецькому вченому Й. Кеплеру відкрити закони руху планет. Останні слугували пізніше І. Ньютону основою для створення теорії гравітації. Ньютон математично довів, що всі закони Кеплера є наслідком закону тяжіння.

Й. Кеплер поширював логарифмічне числення в Німеччині, заснував оптику як науку, вдосконалив телескоп-рефрактор і допоміг довести відкриття, зроблені за допомогою телескопа його сучасником Г. Галілеєм.

Погляди Кеплера на будову Всесвіту за межами Сонячної системи полягали в тому, що Сонце він вважав нерухомим, а сферу зірок вважав межею світу. У нескінченність Всесвіту Кеплер не вірив і як аргумент запропонував (1610 р.) те, що пізніше отримало назву фотометричний парадокс: якщо число зірок нескінченне, то в будь-якому напрямі погляд наткнувся б на зірку, і на небі не існувало б темних ділянок. Кеплер передбачив існування двох супутників Марса та проміжної планети між Марсом і Юпітером.

Аналогічно піфагорійцям Кеплер вважав світ реалізацією деякої числової гармонії, одночасно геометричної й музичної; розкриття структури цієї гармонії дало б відповіді на найглибші питання.

Епоха Відродження найтіснішим чином пов'язана з Великими географічними відкриттями. Подорожі Х. Колумба, Васко да Гама, Ф. Магеллана та ін. практично довели кулястість Землі, привели до встановлення обрисів більшої частини суші. Великі географічні відкриття створили величезний запас нових фактів не тільки з географії, але й з геології, ботаніки, зоології, етнографії; значно зріс обсяг знань із металургії та мінералогії, пов'язаний з розвитком гірничої справи (праці німецького вченого К. Агріколи, італійського вченого В. Бірінгуччо).

Низку відкриттів було зроблено в математиці, зокрема в алгебрі: знайдені способи вирішення загальних рівнянь 3-го і 4-го ступеня (італійські математики Дж. Кардано, С. Ферро, Н. Тарталья, Л. Феррарі), розроблена сучасна буквена символіка (французький математик Ф. Вієт), введені в ужиток десяткові дроби (голландський математик та інженер С. Стевін).

У 16 ст. прослідковується тенденція до відродження архімедівського напрямку геометричної статички, забутого в Середні віки. Прихильники архімедівської традиції (У. дель Монте, Дж. Бенедетті, С. Стевін) на додачу до архімедівського принципу рівноваги підвішених важких тіл, пов'язаному з поняттям центра ваги тіла й системи тіл, ввели в геометричну статичку принцип рівності моментів. Стевін сформулював закон гідростатичного тиску, проектував фортифікаційні споруди, в 1590 р. склав таблиці, в яких було вказано час настання припливів будь-де в залежності від положення Місяця.

У медицині відбувається перегляд поглядів, що панували в Середні віки, створюються нові методи лікування хвороб. Плеяда анатомів Падуанського університету на чолі з А. Везалієм заклала в 16 ст. основи наукової анатомії, розпочавши систематичні анатомічні розтини. Іспанський вчений М. Сервет близько підійшов до відкриття руху крові в організмі: вперше в Європі описав мале коло кровообігу.

Таким чином, у культурі й науці епохи Відродження головною цінністю стає безкорисливе об'єктивне пізнання світу. На основі цієї найважливішої світоглядної цінності складаються безпосередні передумови виникнення класичного природознавства. Перші успіхи в розвитку природничих наук, ренесансна філософська думка підготували становлення експериментальної науки й матеріалізму 17–18 ст.

## 2.5. Природознавство у 18 столітті

Це століття повноправно можна вважати століттям І. Ньютона (1643–1727 рр.) – великого англійського вченого, який продовжив і розширив вчення Г. Галілея, заклав основи механіки й перетворив її в наукову дисципліну. Цією основою є три закони механіки й закон всесвітнього тяжіння.

Механіка Ньютона вражає своєю простотою. Вона має справу з матеріальними точками й відстанями між ними й, таким чином, є ідеалізацією реального фізичного світу. Завдяки цій простоті стала можливою побудова замкнутої механістичної картини світу. Однак, закони механіки не могли бути розповсюджені на рівень живої речовини. Суперечки механізму з віталізмом не увінчалися очевидною перемогою першого.

Розвиток біології в той час йшов своїм шляхом. Зусиллями шведського вченого К. Ліннея (1707–1778 рр.) була розроблена й запропонована класифікація рослинного й тваринного світу (праця „Система природи”). Клітинна теорія показала, що тваринна сутність є сумою вітальних одиниць, кожна з яких володіє всіма характеристиками життя.

У 18 ст. великого значення набуває динамічна концепція матерії, як форми прояву активної енергії, вкладеної Богом в момент створення світу, розроблена І. Кантом (1724–1804 рр.). Він зробив спробу підійти до природи з точки зору її розвитку, запропонував гіпотезу походження Сонячної системи із першопочаткової туманності й, таким чином, став одним із розробників першої космогонічної теорії.

Для розвитку хімії чимало зробив французький учений А. Лавуазьє (1743–1794 рр.). Завдяки його працям хімія стала самостійним науковим напрямом. За дорученням Паризької академії наук Лавуазьє брав участь у вирішенні суто технічних проблем, зокрема повітроплавання, громадської гігієни. За винайдення способу найкращого освітлення міських вулиць учений отримав золоту медаль академії. Вагомим був внесок Лавуазьє в зростання обсягів виробництва та поліпшення якості пороху у Франції. Свої

великі прибутки він частково витрачав на відкриття наукових лабораторій і проведення досліджень. У роки революції у Франції виступав за встановлення конституційної монархії. У 1793 р. Лавуазьє заарештований за звинуваченням „у змові з ворогами Франції проти французького народу” і за вирокком революційного трибуналу страчений у 1794 р.

Тогочасна Франція дала світові ще одного талановитого хіміка. К.-Л. Бертоле (1748–1822 рр.), встановив, що особливості хімічних реакцій залежать від маси та властивостей речовин, що взаємодіють, та від умов реакції. Праці Бертоле знайшли застосування в промисловому виробництві. Так, для виготовлення вибухових речовин і сірників досі використовують відкрити ним т. зв. бертолетову сіль. Він розробив і спосіб відбілювання полотна хлором, чим скористалася легка промисловість.

У другій половині 18 ст. у Франції з'явилася нова течія, яка одержала назву французького матеріалізму. Його представниками стали видатні вчені Ж. Ламетрі (1709–1751 рр.), П. Гольбах (1723–1789 рр.), Д. Дідро (1713–1784 рр.), Д'Аламбер (1717–1783 рр.), П. Лаплас (1749–1827 рр.), які розробили цілісне розуміння природи як рухомої матерії, вічної в часі й нескінченої в просторі, яка знаходиться в постійному саморозвитку у вигляді круговоротів, закономірно народжуючи життя й розум на планетах, де для цього існують сприятливі умови. Разом з тим вчені заперечували будь-яку роль Бога в існуванні та русі матерії. Матеріалізм підкреслив об'єктивний характер простору й часу, невіддільність від руху матерії: матерія рухається в просторі й часі. Ця ідея отримала підтвердження в сучасній фізиці.

## **2.6. Природознавство в 19 столітті**

У 19 ст. матеріалістична натурфілософія знаходить своє відображення в дослідженнях П. Лапласа, Дж. Максвелла, Л. Фейєрбаха, Ч. Дарвіна, Л. Больцмана та ін. Вони розробляли філософію розуміння природи на основі попередніх досягнень науки й разом з тим були авторами великих відкриттів і фундаментальних теорій. Для цього періоду характерно, що нові природничонаукові концепції спочатку формувались авторами у вигляді філософських ідей, а далі, в міру їх розробки, емпіричних і теоретичних досліджень, перетворювались в конкретні теорії.

Концепція єдності й еволюції живої природи поступово пробивала собі дорогу. Ряд великих відкриттів, зроблених у 19 ст., послужив становленню історичного методу дослідження. Вони були представлені законом збереження енергії Дж. Джоуля та Г. Гельмгольца, клітинною теорією Т. Швана, еволюційною теорією Ч. Дарвіна.

У другій половині 19 ст. природознавство поглибилося завдяки розвитку мікробіології, імунології, ембріології, бактеріології. Чільними представниками цих наукових напрямів стали Р. Кох у Німеччині, І. Мечников у Росії, Л. Пастер у Франції.

З ім'ям чеського природознавця Г. Менделя (1822–1884 рр.) пов'язують виникнення науки про спадковість. Учений відкрив закономірності передавання спадкових ознак і цим започаткував розвиток генетики, яка вивчає спадковість і мінливість організмів. Ідеї Менделя використовуються в селекції рослин, тварин і мікроорганізмів.

У 1896 р. французький фізик А. Беккерель (1852–1908 рр.) відкрив явище самовільного випромінювання уранової солі. Однак природа нового явища ще не була зрозуміла. У його дослідження включилися французькі фізики, подружжя П. Кюрі (1859–1906 рр.) і М. Складовська-Кюрі (1867–1934 рр.). У 1898 р. були відкриті нові елементи, що також мають властивість випускати „беккерелеві промені”, – полоній і радій. Цю властивість подружжя Кюрі назвали радіоактивністю. Їхня напружена праця принесла щедрі плоди: з 1898 р. одна за одною стали з'являтися статті про отримання нових радіоактивних речовин.

Роком раніше, в 1897 р., в лабораторії Кавендіша в Кембриджі при вивченні електричного розряду в газах (катодних променів) англійський фізик Дж. Томсон (1856–1940 рр.) відкрив першу елементарну частинку – електрон.

Крім того, революційними відкриттями 19 ст. стають принципи неевклідової геометрії К. Гаусса (1824 р.), ідея обчислювальної машини Ч. Беббиджа (1835 р.), концепція ентропії й другий закон термодинаміки Р. Клаузіуса (1850 р.), теорія природного добору Ч. Дарвіна й А. Уоллеса (1858 р.), Періодичний закон Менделєєва (1869 р.), трактат про електрику й магнетизм Дж. Максвелла (1873 р.), лампочка Т. Едісона (1879 р.).

У цілому 19 ст. часто називають століттям Ч. Дарвіна. Розробка ним еволюційної теорії мала принципове значення для розвитку всього природознавства. Завдяки цьому в кінці століття відбувається розмежування наук: виникає точне природознавство, до якого сьогодні відносять фізичні й природничі науки, і насамперед – біологію та науки про суспільство, про його розвиток, про саму людину.

## 2.7. Природознавство в 20 столітті

Наукова революція, після якої різко змінилась система поглядів і підходів, пов'язана з фізикою. Це відбулось в кінці 19 – на поч. 20 ст. Поштовхом для побудови нової фізичної картини світу стала низка нових експериментальних фактів, які не могли бути описані в межах старих теорій, як це буває зазвичай в науці. До таких фактів належать, насамперед, досліди Фарадея з електричних явищ, роботи Дж. Максвелла та Г. Герца з електродинаміки, вивчення явищ радіоактивності А. Беккерелем, відкриття першої елементарної частинки (електрона) Дж. Томсоном та інші.

Томсон (1856–1940 рр.) запропонував у 1903 р. першу (електромагнітну) модель атома. Відповідно до цієї моделі негативно заряджені електрони розташовуються певним чином (наче „плавають”)



всередині позитивно зарядженої сфери. Збереження електронами певного місця в сфері є результат рівноваги між позитивним рівномірно розподіленим її зарядом і негативними зарядами електронів. Але модель „атома Томсона” проіснувала порівняно недовго.

У 1911 р. знаменитий англійський фізик Е. Резерфорд (1871–1937 рр.) запропонував свою модель атома, яка отримала назву планетарної. Появі цієї нової моделі атома передували експерименти, проведені Е. Резерфордом і його учнями, що стали згодом знаменитими фізиками, Г. Гейгером (1882–1945 рр.) і Е. Марсденом (1889–1970 рр.). У результаті цих експериментів, які показали неприйнятність моделі атома Дж. Томсона, було виявлено, що в атомах існують ядра – позитивно заряджені мікрочастинки, розмір яких дуже малий у порівнянні з розмірами атомів. Але маса атома майже повністю зосереджена в його ядрі. Виходячи з цих нових уявлень, Резерфорд і висунув своє розуміння будови атома, яку він оприлюднив 7 березня 1911 р. на засіданні Манчестерського філософського товариства. На його думку, атом подібний до Сонячної системи: він складається з ядра й електронів, які обертаються навколо нього.

У 1913–1921 рр. на основі загальних уявлень про ядро, електрони й кванти Н. Бор створює модель атома, розробка якої ведеться згідно з періодичною системою Д. Менделєєва. Це супроводжується крахом минулих уявлень про матерію, її властивості й будову, форми руху, про простір і час. Це призвело до кризи у фізиці та в усьому природознавстві.

Проникаючи в галузь мікросвіту, фізики зіткнулись з несподіваними проявами фізичної реальності, для опису якої виникла потреба в новій теорії, бо зробити це за допомогою класичної механіки на вдалося. Точніше кажучи, в той час були чітко окреслені межі використання класичної механіки – макросвіт. В мікросвіті панувала статистична закономірність. Поетапно, завдяки роботам багатьох фізиків і, переважно, Н. Бора, В. Гейзенберга, Е. Шредінгера, М. Планка, Л. де Бройля та інших, була побудована фізична теорія мікросвіту, розроблена квантова механіка. В об'єктів мікросвіту, що розглядаються з її позицій, виявилися такі властивості, які абсолютно не мають аналогій в звичному нам світі макрооб'єктів. Насамперед – це корпускулярно-хвильова подвійність, або дуалізм елементарних частинок (це й корпускули, й хвилі одночасно). Рух мікрочастинок у просторі й часі не можна ототожнювати з механічним рухом макрооб'єктів. Наприклад, положення елементарної частинки в просторі в кожний момент часу не може бути визначено за допомогою системи координат, як для звичних нам тіл навколишнього світу. Рух мікрочастинок підкоряється законам квантової механіки.

Наука 20 ст. принесла чимало сенсаційних відкриттів, багато з яких зовсім не вкладалися в уявлення повсякденного людського досвіду. Яскравим прикладом цього може слугувати теорія відносності, створена на початку століття А. Ейнштейном (1879–1955 рр.). У 1905 р. він створив так звану спеціальну теорію відносності, яка ґрунтувалася на тому, що, на відміну від

механіки І. Ньютона, простір і час не абсолютні. Вони органічно пов'язані з матерією та між собою. Коли А. Ейнштейна попросили висловити суть теорії відносності однією, по можливості зрозумілою фразою, він відповів: „Раніше вважали, що якби з Всесвіту зникла вся матерія, то простір і час збереглися б, теорія відносності стверджує, що разом з матерією зникли б також простір і час”. Ця теорія дає перебудову координат простору й часу тіл, які рухаються зі швидкостями, порівнюваними зі швидкістю світла. Друга частина теорії, яка зветься загальною теорією відносності, зв'язує присутність великих гравітаційних полів (або маси) з використанням простору. Ця частина теорії використовується в космологічних моделях.

До визначних наукових здобутків 20 ст. належать „Глумачення сновидінь” З. Фрейда (1900 р.), теорія дрейфу материків А. Вегенера (1912 р.), автомобільний конвеєр Г. Форда (1913 р.), перше суспільне радіомовлення (1920 р.), теорія Великого вибуху Ж. Леметра (1927 р.), відкриття розщеплення атомного ядра (1938 р.), створення ядерної зброї, поява перших електронних комп'ютерів з ручною клавіатурою (1944–1948 рр.), відкриття структури ДНК Дж. Уотсоном і Ф. Лементом (1953 р.), запуск першого супутника Землі (1957 р.), перші космічні польоти (1961 р.), розвиток екологічного мислення (особливо 1972 р. – праця Д. Медоузи „Межі росту”), поява персональних комп'ютерів (1980 р.), розвиток біотехнологій, нових напрямів хімії, фізики, медицини, теорія самоорганізації І. Пригожина (1992 р.).

Всі вищевикладені революційні відкриття перевернули раніше існуючі погляди на світ. Зникла переконаність в універсальності законів класичної механіки, бо зруйнувалися колишні уявлення про неподільність атома, про сталість маси, про незмінність хімічних елементів і т. ін. Тепер вже навряд чи можна знайти фізика, який вважав би, що всі проблеми його науки можна вирішити за допомогою механічних понять і рівнянь. Народження та розвиток атомної фізики остаточно розстрожили колишню механістичну картину світу. Разом з цим закінчився класичний етап у розвитку природознавства, характерний для епохи Нового часу. Етап некласичного природознавства, який розпочався у 20 ст., характеризується уже новими, квантово-релятивістськими уявленнями щодо фізичної реальності.

## **2.7. Природознавство на початку 21 століття**

У сучасному світі значення природознавства надзвичайно велике. Все те, чим відрізняється сучасне суспільство від суспільства минулих століть, з'явилося в результаті застосування на практиці виявлених законів природи. Так, дослідження в області електромагнетизму призвели до появи телефонів і, згодом, мобільних телефонів, Відкриття в термодинаміці дозволили створити автомобіль, розвиток електроніки призвів до появи комп'ютерів тощо. Незважаючи на величезний обсяг накопичених знань, сучасне природознавство ще дуже далеке від того, щоб пояснити всі явища природи.

Але наукове пізнання невпинно рухається вперед і в природознавстві та його наукових областях з'являються все нові науково доведені факти.

За останні десятиріччя вчені досягли значного прогресу в розумінні людського тіла, планети і космосу. Вони вперше сфотографували „чорну діру”, виявили потенційно населені планети, створили вакцини від страшних захворювань, відправили автоматичні апарати до астероїдів, винайшли багаторазові ракети, навчилися штучно створювати харчові продукти. Так, у серпні 2013 року в Лондоні був представлений перший гамбургер, що містив 140 грамів культивованого м'яса. Його створила група професора Марка Поста з університету Маастрихта. Бургер, на виготовлення якого знадобилося 2 роки і 325 тис. дол, складався з 20 тис. тонких смуг м'язової тканини корови, вирощених у нідерландській лабораторії. Лабораторна м'ясна індустрія розвивається і далі: стартапи New Age Meats та Memphis Meats розробляють нові продукти харчування.

Багато відкриттів і наукових досягнень зроблено в напрямку вивчення космосу.

У червні 2004 р. станція „Кассіні” стала першим штучним супутником Сатурну. У вересні 2017 р. „Кассіні” увійшов в атмосферу планети.

У січні 2006 станція „Стардаст” доставила на Землю зразки комети Вільда 2.

У березні 2011 р. станція „Messenger” стала першим штучним супутником Меркурію.

У березні 2012 р. почалася наукова місія Grail (програма вивчення гравітаційного поля і внутрішньої будови Місяця космічними апаратами).

У травні 2012 року корабель Dragon, розроблений SpaceX, був пристикований до модуля „Гармонія” в рамках демонстраційної місії SpaceX COTS Demo Flight 2/3. Dragon став першим приватним космічним кораблем, пристикованим до Міжнародної космічної станції.

У серпня 2012 р. марсохід „Curiosity” здійснив успішну посадку в кратері Гейла на планеті Марс. На початку 2014 р. NASA повідомили про те, що теперішні дослідження, які виконуються на планеті Марс за допомогою марсоходів „К'юріосіті” та „Опортьюніті» відтепер будуть спрямовані на пошук ознак існування древнього життя, в тому числі біосфери на основі автотрофних, хемотрофних та (або) хемолітотрофних мікроорганізмів, а також древніх водойм, в тому числі річково-озерних середовищ, які могли колись бути придатними для життя. Пошук ознак життєпридатності, тафономії (пов'язана зі скам'янілостями) та органічного вуглецю на червоній планеті є зараз першочерговою метою і напрямком діяльності NASA.

У грудні 2013 р. китайський супутник зондування Місяця „Чан'е-3” здійснив посадку на півночі Моря Дощів, що у північно-західній частині видимого боку нашого природного супутника.

Запущений у 2004 році космічний апарат „Розетта” Європейського космічного агентства у 2014 році наблизився до мети своєї місії – комети 67P/Чурюмова-Герасименко. Потім спусковий апарат „Розетти” – „Філі” –

зробив першу в історії м'яку посадку на поверхню комети. Після посадки модуль зайнявся визначенням параметрів ядра комети, дослідженням його хімічного складу і вивченням активності комети. У 2014 році за результатами цих досліджень була опублікована стаття, в якій був відзначений високий, більш ніж утричі порівняно із земними океанами, вміст важкої води в льоді комети. Цей результат суперечить усталеній теорії, що вода на Землі має кометне походження.

У вересні 2014 р. на еліптичну орбіту Марса вийшов індійський космічний зонд для дослідження Марса „Мангальян”.

У березня 2015 р. космічний зонд NASA „Dawn” досяг Церери. Місія NASA „Dawn” зафіксувала хімічну і геологічну активність на цій карликовій планеті.

У липні 2016 р. після складного маневру гальмування автоматична міжпланетна станція NASA „Юнона” вийшла на орбіту Юпітера. Це другий космічний апарат, який вийшов на орбіту цієї планети після „Галілео” (1995–2003 рр.).

У січні 2017 р. автоматична міжпланетна станція Агентства аерокосмічних досліджень Японії „Акацукі” виявила на Венері гігантську хвилю, яка рухається з величезною швидкістю –360 км/год. У червні 2018 р. японська міжпланетна станція Хаябуса-2, призначена для доставки на Землю зразків ґрунту з астероїда Рюгу, вийшла на орбіту цього астероїда, а у вересні цього року два модулі здійснили м'яку посадку на його поверхню.

У листопаді 2018 р. NASA отримало сигнал про успішну посадку марсіанської станції „InSight” на червоній планеті (рівнина Елізій). Він став офіційним спадкоємцем іншого зонда-геолога NASA – роботизованого космічного апарата „Phoenix”, який сів на Марс в травні 2008 року для пошуків слідів життя і води в його ґрунті.

У кінці 2018 р. міжпланетна станція NASA „OSIRIS-REx” вийшла на 20-кілометрову орбіту навколо астероїда Бенну з метою доставки зразків ґрунту. З 2023 року для „OSIRIS-REx” спланована подальша місія – політ до астероїду Апофіс.

У січні 2019 р. китайський супутник зондування Місяця „Чан'є-4” здійснив посадку у кратері на зворотному боці Місяця. У рамках місії „Чан'є-5” китайські науковці виявили новий мінерал у ході дослідження зразків місячного ґрунту, доставлених на Землю 2020 року

У грудні 2019 року Європейське космічне агентство запустило на орбіту космічний телескоп „Cheops”, призначений для пошуку і вивчення екзопланет транзитним методом. Основні цілі „Cheops” – планети з масами від Венери до Нептуна у сусідніх із Сонячною системою зірок. Завдання місії – не стільки пошук планет, скільки вивчення вже знайдених. Цілі для дослідження вибираються з даних, зібраних наземними проектами з пошуку екзопланет SuperWASP і HAT-P.

2021 рік став успішним для місії „Марс 2020” та марсоходу „Perseverance”. Посадка успішно відбулася в кратері Єзеро з глинистими

відкладами, що колись був наповнений водою. У лютому цього ж року стартувала місія „Emirates Mars Mission”. Успішний вихід на орбіту Марсу зробив ОАЕ другою країною після Індії, якій це вдалося з першої спроби. У квітні 2021 р. завершилася місія міжпланетного космічного зонду NASA „New Horizons”, який досліджував Плутон, Харон та пояс Койпера.

У цьому ж році успішними були місії китайських марсоходів „Tianwen-1” (здійснив 1344 обльоти планети та проводив спостереження за допомогою наукових інструментів, включаючи камери, магнітометри, спектрометри та радар. зняв усю всю поверхню Червоної планети камерою) і „Zhurong” (виявлено нові докази присутності води на планеті).

У серпні 2021 р. відбувся другий обліт Венери космічним апаратом „VeneraColombo” спільної космічної місії Європейської космічної агенції та Японського агентства аерокосмічних досліджень.

У жовтні 2021 р. стартувала місія NASA „Lucy” до шести троянських астероїдів Юпітера.

Учені десятиліттями намагалися сфотографувати чорну діру. Проблема полягала в тому, що ці космічні об’єкти спотворюють простір і час, тому ніщо не може вирватися з їхнього гравітаційного тяжіння, навіть світло. Тим паче, через багато років ученим вдалося зробити фото. Безпрецедентна фотографія показує надмасивну чорну діру в центрі галактики Месьє-87, яка перебуває на відстані близько 54 млн світлових років від Землі. Маса чорної діри еквівалентна 6,5 млрд Сонць.

Значними є дослідження генної інженерії. У 2015 році велика міжнародна колаборація дослідників завершила проєкт картування людського епігеному, завданням якого було проаналізувати 111 еталонних тканин організму. Результати цієї роботи опубліковані у 20-ти статтях, що вийшли в останньому номері Nature. Епігеном – сукупність міток, які керують читанням ДНК, але які не змінюють послідовності ДНК. Епігеном складається з хімічних речовин і білків, які можуть приєднуватися до ДНК і змінювати її функцію, вмикаючи і вимикаючи гени. Навколишнє середовище і спосіб життя людини можуть призводити до смертельних змін в епігеномі, які здатні спричиняти рак. Картування епігеному допоможе вченим зрозуміти, як розвиваються пухлини і як поширюється ця хвороба.

У 21 ст. вчені створили високоефективну вакцину проти малярії та лихоманки Ебола.

У 2017 р. була створена синтетична ДНК. ДНК всіх живих істот складається з двох типів пар азотистих снов: А-Т (аденін – тимін) і G-C (гуанін – цитозин). Цей чотирибуквений алфавіт становить основу всієї генетичної інформації у світі природи. Однак вчені винайшли дві нові літери, неприродну пару основ X-Y, які вони інтегрували в генетичний алфавіт бактерій E. coli. Флойд Ромесбург, який керував дослідженням, вважає, що його винахід може змінити спосіб розкладання білків в організмі, допомагаючи лікам довше залишатися всередині людини, і сприяти лікуванню раку і створенню ліків від аутоімунних захворювань.

Багато зрушень відбулося у сфері створення штучного інтелекту. Так, у 2015 році програма AlphaGo, розроблена компанією Google DeepMind, виграла матч у професійного гравця на стандартній дошці. Більшість фахівців із штучного інтелекту вважала, що така програма не буде створена до 2020 року. У 2016 р. програма виграла з рахунком 4:1 у професіонала найвищого рангу Лі Седоля.

У вересні 2017 року Audi оголосила, що випустила перший у світі автономний автомобіль „третього рівня”. Седан А8 може пересуватися повністю автономно. Людина йому потрібна тільки в разі поганої погоди або відсутності дорожньої розмітки. Подібні розробки до цього зробила компанія Tesla. Для порівняння: водії Tesla з функцією Autopilot повинні бути готові в будь-який момент взяти керування автомобілем на себе, тому їм рекомендується постійно стежити за дорогою. Мінівени з автономним управлінням без людей за кермом розробляє і Waymo – автономний підрозділ транспортних засобів Alphabet, материнської компанії Google. У 2018 р. Waymo запустив першу повністю автономну службу таксі у США.

Сучасна наукова картина світу спирається на відкриття Альберта Ейнштейна, Нільса Бора, Макса Планка, Ервіна Шредінгера, Поля Дірака, Вернера Гейзенберга, Стівена Вайнберга, Річарда Фейнмана, Джуліана Швінгера, Шінічіро Томонага та Фрімена Дайсона: всі ми елементи безмежного невидимого енергетичного (квантового) поля, яке вміщує всі можливі варіанти реальності і реагує на наші думки й почуття. Квантове поле складається з нематеріальних ймовірностей (енергетичного потенціалу), які лежать за межами часу й простору. В основі квантової теорії поля лежить уявлення про існування елементарних частинок, властивості яких описуються теорією відносності і які у фізичних процесах, що відбуваються в мікросвіті, народжуються і знищуються як ціле, при цьому величини їх фізичних характеристик суворо фіксовані, квантовані. У цій теорії взаємодія поля і заряду виглядає як випромінювання і поглинання зарядом квантів поля – фотонів. Взаємодія між зарядами, наприклад, між двома електронами в квантовій теорії поля є результатом обміну фотонами: кожен з електронів випромінює фотони, які потім поглинаються іншим електроном. Це справедливо і для інших фізичних полів: взаємодія в квантовій теорії поля – результат обміну квантами поля. Квантова теорія поля є теорією, здатною описати та передбачити поведінку елементарних частинок при високих енергіях (тобто при енергіях, що істотно перевищують їхню енергію спокою). Квантові об'єкти – це водночас хвилі та частинки. Фізично неможливо одночасно дізнатися точне положення та швидкість субатомної частинки.

У 2019 році інженери Google створили квантовий комп'ютер. Він може за три хвилини виконати обчислення, на яке найшвидшому суперкомп'ютеру в світі знадобиться 10 тис. років. Передбачається, що успішна розробка квантових комп'ютерів пришвидшить технологічний прорив у сфері створення штучного інтелекту і розробки ліків.

Нещодавно вчені вперше зафіксували передбачені Ейнштейном гравітаційні хвилі. Гравітаційні хвилі породжує рух масивних тіл із змінним прискоренням. Хвилі поширюються в просторі із швидкістю світла. Ейнштейн ще у 1915 році передбачив існування таких хвиль. Він думав, що вони будуть надто слабкими, аби їх можна було вловити на Землі. Сучасні дослідження довели зворотне. У 2016 р. фізики виявили гравітаційні хвилі від зіткнення двох чорних дір на відстані мільярдів світлових років. За експериментальне виявлення гравітаційних хвиль була присуджена Нобелівська премія з фізики 2017 року. Вивчення гравітаційних хвиль дозволить істотно наблизити дослідження до моменту Великого вибуху, перевірити інфляційну модель Всесвіту і вирішити інші насущні проблеми теоретичної фізики і космології.

## РОЗДІЛ 3. ГЕОГРАФІЯ ТА ОСНОВНІ РИСИ ЦИВІЛІЗАЦІЙ СТАРОДАВНЬОГО СВІТУ

### 3.1. Стародавній Схід

#### 3.1.1. Давньоєгипетські держави

Приблизно 7 тис. років тому на території сучасного Єгипту виникла одна з найдавніших держав на нашій планеті. Цьому історичному факту передувала багатовікова й маловідома для нас історія боротьби дрібних самостійних політичних утворень („номів”) за гегемонію в країні. Кордони цих невеличких держав, які розташовувалися вздовж Нілу, визначалися зрошувальними каналами.

На межі 5–4 тис. до н. е. усі номи, яких було близько сорока, об’єдналися в два значні державні об’єднання: царство Верхнього Єгипту й царство Нижнього Єгипту. Зрештою, перше з них силою зброї підкорило друге й увесь Єгипет об’єднався під владою одного фараона.

Історія об’єданого Єгипту охоплює величезний період часу – більш як три тисячоліття – й за усталеною в науці традицією поділяється на великі періоди: Давнє царство, Перший перехідний період, Середнє царство, Другий перехідний період, Нове царство, Пізній час. У 332 р. до н. е. Александр Македонський завоював Єгипет, а в 30 р. до н. е. Єгипет увійшов як провінція до складу Римської імперії. Вищезазначені періоди поділяються, в свою чергу, на династії. Таким чином, династична ознака лежить в основі періодизації не тільки історії Єгипту, але й історії його культури.

Давньоєгипетська держава територіально розміщувалася в басейні Нілу. Її географічною особливістю було чергування родючих земель і пустель. Саме такі природні умови сприяли об’єднанню первісних племен на цій території й створенню більш крупних царств. Вигідне географічне положення дозволяло Єгипту вести активну зовнішню політику, підтримувати зв’язки з Передньою Азією по Суецькому перешийку, по Нілу – з країнами тропічної Африки, морським шляхом – з Аравією. Але на перших етапах розвитку Єгипет опинився в ізоляції через сусідні кочові племена. Їхні набіги робили торгові шляхи небезпечними й зберігали відособленість єгипетської держави, що, зі свого боку, формувало єгипетську цивілізацію як самобутнє історичне явище.

Основою багатства Єгипту було сільське господарство. Але за умов спекотного клімату й недостатньої кількості дощів землеробство єгиптян цілком залежало від розливів Нілу. Поступово єгиптяни навчилися підводити воду до земельних ділянок в роки, коли рівень річки під час розливу був невисокий. Якщо води було багато й вона загрожувала затопленням полів, її відводили. Для цього єгиптяни будували канали, що давало змогу розширити територію, придатну для землеробства. Висоту води в Нілі єгиптяни вимірювали за допомогою „ніломірів” – споруд із каменю, всередині яких



були спеціальні пристрої. Для підняття води на підвищені ділянки з 15 ст. до н. е. єгиптяни почали використовувати „шадуф”. Пристрій був схожий на журавель біля колодязя в українських селах. Шадуф мав вигляд роздвоєної опори з прикріпленою довгою жердиною, з одного кінця якої був камінь, а з другого – цебер для води. З 4 ст. до н. е. почали застосовувати спіральні гвинти в циліндрі, які піднімали воду. Пізніше цей пристрій отримав назву „Архімедів гвинт”. Згодом для піднімання води застосовували механічне колесо.

Рільництво було для єгиптян важливим настільки, що оранку в листопаді, коли вода спадала, починав особисто фараон. Вирощували ячмінь, льон, пшеницю, часник, огірки. Випікали хліб, виготовляли пиво, біле й червоне вино. Центрами виноградарства й виноробства були дельта Нілу та оази.

У добу Давнього царства значного розвитку досягли ремесла. Про це свідчать малюнки в єгипетських пірамідах, на яких зображені столяри, каменярі, шевці, ткачі, ковалі, гончарі та вироби давніх майстрів, знайдені пізніше археологами. Єгиптяни вміли гарно обробляти камінь, дерево, виготовляли скло, були добре обізнані з металургією та ковальством. Поступово вони навчилися виплавляти з руди мідь та олово. Єгиптяни також плавили золото, поклади якого відкрили в Нубійській пустелі. Коли єгиптяни розкрили секрет виготовлення й обробки бронзи, знаряддя праці стали переважно бронзовими.

Крім землеробства та ремесел, традиційним для єгиптян були полювання й суднобудування. Єгиптяни будували маленькі човни із папірису й великі баржі, що перевозили кам'яні брили масою кілька сотень тонн. З часом, оволодівши мистецтвом будівництва великих кораблів, що рухалися за допомогою вітрил і весел, вони навчилися плавати у відкритому морі.

З об'єднанням держави розпочалося піднесення єгипетської культури та науки. Єгиптяни одні з перших навчилися позначати звуки та слова певними знаками – ієрогліфами. Писали єгиптяни зліва направо, зверху вниз або навпаки. Для цього використовували різні матеріали: глину, камінь, тканини, дерево. Але найбільш поширеним був папірус.

У повсякденному житті єгиптян постійно виникала потреба проводити підрахунки: вимірювати рівень води, будувати канали, дамби й піраміди, вести облік урожаю. Для цього давні єгиптяни використовували чотири арифметичні дії: додавання, віднімання, множення та ділення. Для чисел у них існували спеціальні позначення. Одиниці зображали рисочками, десятки – значками у вигляді підкови, сотні – у вигляді скрученої мотузки, тисячі – лотоса, десятки тисяч – зігнутого пальця, сотні тисяч – птаха, мільйони – фігурою сидячого бога.

Єгиптяни спостерігали за зірками й планетами та навчилися фіксувати сонячні й місячні затемнення. Знали планети: Венеру, Марс, Меркурій, Сатурн, Юпітер. Кожне явище природи, небесне світило єгиптяни пов'язували з окремим богом. Тому вищих істот, за їхніми уявленнями, було багато.

Єгиптяни поділили зоряне небо на 36 сузір'їв, створили карту зоряного неба. На основі спостережень за зірками вже в 3 тис. до н. е. єгиптяни створили власний сонячний календар. За ним рік мав 365 днів і поділявся на дванадцять частин. Кожна з них мала по 30 днів. П'ять днів, що лишалися, додавали в кінець року. Вони були святковими. Давньоєгипетський рік розпочинався 19 липня, коли сходила зірка Сиріус і розливався Ніл. Рік у єгиптян поділявся на три пори по чотири місяці. Сезон розливу (19 липня – середина листопада) – „ахет”, потім сезон звільнення від води (середина листопада – середина березня) – „перет” і сезон „шему” – збирання врожаю (середина березня – 19 липня).

В епоху Середнього царства (2052–1786 рр. до н. е.) були розроблені діагональні календарі (декани) – зоряний годинник, призначений для визначення часу за зірками. Згодом декани перекочували в астрономічну літературу, де вони виступали в новій формі й новій ролі – богів, які визначають долі людей.

Астрономічні знання застосовували, проектуючи піраміди й храми. Усього в Єгипті відомо близько 80 пірамід. Найбільші піраміди були споруджені на плато Гіза, на околиці сучасного Каїра. Найвідомішою та найвищою серед них є піраміда Хуфу (Хеопса), яка розташована на західному березі Нілу. Її будівництво тривало майже 20 років і сам фараон безпосередньо спостерігав за ним. Висота піраміди Хуфу сягала 147 м. Вона була облицьована білим, гладким каменем, що виблискував на сонці.

Донині піраміди лишаються однією з найбільших загадок історії. Якщо висоту піраміди Хуфу помножити на мільярд, то це дорівнюватиме відстані від Землі до Сонця. Якби з каміння шести найбільших пірамід викласти дорогу шириною 6 м, то вона б сягнула 12 тис. км. Не випадково стародавні греки називали піраміди першим дивом світу.

Піраміди – унікальне творіння людських рук – стали символом Єгипту. Греки казали, що все боїться часу, а час боїться тільки пірамід. І цьому є пояснення. Відповідно до вірувань єгиптян, земне життя було лише „містком” до потойбічного, тому звичайні житлові будинки вважалися тимчасовим помешканням і їх споруджували з цегли-сирцю, умебльовували лише необхідним. На відміну від них, „вічні помешкання” – храми та гробниці – будували надзвичайно міцними. Через те й самі єгиптяни називали їх „храмами мільйонів років”.

У Давньому Єгипті велике значення мали скульптури. Їх ставили біля храмів, клали в гробниці й піраміди. Вони позначали конкретну людину, тому на них викарбовували ієрогліф з іменем. Прикладом величних скульптур є чотири гігантські (21 м) сидячі скульптури Рамзеса II і шість стоячих скульптур (10 м) фараона та його дружини в Абу-Сімбелі.

Єгиптяни оволоділи мистецтвом муміфікації. Коли єгиптяни ще не знали таємниці бальзамування, тіло померлого просто закопували в гарячий пісок пустелі. Згодом знайшли речовини, які дали можливість зберегти тіло від руйнування. Бальзамуванням займалися тільки фахівці, які знали його

секрети. За їхньою роботою постійно наглядали жерці. Муміфікація потребувала великих коштів, тому зберегти тіло небіжчика таким чином могли собі дозволити лише заможні єгиптяни, зокрема фараони.

З розвитком бальзамування єгиптяни досягли успіхів у галузі медицини. Вони здійснювали розтини небіжчиків, тому добре знали анатомію. Зокрема, зробили відкриття, що організмом керує не серце, а мозок. Давні єгиптяни могли лікувати різні хвороби, за допомогою медичних інструментів здійснювали складні хірургічні операції. Поряд з цим єгипетська медицина була тісно пов'язана з магією. Єгиптяни вважали, що молитвою або замовлянням можна відлякати недугу.

Таким чином, давні єгиптяни створили дивовижну за багатством та оригінальністю цивілізацію. Справжнього розквіту держава досягла за доби Нового царства в часи правління царів Тутмоса III, Аменхотепа IV, Рамзеса II. Історія Давнього Єгипту закінчилася правлінням династії Птолемеїв і цариці Клеопатри VII. За її царювання Єгипет потрапив під владу могутнього Риму (30 р. до н. е.). Після загибелі єгипетська цивілізація була похована під товщею віковичного піску пустелі. Допомогли її відкрити вчені, які прийшли з вояками французької армії імператора Наполеона наприкінці 18 – на початку 19 ст. Тоді світ дізнався про одну з найдавніших цивілізацій та її досягнення в медицині, астрономії, математиці, а численні предмети матеріальної культури дозволили вивчити побут, звичай, культуру й міжнародні зв'язки Єгипту.

### **3.1.2. Держави Межиріччя**

Межиріччя (також Месопотамія, або Дворіччя) – регіон в Азії між річками Тигр та Євфрат на території сучасних Іраку й Сирії, охоплює алювіальну рівнину разом із навколишніми низинами, що обмежені Аравійською пустелею на заході й півдні, Перською затокою на півдні, горами Кавказу й Загросу на півночі. Клімат напівпосушливий, на півночі простягаються широкі пустелі, південніше – області боліт, замулених заплав, порослих очеретом берегів рік. Євфрат і Тигр зливаються на крайньому півдні, виливаючи свої води в Перську затоку.

Територія Межиріччя поділялася на дві географічні зони – Північну (Верхню), де розташовувалася Ассирія, й Південну (Нижню). Південна (Вавилонія) була більш урбанізована.

Дуже довго цивілізації Межиріччя залишалися практично невідомими науці. Основним джерелом відомостей була Біблія, де є розповіді про будівництво Вавилонської вежі, про сімдесятирічний полон євреїв і правителя Навуходоносора, про халдеїв – жителів Вавилону, про столицю Ассирії – Ніневію – „велику блудницю”, про чаші гніву, які сім ангелів вилили на приєвфратські землі. Опис цих місць трапляється й у древньогрецького історика Геродота: він захоплювався стінами Вавилону – такої ширини, що на них могли роз'їхатися дві бойові колісниці; долучив до

чудес світу „висячі сади Семіраміди”. Однак, такі свідчення довго викликали сумніви, аж поки в 19 ст. не було розкопано найбільші міста Месопотамії. Зусиллями вчених розшифровано писемність, що дозволило виділити історичну основу біблійних розповідей, пересвідчитися в достовірності оповідань Геродота.

Особливість найдревнішої політичної історії Месопотамії полягає в тому, що тут існували не одна, а декілька держав, які по чергово домагалися верховенства в регіоні.

У кінці 4–на початку 3 тис. до н. е. на півдні Двиріччя виникають і підносяться міста-держави, об'єднані істориками збірною назвою Шумер (за назвою народу, що жив там). Ранні міста в цьому регіоні включають Ур, Урук, Ісін, Лагаш. При правителі Саргоні в центральній частині Межиріччя існувала держава Аккад, яка об'єднувала значні території. Найбільшими містами Аккаду були Агад, Вавилон, Кіш, Ніппур. Аккадським періодом називається епоха в історії Межиріччя, що тривала півтора сторіччя, починаючи приблизно з першої згадки про Аккад у середині 24 ст. до н. е. й до розгрому міста гутіями на межі 23 та 22 ст. до н. е. Наступну значну державу утворила Третя династія Уру, яку вважають останньою шумерською державою. На уламках держави третьої династії Уру виникає царство Ісіна (20 ст. до н. е.) – останнє державне утворення, що може вважатися продовженням традиції шумерської державності. Згодом велика частина Месопотамії попала під владу Вавилонського царства. Потім, з 16 ст. до н. е. набрала могутність Ассирія (її столиця – Ніневія, найбільші міста – Ашшур, Марі, Алеппо). Після нового недовгого піднесення Вавилону в 6 ст. до н. е. Межиріччя завойоване північним сусідом – Персією. Під владою персів Межиріччя залишалося до походів Александра Македонського у 4 ст. до н. е. Після смерті Александра в ньому правили Селевкіди. У 2 ст. до н. е. Межиріччя опинилося під контролем Парфії, а потім стало районом майже безперервних воєн між Римом і Парфією. У 226 р. до н. е. його захопили Сасаніди, які на той час перемогли парф'ян і підкорили собі Персію. Війни між імперією Сасанідів і римлянами та їхніми спадкоємцями візантійцями продовжувалися до 7 ст., коли Межиріччя потрапило під владу Арабського Халіфату.

Перші міста-держави в Межиріччі створили шумери. Шумерський період історії Межиріччя охоплює близько півтори тисячі років. Він завершується наприкінці 3–на початку 2 тис. до н. е. так званою III-ю династією міста Ура (20 ст. до н. е.) й династіями Ісіна й Ларси – уже тільки частково шумерськими.

Із глибокої давнини сусідами шумерів були семіти-аккадці, які в 3 тис. до н. е. займали північну частину нижнього Межиріччя й зазнали значного шумерського впливу. У другій половині 3 тис. до н. е. аккадці проникають та осідають на крайньому півдні Межиріччя. Цьому сприяє об'єднання Межиріччя у 22 ст. до н. е. під владою аккадського правителя Саргона Давнього, або Великого.

Історія Межиріччя в 2 тис. до н. е. – це вже історія семітських народів; серед них головну роль у першій половині 2 тис. до н. е. відігравали вавилоняни – народ, що говорив аккадською мовою й утворився в результаті змішування шумерів з аккадцями. На цей час шумерська мова стала вже мертвою. Найбільшого розквіту Вавилон досягнув за правління шостого царя I-ої вавилонської династії Хаммурапі (1792–1750 рр. до н. е.), але вже за правління останніх царів цієї династії Вавилон, зазнавши навали гірських племен, занепав більш як на п'ятсот років. Хаммурапі ввійшов у світову історію як перший цар-законодавець, який підпорядкував владі Вавилону все Дворіччя. Він здійснив важливі зміни в країні. Спочатку скасував борги бідняків, підпорядкував собі храми, країну поділив на області, якими керували царські чиновники. Дбаючи про добробут країни, упорядкував податки, заборонив продаж землі за борги та встановив контроль над торгівлею. Але найбільше цар прославився складанням збірки законів (кодексу), що мала 282 параграфи.

Ослаблення та занепад Давньовавилонської держави дали можливість асирійцям у 14 ст. до н. е. розпочати будівництво власної держави. Ассирія (державна в гірській частині на півночі Межиріччя) з'являється на історичній арені приблизно в 13 ст. до н. е., а наприкінці 9–7 ст. до н. е. стає могутньою державою Передньої Азії й підкоряє все Межиріччя, поширюючи свій вплив на Малу Азію, Середземне море та якийсь час навіть на Єгипет.

У 614 р. до н. е. вавилонці розпочали наступ на Ассирію, їхні союзники – мідійці – вщент зруйнували давню столицю Ассирії Ашшур. Ще близько ста років проіснувало Нововавилонське царство, доки в 538 р. до н. е. не було знищене навалом перських військ.

Основу економічного розвитку цивілізації Межиріччя становило іригаційне землеробство. Тут вирощували просо, ячмінь, пшеницю, часник, цибулю, огірки тощо. Основним фруктовим деревом була фінікова пальма, яку називали „деревом життя”, бо з неї виробляли близько 360 видів різноманітної продукції. Місцеві хлібороби винайшли плуг. У північній (гірській) Месопотамії більшого розвитку набули садівництво, виноградарство й скотарство. У зв'язку з бурхливим розвитком торгівлі тут уперше в світі проклали дороги, вимощені камінням і цеглою, місцями навіть залиті асфальтом. Через канали й річки будували дерев'яні та кам'яні мости.

У містах Межиріччя працювали вмілі ремісники. Майже все в Дворіччі робили з глини: винні бочки, посуд, дитячі іграшки, серпи з кам'яними зубцями, цвяхи, труби й навіть домовини. Перший на планеті гончарний круг виготовлено в Месопотамії в першій половині 5 тис. до н. е. Тут уперше стали виробляти глиняну цеглу, яка стала основною серед будівельних матеріалів. Саме в Дворіччі вперше з'явилися глиняні конверти, в які вкладали глиняні листи. Легенда про те, що Бог зліпив людину з глини, теж виникла в цій країні.

У 3 тис. до н. е. в Месопотамії ремісники почали виробляти з бронзи знаряддя праці та зброю. Приблизно в 2000 р. до н. е. винайшли миючий і дезінфікуючий засіб – мило, яке варили з рослинної олії та лугу.

Найбільше досягнення культури Месопотамії – писемність. Вперше її створили шумери в 4 тис. до н. е. Спочатку з'явилося малюнкове письмо – піктографія. Потім поступово окремі знаки почали передавати вже не слово, а склади та звуки, малюнки змінили своє зображення – виник клинопис. Для записів використовувався найпоширеніший природний матеріал у Дворіччі – глина. Неймовірна знахідка була зроблена при розкопках Ніневії – перша в історії людства бібліотека. Вона була створена за наказом асирійського царя Ашшурбаніпала. Бібліотека була чудово організована навіть за сучасними мірками: внизу кожної таблички – повна назва книги й номер „сторінки”, ящики розставлені по полицях відповідно до тем, на кожній полиці – бірка з номером.

Високого рівня розвитку в Месопотамії досягли будівництво та архітектура. За останніми даними, тут навіть раніше, ніж у Єгипті, розпочалося будівництво іригаційних споруд. У долинах річок викопувалися величезні котловани, які заповнювалися водою під час розливу – так створювався запас води на час засухи. З описів Геродота відомо про судноплавний канал, проритий між Тигром та Євфратом.

Основними монументальними спорудами були храми й палаци. Храми часто розміщувалися на вершині особливої ступінчастої вежі – зикурату. Зикурати склалися з декількох платформ, що звужуються догори, складених суцільною цегельною кладкою. Піднятися до храму, що знаходився на верхньому майданчику, можна було довгими круговими сходами й похилими підйомами. Відгомони слави месопотамських будівельників відбилися в біблійній розповіді про Вавилонську вежу.

Розкопки у Вавилоні дозволили уточнити, як виглядали легендарні „висячі сади” цариці Семіраміди. Це була кам'яна будівля, що складається зі склепінчастих терас. На кожній терасі був шар землі, де й розбивали сад. Вода вгору подавалася за допомогою лопатевого водопроводу.

Справжніми фортецями були міста Межиріччя. Про столицю Ассирії – Ніневію – говорили: „Та, яка своїм сьйвом відкидає ворогів”. Зубці її стін, що сягали 20 м у висоту, прикрашала цегла, покрита блакитною глазур'ю із золотою блискучою смугою. Вавилон оточували чотири кільця стін. Головні ворота були присвячені богині Іштар. За наказом царя Навуходоносора до них побудували дорогу надзвичайної краси й абсолютної неприступності для потенційного ворога. З двох сторін підносилися семиметрові стіни. Вимощена ця дорога була величезними плитами з білого вапняку.

Найтовща стіна, яка була навкруги міста Урнамму (сьогодні Мухайяр в Іраку), була зруйнована 2006 року до н. е. Її товщина становила 27 метрів.

Ще вищого рівня розвитку порівняно із Стародавнім Єгиптом у Вавилоні й Ассирії досягла астрономія. Так, у Месопотамії на початку 3 тис. до н. е. було створено місячний календар (ним досі користуються

мусульмани та населення Ізраїлю), а через тисячу років – місячно-сонячний. До місячного року час від часу додавався додатковий „високосний” місяць, щоб зрівняти його із сонячним роком. Календарний рік складався з 12 місяців, половина з яких мали по 29 діб, а ще половина – по 30 діб. Початок кожного місяця обов’язково збігався з появою молодика. Новий рік починався в день весняного рівнодення. Близько 700 р. до н. е. в Межиріччі запровадили семиденний тиждень.

У 7 ст. до н. е. давньовавилонські астрономи навчилися передбачати місячні затемнення. Астрономи Дворіччя ще не були знайомі з геометричною моделлю Сонячної системи й тому не вміли точно передбачати сонячні затемнення. Вони могли лише прогнозувати можливість цього астрономічного явища. Найвизначнішим досягненням давньовавилонської астрономії став розвиток математичних методів для попереднього обчислення положень Сонця, Місяця й планет на небосхилі, а також часу настання затемнень та інших небесних явищ.

Земля уявлялася пласкою плитою, що плаває в океані. Зверху її накриває прозорий ковпак неба, по якому рухаються зорі. Вавилоняни вважали, що зорі впливають на долю людей і народів. Люди, які займалися ворожінням по зорях, називалися астрологами (від „астра” – зірка).

Славилися на Сході й вавилонські лікарі. У Вавилоні існували дві медичні школи на державному утриманні. Збереглося багато науково-медичних табличок, складених за єдиним зразком. Починаються вони словами: „Якщо людина хвора...”, далі слідує перелік симптомів, а потім рекомендації з лікування. Завершують запис слова: „Вона видужає”. Цікавий звичай описує Геродот: коли лікарі не знали, як допомогти хворому, його виносили на ринкову площу й кожний перехожий був зобов’язаний дати йому пораду. До речі, саме з Вавилону походить нинішня емблема медицини: символ бога медицини та заступник лікарів Ніказу – змія, що обвиває жезл. Проте медицина в Месопотамії ще не стала наукою. Було зроблено лише перші кроки щодо запровадження в медичну практику окремих раціональних методів лікування, які до того ж поєднувалися з цілим арсеналом магічних дій та заклинань.

Для військових і торгівельних потреб слугували географічні знання. Мандрівники й купці, посли й військові чини в Месопотамії користувалися картами-схемами окремих місцевостей та спеціальними путівниками, в які було внесено назви найважливіших населених пунктів і вказано відстань між ними в годинах ходьби. Вавилонці навіть спробували скласти карту світу, ясна річ – украй примітивну.

Населення Месопотамії упродовж століть і тисячоліть нагромадило значний емпіричний матеріал про явища й процеси в природі, навіть здійснило спробу систематизувати його шляхом класифікації тварин, рослин, мінералів. Теоретичне осмислення законів природи гальмувалося суто прагматичним підходом до наукових знань. Утім, найімовірніше, саме прагматизм і приводив іноді стародавню людину до вражаючих відкриттів. У

літературі висловлюється думка, що шумери, можливо, вже знали явище електролізу, яке вони використовували в ювелірній справі для припаювання золотих кульок до срібних пластин. В Ірацькому державному музеї зберігаються їхні глиняні посудини, які, очевидно, служили дві тисячі років тому гальванічними елементами (з'єднавши такі елементи в батарею, можна було одержати струм, достатній для гальванопластики). Вавилонці розкладали сонячне світло на сім кольорів спектра, відкрили секрет виготовлення емалей і барвників, задовго до середньовічних алхіміків намагалися відшукати філософський камінь, здатний слугувати універсальним лікувальним засобом (панацеєю) чи перетворювати звичайний метал на благородний.

Іще шумери досягли разючих успіхів у математиці. Вони, зокрема, знали чотири арифметичні дії, вміли підносити до степеня, добувати квадратний і кубічний корені, обчислювати площу багатьох геометричних фігур, винайшли примітивну систему дробів, знали арифметичну прогресію тощо, навіть склали спеціальні таблиці для швидкого множення та ділення. Вавилонці, спираючись на математичні надбання шумерів, за тисячоліття до Піфагора відкрили його теорему, навчилися обчислювати об'єм окремих просторових фігур і площу земельної ділянки неправильної форми (вони розбивали її на декілька правильних фігур, визначали їхню площу, а потім результати додавали), знали число  $\pi$ . На думку сучасних математиків, порівняно з іншими передньоазійськими народами давнини, вавилонці в галузі математичних знань досягли найбільших успіхів.

І шумери, і вавилонці знали десятиричну систему обчислень, однак на практиці більше користувалися шістдесятиричною. Свої навички й уміння в цій науковій галузі вони передали в спадок європейцям. Наочним прикладом використання в європейській математиці месопотамської шістдесятиричної системи обчислень є те, що ми нині поділяємо коло на  $360^\circ$ , годину – на 60 хвилин, хвилину – на 60 секунд.

Важливим досягненням вавилонців було створення єдиної системи мір і ваг. Одиниця ваги – шеум (46,75 мг – вага ячмінного зерняти), 180 шеумів становили шекель (8,4 г), 60 шекелів – міну (500 г), 60 мін – талант (30,3 кг). Об'єм вимірювали в силах (0,84 л) та гурах (300 сил). Мірою довжини слугували палець, долоня, лікоть. Цю систему мір і ваг у них згодом запозичили інші стародавні народи Близького Сходу, окремими її елементами деякі азійські та європейські народи користувалися аж до 18 ст.

Як бачимо, цивілізація Стародавньої Месопотамії істотно вплинула на культурний розвиток народів усєї стародавньої Передньої Азії, передовсім євреїв, хеттів, хурритів, навіть єгиптян. Її підвалинами стали культурні надбання шумерів, значною мірою запозичені вавилонцям та асирійцями. Звичайно, старомесопотамська культура сама зазнала зовнішніх впливів, тому спроби деяких дослідників трактувати її як колиску світової культури (ця теорія дістала назву панвавилонської) виглядають необґрунтованими.



### 3.1.3. Мала Азія

Півострів Мала Азія представляє собою суху улоговину, оточену горами: з півдня – Таврським, а з півночі – Понтійським хребтами. На сході обидва гірські пасма переходять у порізане замкнутими долинами Вірменське нагір'я (Східну Анатолію). Півострів має ще одну назву – Анатолія. Це азійська частина сучасної Туреччини, один з найдавніших у світі осередків землеробства й скотарства. Мала Азія була сполучною ланкою, своєрідним мостом, що з'єднував Близький Схід з Егейським морем і Балканським півостровом. Особливо важливу роль у цих зв'язках відіграло місто Троя в протоці Дарданелли на шляху з Егейського моря в Чорне.

Ще в 3 тис. до н. е. на території східної частини Малої Азії виникло кілька політичних утворень – міст-держав – об'єднаних пізніше під верховенством міста-держави Куссари. Куссарське царство було наймогутнішим політичним об'єднанням, що існувало в Центральній Малій Азії до утворення Хетської держави. За правління останнього царя Анітті індоєвропейські неситські племена поширилися по всій території Центральної Анатолії, де до того часу проживали хатти (хети).

У результаті злиття індоєвропейців з аборигенними хаттськими племенами до середини 18 ст. до н. е. у Центральній Малій Азії утворилася могутня Хетська держава, що повністю сприйняла багаті культурні традиції хаттів. Історія цієї держави поділяється на три головні періоди: давній (1650–1500 рр. до н. е.), середній і новий (1400–1200 рр. до н. е.).

Основою економічного життя хетів було сільське господарство, зокрема скотарство. Вирощували здебільшого ячмінь і різні сорти пшениці. Населення охоче займалося садівництвом, виноградарством, а в північних і західних окраїнних регіонах – вирощуванням оливкового дерева. З ремесел розвивалося ковальство, гончарство, чинбарство, теслярство, кравецтво тощо. Зброю та знаряддя праці хети виготовляли переважно з міді та бронзи. У Малій Азії було відоме й залізне виробництво, однак широкого господарського застосування воно не набуло, бо залізо залишалося дорогим, „царським” металом, із нього виготовляли здебільшого культові предмети, парадну зброю тощо.

Писали хети здебільшого клинописом, монументальні ж наскельні написи й написи на печатках виконували ієрогліфікою, яку винайшли, найімовірніше, самі та яка налічувала понад 400 знаків. Характерно, що ієрогліфічні рядки читалися по черзі справа наліво й зліва направо. На вигляд хетське ієрогліфічне письмо, яке проіснувало після загибелі Хетського царства ще принаймні чотири століття, грубе й незграбне, особливо якщо порівняти його з граціозними єгипетськими ієрогліфічними знаками, зате воно краще зберегло схожість із зображуваними предметами.

У мистецтві хетів склався канон – художник зображував оточуючий світ не таким, яким він його бачив, а таким, яким його уявляв, точніше –

найбільш слухним у даній ситуації. Так, у чоловічій фігурі голова й ступні ніг зображувались у профіль, плечі та груди – в анфас.

Стосовно хетської архітектури, то їй притаманні простота форм, монументальність, злитість із довколишнім скельним рельєфом.

У кінці 13 ст. до н. е. Хетське царство було охоплене внутрішньодержавною кризою. Нескінченні військові походи значно ослабили економіку країни, зруйнувавши багато галузей господарства. Крім усіх вищезазначених труднощів, ситуація ускладнилася через вторгнення в Малу Азію племен Егейського моря, які в єгипетських джерелах дістали назву „народів моря”. Близько 1200 р. до н. е. грізне царство Хатти назавжди зникло разом зі своєю столицею Хаттусою. Східну Малу Азію було спустошено на триста – чотириста найближчих років. Приблизно в той же час у результаті війни з ахейцями загинула й знаменита Троя, яка поєднувала цивілізації Малої Азії й Балканського півострова.

Утім, загибель Хетської держави була, певною мірою, й позитивним явищем у середньоазійській історії, адже вона поклала край монополії хетів на виробництво заліза. Цей метал, що мав низку суттєвих переваг над бронзою й коштував у хетську добу в 40 разів дорожче за срібло та в 5–8 разів – за золото, відтоді швидко поширився в Передній Азії та в острівних країнах Егейського моря.

Хетська держава не зникла безслідно. В районі верхньої течії Євфрату виникла нова держава хетів – „Велике Хатті”, а на території Сирії – хетське царство „Хатті”. Ці держави проіснували до 9 ст. до н. е., а потім розпалися на кілька дрібних князівств.

### **3.1.4. Східне Середземномор'я**

Ця назва об'єднує три історичні області (3–2 тис. до н. е.): Сирію, Фінікію й Палестину. Стародавнє Східне Середземномор'я займало територію між середньою та нижньою течіями Євфрату й Середземним морем південніше Малої Азії й північніше Єгипту. Стародавні кордони цього регіону не збігалися з кордонами нинішніх східносередземноморських держав. Так, Сирія в давнину займала лише західні області нинішньої Сирії та турецькі землі південніше Тавра, територія Фінікії загалом лежала в кордонах сучасного Лівану, а Палестина охоплювала територію не лише Ізраїлю, а й палестинських арабів та Йорданії (Зайорданія).

Східне Середземномор'я – зона разючих природних контрастів. Там були й напівмертві пустелі, й родючі низини, й гірські масиви із засніженими вершинами, болота й озера, вічнозелені лісові масиви. Із сировинних ресурсів у регіоні була в достатку лише промислова деревина. Повноводних рік, які б спонукали розвивати іригаційне землеробство, а, отже, посприяли б утворенню сильних держав з потужною централізованою владою, у Східному Середземномор'ї не існувало. Натомість через його територію проходили важливі караванні шляхи, що відкривали широкі можливості для розвитку

торгівлі. Повені населенню Східного Середземномор'я не загрожували, однак природа демонструвала свій крутий норів за допомогою руйнівних землетрусів та їхніх грізних супутників – цунамі, що час від часу несли смерть і руйнацію й змусили тамтешню людність, починаючи з 2 тис. до н. е., займатися сейсмостійким будівництвом.

Культура землеробства залишалася невисокою в умовах відсутності великих рік і наявності бідних ґрунтів. Чимало уваги приділяли городництву, садівництву (вирощували оливкове дерево), виноградарству. Успішно розвивалися в Східному Середземномор'ї ремесла: гончарство, ковальство, бронзоліварництво, будівництво, ювелірна справа, різьба по слонової кістці, ткацтво, чинбарство, виробництво музичних інструментів, пурпуру, сідонського скла тощо.

У кожному з історичних регіонів Східного Середземномор'я – біблійної „країни Ханаан” – існували локальні природнокліматичні особливості, які значною мірою зумовили специфіку господарського, суспільно-політичного та духовного життя фінікійців, сирійців і євреїв у давнину.

Фінікія була приморською країною, що її відмежовував зі сходу невисокий гірський хребет Ліван, похилі схили якого в бік моря вкривала вічнозелена середземноморська рослинність. Гірські схили фінікійці обжили майже до самих вершин. Вологі морські вітри приносили у Фінікію вдосталь опадів, тому іригація не була потрібною. Берегова лінія Фінікії рясніла зручними для мореплавства бухтами та природними гаванями. Основним сировинним багатством країни були знамениті кедрові ліси, які давали добротний будівельний матеріал, смолу, дерев'яний клей, ароматичні олії. Фінікійці зарекомендували себе вмілими суднобудівниками. Вони будували з кедрової деревини два типи суден – торгові та військові. Постійно відвідуючи одні й ті ж краї, фінікійські мореплавці засновували там свої поселення – колонії. Спочатку вони були на Кіпрі, у Північній Африці та на Піренейському півострові, а трохи згодом в далекій Англії (Британії) та на західноафриканському узбережжі. Колонії фінікійських міст, як правило, ставали незалежними від Фінікії, підтримуючи з нею дружні зв'язки. Найбільшою колонією міста Тир у Північній Африці стає Карфаген.

Фінікійські купці вели жваву торгівлю. Торгові записи слід було вести швидко. Ієрогліфи й клинопис були для цього надто складними. Фінікійці використали досвід єгиптян і вавилонян, у яких були знаки не тільки для слів, а й для окремих приголосних звуків. У кінці 2 тис. до н. е. в Фінікії винайдено алфавіт. Він мав 22 знаки. Кожен знак відповідав окремому приголосному звуку й був літерою. Голосні звуки на письмі пропускалися. Писали фінікійці справа наліво. Матеріалом для письма слугували папірус і пергамент.

На відміну від Фінікії, Сирія морською країною не була, хоч і мала вихід до моря. Через її територію протікала невеличка річка Оронт (теперішня Аль-Асі), яка проклала собі шлях між горами Лівану й

Антилівану. Через її гирло в Північну Сирію проникали вологі морські вітри, тому сирійські землі добре зрошувалися й непогано родили. За Антиліваном, у напрямку Сирійської пустелі, простягалися два оазиси, через які було прокладено прадавні караванні шляхи. Місцеві жителі займались переважно кочовим скотарством і торгівлею; хліборобство було мало розвинене. За рівнем розвитку господарства Сирія поступалася фінікійським містам.

Територію Палестини окреслювали південне передгір'я Лівану та північно-західні кордони Аравійського півострова. Через країну протікала невеличка річка Йордан, яка поділяла Палестину на дві географічні зони. На схід від неї простягалася непридатна для землеробства степова та гориста місцевість, а на захід – багата полями, садками, виноградниками, луками та пасовиськами територія. На півночі Палестини височіли гори з засніженими вершинами, на південних же окраїнах починалася Сирійсько-Аравійська напівпустеля.

У 18–16 ст. до н. е. Палестина стала центром розселення кочівників-гіксосів, які мігрували аж у Єгипет. Щодо стародавніх євреїв, то вони осіли в Палестині в другій половині 2 тис. до н. е. У 12 ст. до н. е. на морській окраїні Палестини, південніше Фінікії, осіли два племені морських народів – філістимляни та чакара. Етнонім „філістимлянин” стародавні євреї вимовляли „пелшитим”, отож він дав назву країні – Палестина.

Таким чином, етнічний склад населення Східного Середземномор'я в давнину був украй неоднорідним, що поряд з уповільненим соціально-економічним розвитком регіону стало перешкодою для появи там сильних централізованих держав.

Найбільшими торговими центрами в Східному Середземномор'ї були Бібл, Угарит, Тир, Сідон (нинішня Сайда), Ебла, Алалах тощо. Тісні контакти з Єгиптом і Месопотамією стимулювали в цих торгових містах цивілізаційний процес, кульмінація якого припала на 1 тис. до н. е. Розквіт давньої східносередземноморської цивілізації був зумовлений не стільки вступом цього регіону у вік заліза (перехід до залізного виробництва відбувався там мляво), скільки сприятливою міжнародною обстановкою: Єгипет на той час занепав, йому вже було не до контролю за своїм колишнім васалом, Ассирія ж на початку 1 тис. до н. е. ще не була готова встановити там своє володарювання.

Торговий люд Східного Середземномор'я більше віддавався господарським клопотам, аніж науковій діяльності, тим паче, що йому не доводилося винаходити вже відоме, адже він мав чудові можливості запозичувати наукові здобутки своїх торгових партнерів – єгиптян, вавилонців, ассирійців. Недаремно фінікійці вважали своїми вчителями в сфері наукових знань єгиптян. Проте й вони зробили певний внесок у цю важливу галузь культури. Як запевняє антична традиція, сідонець Мох задовго до греків створив учення про атоми. Геродот уважав, що перший грецький математик, фізик, астроном і філософ Фалес із Мілета був фінікійцем. Склалися в східносередземноморських народів, передовсім у

евреїв, також історичні знання, що їх окремі дослідники схильні вважати мало не „готовою” наукою. Страбон повідомляв, що фінікійці добре знали на астрономії та арифметиці.

Про мистецтво Східного Середземномор'я в давнину багато говорити не доводиться. Воно виникло давно (найдавніші його пам'ятки – глиняні жіночі фігурки датуються кінцем 6 – початком 5 тис. до н. е.), але особливих вершин не досягло. Інша справа – музика. Виконавська майстерність музикантів, їхні музичні інструменти мали неабияку популярність у народів усього Середземномор'я.

### **3.1.5. Стародавній Іран**

Історія Стародавнього Ірану чітко поділяється на три етапи: кінець 4 тис.–7 ст. до н. е. – поява й розквіт еламської цивілізації; 8–середина 6 ст. до н. е. – мідійська доба; середина 6 ст.–330 р. до н. е. – ахеменідський період (Персія). Населення Стародавнього Ірану становили переважно еламці, іраномовні мідійці та перси. Проживали також місцеві етноси – кассити, лулубеї, хуррити тощо. Вони належали до різних мовних сімей.

Про найдавнішу іранську державу Елам, що виникла в Південно-Західному Ірані, джерела розповідають мало. Більшість виявлених еламських текстів являють собою одноманітні написи-посвяти, до того ж еламська мова порівняно з іншими стародавніми мовами найгірше дешифрована. Цінні повідомлення про Елам є в шумерських, вавилонських та асирійських текстах, про нього трапляються згадки в Біблії.

У першій половині 3 тис. до н. е. в південно-західному секторі сучасного Ірану, на спекотній рівнині, утвореній відкладами річок Карун і Керхе, виникли міста-держави (або нові держави), очевидно, на зразок тих, що існували в Шумері. Наймогутнішим серед них було місто Сузи.

Клімат в Еламі був спекотним. Улітку температура повітря сягала +50°C у тіні й залишалася плюсовою навіть узимку. Страбон запевняв, що ті гадюки та ящірки, які опівдні виповзали на вулиці Суз, живцем засмажувалися сонячним промінням, люди ж перечікували спеку в підвалах своїх будинків.

Піщані ґрунти Еламу при достатньому зволоженні давали непогані врожаї зернових, цукрової тростини, фініків, проте найменша недбалість населення в проведенні іригаційних робіт неминуче призводила до появи солончаків.

Гірська частина країни була багатою на промислову деревину, будівельний камінь (базальт, діорит, мармур, алебастр, арагоніт, обсидіан тощо), напівкоштовні камені (карнеол, гематит, лазурит), металеві руди (мідь, платина, олово, срібло). Не менш багатою була тамтешня фауна – буйволи, олені, антилопи, дикі кабани, гірські кози й козли, популяцію яких регулювали леви. У водоймах водилися риба, гігантські черепахи.

Природно-кліматичні умови визначили оазисний характер осілого життя в країні, його відносну замкнутість у межах сім'ї, племені чи цілого географічного регіону, слабкий зв'язок із довколишнім світом. Особливо ізольовано розвивалися важкодоступні гірські місцевості. Проте населення Стародавнього Ірану не могло поскаржитися на погані умови для розвитку торгівлі, бо країну перетинали прадавні торгівельні шляхи, які з'єднували прикаспійський район з узбережжям Перської затоки, вели в долину Тигру, в Сузіану (через мідійську столицю Екбатани), в Індію (через долину Кабулу), в Закавказзя та Середню Азію.

Історія Еламу була найтісніше пов'язана з месопотамською історією. Месопотамія намагалася привласнити природні багатства гірської частини Еламу, яких їй ніде було більше взяти. Елам же жадібно позирав на багаті месопотамські міста та, ясна річ, не пропускав найменшої нагоди пограбувати їх. У воєнно-політичному протиборстві між Еламом і державами Месопотамії гору брала то одна, то інша сторона.

Історична ситуація докорінно змінилася в Іранському нагір'ї після розселення там на початку 1 тис. до н. е. іранських племен (мідійців і персів). Уже в 9 ст. до н. е., щойно мідійські племена осіли в Північно-Західному Ірані, там виникли дрібні князівства зі змішаним мідійсько-тубільним населенням. У 7–першій половині 6 ст. до н. е. Мідія була однією з найсильніших держав Передньої Азії та осередком іранської культури. Пізніше мідійська культура стала основою культурного розвитку персів.

Перси, які, найімовірніше, відокремилися від мідійців близько 800 р. до н. е., поступово перемістилися на південний схід. В середині 6 ст. до н. е. вони захопили територію Еламу (від Суз до Перської затоки), яка відтоді дістала назву Парса (арабізованою формою цієї назви став топонім Фарс), хоч самі перси називали еламські землі Хужою (похідна назва від еламської столиці Сузи), завдяки чому виникла сучасна назва провінції Хузистан.

У 553 р. до н. е. перси повстали проти володарювання Мідії. Повстання очолив перський правитель Кіра II. Упродовж 545–539 рр. до н. е. перси заволоділи східноіранськими та середньоазійськими територіями, Вавилонією, після нього їхню владу над собою добровільно визнали Фінікія, Сирія та Палестина. Держава Кіра простяглася від кордонів Індії на сході до грецьких міст на заході. Серед інших завойовників Кіра II вирізняло те, що він поважав закони й релігію підкорених народів. Це забезпечувало його від невдоволення й повстань на завойованих територіях.

Після смерті Кіра та його сина Камбіза царем Персії стає двоюрідний брат останнього – Дарій I, який отримав у спадок величезну державу, кордони якої ще більше розширив, здійснивши успішні походи в Індію, Грецію, Малу Азію та проти скіфів у Північне Причорномор'я. Крім цього, провів внутрішні реформи, вдосконаливши управління підвладними територіями. Він поділив країну на 20 окремих областей – сатрапій. На чолі кожної з них стояв намісник – сатрап. Він стежив за вчасним надходженням податків до царської скарбниці, за процвітанням довіреної йому області, за

тим, як виконує населення військову й трудову повинності. Близько 515 р. до н. е. за наказом Дарія I було закладено столицю держави Персеполь (Парсу) – „місто персів”. У перського царя було кілька столиць: у Персії – Персеполь, в Мідії – Екбатани, в Еламі – Сузи, а в Дворіччі – Вавилон. Він жив то в одній столиці, то в іншій.

Перемоги над сусідами й інші запобіжні заходи Дарія I та його наступників не вберегли державу від постійних змов і переворотів. Невдалі війни з греками призвели до ослаблення держави. У 4 ст. до н. е. в персів з’явився грізний ворог в особі Александра, молодого царя Македонії. У 330 р. до н. е. колишня велетенська держава Ахеменідів, володарів півсвіту, покійно лежала біля ніг Александра Македонського. Її стрімке падіння в небуття стало поворотним пунктом світової історії, бо, за словами історика, „Схід, який вже втратив свою таємничість як географічна одиниця та як соціальне поняття, тепер втратив і своє значення”.

Іраномовні народи перебували між двома вогнищами світової культури – між Сходом і Заходом, тому зазнавали й східного, й західного впливу, однак не стали епігонами, створили свою самобутню культуру, навіть навчили дечому своїх учителів (іранське мистецтво геральдики перекочувало в герби Візантії, середньовічних держав Європи; фресковий живопис Ірану вплинув на християнські церковно-монастирські фрески; іранський стиль в архітектурі поширився далеко на захід і схід, те ж саме можна сказати про іранську релігію та міфологію тощо).

Перські царі дбали про розвиток засобів комунікації. В Ахеменідську добу в Персії вже існувала розгалужена мережа шляхів, із яких найбільше значення мала дорога із Сард у Сузи завдовжки майже 2,5 тис. км. Дороги надійно охоронялися й добре обслуговувалися, на найважливіших із них було побудовано станції з постійними дворами, розташовані на відстані 15–20 км одна від одної (на дорозі із Сард у Сузи налічувалося 111 таких станцій). У Персії також було організовано регулярну пошту. Вона діяла за принципом естафети. Через кожні 15–20 км стояв наготові вершник з конем. Отримавши пакет, він мчав до іншого поста, щоб передати його далі за призначенням. Перський цар міг їсти в Сузах свіжу рибу, виловлену в Егейському морі. Цю рибу доставляли поштою естафетним способом.

Перська держава завдяки сприянню центральної влади розвивала не лише сухопутну, а й морську торгівлю. За наказом Дарія I було відновлено побудований фараоном Нехо II канал від Нілу до Суеца, а грек Скілак у 518 р. до н. е. здійснив морську експедицію вниз по річці Інд в Індійський океан і далі, до Червоного моря. Самі перси особливого торгового хисту не мали, міжнародну морську торгівлю в державі Ахеменідів перебрали спритні фінікійські купці.

При царському дворі, в канцеляріях сатрапів і військових чинів було чимало перекладачів, які допомагали можновладцям спілкуватися з чиновниками, що прибували в столицю з різних куточків велетенської імперії Ахеменідів. Канцеляристів готували в спеціальних школах. Своїх дітей перси

науками не переобтяжували. Геродот повідомляв, що „синів від п’яти до двадцяти років вони навчають трьох речей: аби вони вміли їздити верхи, стріляти з лука й казати правду”.

Матеріалом для письма іранцям слугували глиняні таблички, папірус і пергамент. Писар спершу записував усне розпорядження урядовця на папірусі чи пергаменті, потім його колеги перекладали цей текст з арамейської мови на еламську й переносили клинописом на глиняну табличку. Походження давньоперського письма, яке налічує трохи більше 40 знаків, досі не з’ясоване. Найдавнішою й основною пам’яткою давньоіранської літератури є „Авеста”. В її багатоплановому сюжеті виділяються тісно переплетені між собою міфологія та героїчний епос.

Перси користувалися вавилонським місячним календарем. В Ірані існував також молодоавестійський (ця його назва походить від „Молодшої Авести” – найбільшої за обсягом частини „Авести”) чи зороастрійський календар. Він не відрізнявся від єгипетського сонячного календаря. Вчені ще не з’ясували, коли його було введено та яким він був – цивільним чи релігійним.

Мідійці та перси сповідували зороастризм – дуже самобутню, багато в чому навіть феноменальну релігію, назва якої походить від грецької форми ймення Зороастр (по-іранськи Заратуштра).

Основним жанром мідійського та перського мистецтва була торевтика – рельєфна обробка металевих виробів карбуванням чи тисненням. Саме в торевтиці іранські майстри досягли найбільшої свободи у виборі сюжетів, композицій, стилю.

Мідійська архітектура дуже схожа на асирійську та урартську, проте не позбавлена й самобутніх рис. Характерною особливістю архітектури та мистецтва ахеменідського Ірану була їхня прокламаційність. Вони стали частиною офіційної ідеології, прокламували могутність Персії та велич царської влади. Іншою важливою особливістю ахеменідської культури була її уніфікованість. Усі народи поліетнічної Перської держави дотримувались єдиного художнього канону, який не став арифметичною сумою різних стилів (єгипетського, месопотамського, анатолійського, грецького тощо), а сформувався як суто ахеменідський шляхом переосмислення іноземних ідей та образів.

Перси, які ще недавно вели напівкочове життя, мало тямали в науках, проте вони активно сприяли науковій діяльності представників завойованих ними народів, поширенню в Передній Азії наукових досягнень єгиптян, вавилців, еламців та ін. Так, грецький філософ Геракліт, „батько історії” Геродот, вавилонський астроном Кідінну та деякі інші корифеї античної науки користувалися підтримкою перських царів. Самі ж перси зробили певний внесок у розвиток правничих знань. Дарій I, зокрема, впорядкував та уніфікував законодавство підвладних Персії народів. Щодо історичних знань, то в державі Ахеменідів вони лише зароджувались, оскільки історії своєї Батьківщини перси не написали.



Перси охоче запозичали культурні надбання інших народів, але й самі вплинули на розвиток світової культури. Вважається, що не без їхньої допомоги на величезній території, в тому числі й у західних регіонах Китаю, поширилося арамейське письмо, що саме через них китайці, а згодом і японці познайомилися з грецьким театром масок. Іранські співаки, музиканти, танцівники, скоморохи, переселившись у 2 ст. до н. е.–7 ст. н. е. в Китай, посприяли виникненню тамтешнього театру.

### 3.1.6. Перші держави в Індії

Цивілізація півострова Індостан виникла пізніше, ніж єгипетська й шумерська, але майже на тисячоліття раніше, ніж китайська. У стародавній період Індією (Індською країною) називалася вся територія на схід від річки Інд (додаток 5). Нині тут розташовані держави Пакистан, Індія, Непал і Бангладеш. За своїми розмірами давня Індія була приблизно такою, як Єгипет, Месопотамія, Мала Азія, Іран, Сирія, Фінікія й Палестина разом узяті, й, зрозуміло, відзначалася великою різноманітністю природних умов. Усю країну можна поділити на три основні області, географічні відмінності яких наклали відбиток і на історію їхніх мешканців:

1) індська (північно-західна), що включає долину річки Інд з притоками й прилеглі гірські райони. Тут клімат сухий і жаркий;

2) ганзька (північно-східна), що охоплює долину річки Ганг із притоками, прилеглі передгір'я Гімалаїв і гірські райони Центральної Індії. Тут клімат жаркий і вологий. Аж до кінця 2 тис. до н. е. це був район з густою рослинністю (джунглями);

3) деканська (південна), до складу якої входить півострівна частина. Відрізняється складним рельєфом, жарким кліматом, нерівномірною кількістю опадів, але навіть у посушливій внутрішній частині опадів випадає не менше, ніж 700 мм на рік.

Стародавній Індії притаманний високий рівень науково-природничих і гуманітарних знань, які розвинулися не без впливу на них вавилонських та грецьких наукових ідей, особливо в галузях математики й астрономії. Індійські математики користувалися значенням  $\pi$  (з точністю до четвертої цифри), добували квадратний та кубічний корені, розв'язували рівняння з одним невідомим, раніше за греків відкрили „теорему Піфагора”. Вони застосовували позиційну десятиричну систему обчислень, яку в них запозичили араби (до речі, араби називали математику „індійською наукою”), а в арабів – європейці, розробили правила арифметичних дій, які практично не відрізняються від сучасних. Індійці створили цифрову систему, яку називають „арабськими цифрами” та якою нині користуються математики всього світу. Видатним досягненням староіндійської математики було створення розвинутої алгебраїчної символіки, багатшої навіть за грецьку. Саме в Індії почали вживати знак на означення нуля. Індійське походження мають такі загальноживані математичні терміни, як „цифра”, „корінь”,

„синус” тощо. Отож, наша шкільна арифметика має староіндійське походження.

Певних успіхів досягла також староіндійська астрономія. Індійський астроном Аріабхата висловив здогад, що Земля має форму кулі, навіть спробував вирахувати її окружність. Індійці створили примітивний місячний календар, рік у якому починався приблизно в середині квітня й складався з 360 діб (раз у п'ять років до календаря включали додатковий місяць). У 5–6 ст. н. е. в Індії вже знали закон про земне тяжіння, що Земля має форму кулі та обертається навколо своєї осі.

Зародилися в Стародавній Індії також фізичні та хімічні знання. Так, індійці виготовляли фарби, ліки, парфуми, цемент тощо. Винайдена ними в давнину оранжево-коричнева фарба кашайя, що нею у Варанасі фарбували текстиль, широко використовується в країні й нині. Гідний подиву той факт, що давньоіндійські металурги знали секрет виплавки чистого заліза, яке нині вчені добувають грамами лабораторним способом. У 5 ст. н. е. вони вилили з нього шеститонну колону заввишки понад 7 м і діаметром майже півметра. Ця колона простояла в умовах вологих тропіків уже понад 1500 років, а на ній немає жодних слідів корозії. В історії світової металургії залізна колона в м. Делі – феномен.

Проте з природничонаукових знань найбільшого розвитку в Стародавній Індії досягла медицина. Індійські медики здійснювали розтин трупів, тому добре знали анатомію людини. Вони робили складні операції, особливо при лікуванні ран і пухлин, застосовували кесарів розтин, знімали катаракти, ампутували кінцівки, робили трепанацію черепа, успішно застосовували протиотруту (при царському дворі потреба в цьому з'являлася досить часто, бо там претенденти на трон залюбки труїли своїх політичних конкурентів) тощо. В умінні здійснювати пластичні операції обличчя європейська медицина досягла рівня староіндійської лише у 18 ст. Індійські медики знали лікувальні властивості дієти, психотерапії, правила асептики й, можливо, мали уявлення про бактерії та інші хвороботворні організми, користувалися наркозом. У 3 ст. до н. е. вперше в світі в Індії було створено лікарні. Численні досягнення староіндійської медицини, рівень якої був вищий за античну, успішно використовують для лікування ревматичних, нервових і шкірних захворювань нинішні індійські, американські та європейські медики. Староіндійський медичний трактат Аюрведи („Наука про життя”) уважно вивчають гомеопати в багатьох країнах світу.

Із гуманітарних знань у Стародавній Індії особливо успішно розвивалася лінгвістика – завдяки існуванню в країні великої кількості мов і діалектів (перепис 1971 р. зафіксував в Індії наявність 872 мов та діалектів). Розмовляти можна було будь-якою мовою, проте якщо йшлося про літературу та науку, то тут основною мовою, спільною для всіх, був санскрит. Найбільш повний опис санскриту містить граматика Паніні Аштадхяї (приблизно 4000 граматичних правил), складена в середині 1 тис. до н. е.

Писемність в Індії впродовж століть використовувалася майже виключно для потреб діловодства, а вся релігійно-філософська, наукова та художня література передавалася з покоління в покоління в усній формі. Більше того, навіть торговельні операції індійці оформляли письмово дуже рідко. Купецтво задовольнялося усним договором, який у цій „країні тисячі чудес” мав, на щирій подив європейців, юридичну силу.

Велике значення для вивчення історії, вірувань і поглядів стародавніх індійців мають їхні релігійні збірки, так звані Веди. Ці священні книги Стародавньої Індії відносяться до 2 тис. до н. е. й написані санскритом. Найдавнішою з цих збірок є „Рігведа”, яка містить переважно релігійні гімни, присвячені богам. Винятковою популярністю в країні користувалися великі епічні поеми „Махабхарата” та „Рамаєна”

Історичні знання в Стародавній Індії не склалися. Причину цього вбачають у безприкладному домінуванні в країні релігійно-міфологічного світогляду, в етнічному та кастовому розмаїтті населення.

### **3.1.7. Стародавній Китай**

Стародавній Китай займав усю територію на схід від нагір'їв Тибету, на південь від Манчжурії й Кореї, на північ від гірських районів, що відокремлюють Китай від Індокитаю. У давні часи цей Китай етнічно поділявся на дві частини: північну, що тяжіла до басейну Хуанхе, й південну – від долини Янцзи до берегів Південнокитайського моря. Китай – одна з прабатьківщин землеробства й скотарства. Територія Китаю – один з ареалів виникнення й формування східної гілки *Homo Sapiens*.

Природа відгородила Стародавній Китай від найближчих вогнищ цивілізації височенними непрохідними горами Тибету й велетенською мертвою пустелею Гобі. Проте ще надійніше ізолювали стародавніх китайців від цивілізованого світу незліченні кочові народи й племена, які широкою смугою оточували Китай. Вирватись із цього етнічного оточення китайці зуміли лише наприкінці своєї стародавньої історії.

Стародавні китайці ніколи не називали себе китайцями, а свою батьківщину Китаєм. Це – тюркські назви, вони походять від етноніма „кидань”, що ним тюрки називали населення середньовічної імперії на території Маньчжурії, Монголії та Південно-Західного Китаю. Свою батьківщину давні китайці називали Тянься – „Піднебесна”, Чжун Го – „Серединне царство” чи Чжун Хуа – „Серединна квітуча”.

Найдавніші племена на території Китаю селилися, як і в інших давньосхідних цивілізаціях, в долинах великих рік, головною з яких була Хуанхе. Одне з цих племен, яке називало себе Шан (сусіди дали йому ім'я Ін), змогло ближче до середини 2 тис. до н. е. створити першу державу. Саме в цей період починають закладатися основи давньокитайської культури. Було винайдене прядіння, бронзове лиття, ієрогліфічна писемність, зародилися основи містобудування.

Загальноновизнаних хронологічних меж стародавнього періоду китайської історії не існує, їхнім верхнім порогом історики вважають або 23 ст. до н. е. – дату виникнення держави Ся, історичність якої ще не доведена, або 18 ст. до н. е., коли в Китаї з'явилася держава Шан-Інь. Нижнім хронологічним порогом давньокитайської історії в радянській історіографії вважався 220 р. н. е. – дата загибелі Ханьської імперії. Нещодавно з'явилася пропозиція вважати кінцем стародавньої доби історії Китаю дату загибелі Цінської імперії (кінець 3 ст. до н. е.), а період існування Ханьської династії, коли державною ідеологією Китаю стало конфуціанство, віднести до Середніх віків.

У Стародавньому Китаї досить високого рівня досягли природничо-наукові знання, особливо математика. Китайці першими описали дії з від'ємними числами, регулярно спостерігали за зоряним небом, склали на порозі Середньовіччя (4 ст. н. е.) каталог 800 зірок, поділили небо на 28 зодіакальних сузір'їв. Вони вже вміли передбачати місячні та сонячні затемнення, навіть появу комет, уперше виявили плями на Сонці. Однак, придворні астрономи основну увагу приділяли складанню гороскопів та інших астрологічних прогнозів (цьому вони, мабуть, навчилися у вавилонських жерців-звіздарів), що гальмувало розвиток китайської астрономії.

У релігійно-міфологічному світогляді стародавніх китайців важливе місце посідали астральні культури, пов'язані з панівними космогонічними та натурфілософськими уявленнями. Так, Сонце й Місяць сприймалися китайцями завжди в парі, причому Місяць вважався втіленням темного, похмурого, пасивного жіночого начала інь, а Сонце – світлого, яскравого, активного чоловічого начала янь. П'ять планет ототожнювались з п'ятьма першоелементами: Юпітер – з деревом, Марс – із вогнем, Сатурн – із землею, Венера – з металом, Меркурій – із водою. Земля, згідно з китайською міфологією, має квадратну форму й лежить під круглим небом. На земній поверхні під небесним шатром живуть китайці, а в чотирьох кутках, не прикритих небом, – примітивні народи, здатні бути лише васалами китайського імператора.

Китайці винайшли „покажчик півдня” – компас, який складався з квадратної залізної пластинки та магнітної „ложки”, яка вільно оберталася на відшліфованій поверхні пластинки. Ручка „ложки” завжди показувала на південь. Компас спершу використовувався в Китаї для потреб геомантики – розташування трупа й могили за сторонами світу, проте з 1 ст. н. е. він почав служити китайцям і як мореплавний прилад.

У 2 ст. н. е. Чжан Хен винайшов глобус, який відтворював рух небесних тіл, а також найдавніший у світі прототип сейсмографа. Стародавні китайці користувалися водяним годинником. Вони створили оригінальний місячний календар, тісно пов'язаний з господарською діяльністю, з усіма сторонами традиційного побуту, навичок, знань китайців. Наполегливі пошуки „еліксиру безсмертя” привели китайців до створення даоської

алхімії, яка стимулювала розвиток хімічних і фізичних знань. Ще не з'ясовано як, але китайцям удавалося зробити тіло небіжчика нетлінним. Археологи виявили тіла, які впродовж століть і тисячоліть так добре збереглися, що м'язи не втратили своєї пружності. Чаклюючи над своїми пілюлями й талісманами, алхіміки-даоси винайшли порох, який на перших порах використовували виключно для влаштування феєрверків, без яких не обходилося жодне китайське свято.

Китайці значно раніше за європейців навчилися безперервно нагнітати повітря в плавильну піч для виробництва сталі, винайшли тачку на колесах, віялку для зерна, ланцюговий насос з лопатками чи ковшами для піднімання землі чи води, кермо для судна тощо.

Жителі Піднебесної освоїли складання географічних карт і воєнних схем, використовували в картографії масштаби й прямокутні сітки з паралельних ліній, випередивши в цій справі картографів Заходу.

Найважливішим винаходом китайців був папір. Його виготовляли з ганчірок, кори дерев і бамбука. У Китаї вперше навчилися виготовляти тонкі шовкові тканини.

Про будівельну вправність китайців свідчить Велика китайська стіна – величезна оборонна споруда, зведення якої було розпочате у 214 р. до н. е. Вона мала захищати території імперії від набігів кочівників-гунів з півночі й північного заходу. Будівництво Стіни тривало понад 1000 років і було завершене лише у 16 ст. Велика Китайська стіна простяглася на тисячі кілометрів (6450 км). Висота стіни досягала від 6,5 до 10 м, ширина – 5,4 м, щоб на ній могли роз'їхатися дві зустрічні колісниці; в стіні є оглядові щілини та бійниці. Через кожні 2,5–3 км розташовувались підвищення для сторожової вежі. Китайська стіна мала не лише оборонне значення, а й сприяла налагодженню мирної торгівлі китайців із північними сусідами. Від неї до столиці за наказом імператора було прокладено магістральну дорогу, рівну, немов струна.

Високого рівня досягла у Стародавньому Китаї народна медицина. Китайці відкрили лікувальні властивості багатьох трав, у тому числі женьшеню. У давнину китайські лікарі рекомендували своїм хворим цілющий підбадьорюючий засіб – чай. Пізніше його почали вживати як напій. Лаоська ідея про те, що всі елементи людського тіла є мініатюрною моделлю зовнішнього світу, спонукала медиків лікувати не хворий орган, а організм у цілому.

Однак, загалом слід констатувати, що природничі та прикладні наукові знання були розвинуті в Стародавньому Китаї відносно слабо, навіть більше, китайці взагалі не вважали їх наукою. Вони приділяли недостатньо уваги вивченню законів природи насамперед тому, що постійно були зайняті болючими соціальними проблемами. Багато китайців обирали чиновницьку кар'єру, яка давала змогу забезпечити бодай мінімальний достаток. Серйозно гальмувало розвиток у Китаї природничих знань весільне конфуціанство, яке зосередилося на проблемах соціальної етики, все ж інше вважало марною

тратою часу. Далося визнаки також традиційне схиляння китайців перед авторитетом стародавніх „мудреців”. На думку китайців, „мудреці” давним-давно все придумали, все зважили, все передбачили. Сама ідея про доцільність доповнення чи перегляду концепцій, розроблених „мудрецами”, здавалася їм блюзнірською. Інша справа – вивчення історії. Історичні знання завжди були у фаворі в Китаї, адже, розробляючи свої оригінальні суспільно-політичні доктрини, китайці апелювали до надміру ідеалізованого ними історичного минулого країни.

## **3.2. Стародавня Америка**

### **3.2.1. Культура ольмеків**

Ольмеки – один із стародавніх народів Мезоамерики, які мешкали на території сучасної Мексики в доколумбову епоху. Назва ольмеки походить з мови ацтеків науатль, що дослівно значить „люди з країни каучука”. Це перша відома нам цивілізація Мезоамерики, яка досягла розквіту між 1250 і 400 рр. до н. е. Територія поширення ольмеків охоплювала більшу частину теперішнього мексиканського штату Веракрус і східну частину штату Табаско, проте пам’ятки культури ольмеків знаходять і в інших регіонах. Існує думка, що елементи культури ольмеків були запозичені майже всіма наступними цивілізаціями регіону.

Вчені вважають, що уже в 2 тис. до н. е. ольмеки були вправними землеробами, будували поселення. До досконалості в них була доведена технологія обробки каменю, дійшов до наших днів ольмецький фресковий живопис. Ольмеки були майстерними будівельниками. Вони споруджували піраміди й монументальні сходи із землі та щебеню й покривали їх товстим шаром глини та гіпсу. Прекрасними зразками монументальної скульптури ольмеків є гігантські статуї людських голів з базальту. Збереглося також безліч прикрас з нефриту та рельєфів на вівтарях, стелах і саркофагах. Ольмеки відрізнялися рідкісними знаннями з астрономії та гомеопатії.

Першою стародавньою столицею ольмецької цивілізації вважається місто Сан-Лоренцо. Археологи вважають, що в певні періоди в ньому проживало близько 5000 мешканців. Тут знаходиться одна з найдревніших пірамід ольмеків, оздоблена зображеннями ягуарів. Вчені припускають, що ця тварина була божеством ольмеків, покровителем полів і хліборобів. Втім, ягуароподібний вигляд мали всі основні божества ольмеків.

Ольмеки не тільки першими в Центральній Америці збудували піраміди, але також першими на континенті впровадили писемність. Вони писали зверху вниз, використовуючи ієрогліфи. Інші цивілізації Мезоамерики, такі як майя, запозичили ольмецьку писемність. Ольмеки використовували сполучення крапок і рисок для позначення цифр і були першими в Америці, хто винайшов концепцію нуля. Серед пам’яток ольмецької культури, які дійшли до нашого часу, визначне місце займають

календарі. Вони відзначалися надзвичайною точністю й були пізніше запозичені іншими цивілізаціями Мезоамерики.

Походження ольмеків та причини занепаду їхньої цивілізації нез'ясовані. Ніхто не знає, звідки ольмеки прийшли, але існує дві домінуючі гіпотези:

- 1) вони були корінними американцями, які вийшли з того ж сибірського потоку, що й більшість інших корінних американців, і лише випадково підкреслювали негроїдний генетичний матеріал, який приховано в їхніх генах;
- 2) вони були прибулими, які іммігрували в район ольмеків на човнах, і ця заокеанська міграція тривала протягом сотень років.

У 1979 р. К. Вінтерс запропонував спосіб читання ольмецького письма, виходячи з гіпотези про африканське походження цього народу. Вінтерс припустив, що ольмеки говорили мовою родини малінке, поширеною в Сенегалі й Малі. До 1997 р. Вінтерс „розшифрував” значну частину ольмецьких текстів. Усе ж, „гіпотезу” про африканське походження ольмеків більшість фахівців не поділяють.

### **3.2.2. Цивілізація майя**

Найбільш оригінальною й високорозвиненою серед мезоамериканських цивілізацій вважається цивілізація майя (3000 р. до н. е.–16 ст. н. е.). Цей народ, що володіє геніальними творчими здібностями, називають одним з найвидатніших народів на планеті. Протягом 1–початку 2 тисячоліття н. е. майя розселилися на великій території, яка включає південні штати Мексики (Табаско, Чьяпас, Кампече, Юкатан і Кінтана-Роо), нинішні країни Беліз і Гватемалу та західні райони Сальвадору й Гондурасу.

Ці території розташовані в тропічній зоні й відрізняються різноманітністю ландшафтів. На гористому півдні простягнувся ланцюг періодично діючих вулканів. Колись тут на щедрих вулканічних ґрунтах виростили потужні хвойні ліси. На півночі вулкани переходять у вапнякові гори Альта-Верапас, які далі на північ утворюють вапнякове плато Петен, що характеризується спекотним і вологим кліматом. Тут і склався центр розвитку цивілізації майя класичної епохи.

Історію й культуру стародавньої цивілізації майя прийнято ділити на три основні періоди:

- 1) докласичний період (1000 р. до н. е.–317 р. н. е.);
- 2) класичний період (317–987 рр. н. е.);
- 3) посткласичний період (987 р. н. е.–16 ст. н. е.).

Докласичний період ще називають періодом рільництва. Саме в цей час з'являється мова майя, будуються великі міста. Існують археологічні докази того, що майя мігрували з одного місця в інше, зливаючись із залишками цивілізації ольмеків.

Класичний період в історії цивілізації майя називають ще теократичним, бо вважалося, що суспільством майя того часу керували священики, які концентрували в своїх руках все політичне, економічне й суспільне життя. Насправді ж, згідно з археологічними знахідками, священики відігравали значну роль у суспільстві, але не керівну. Існував клас знаті, який складався майже винятково з воїнів. Багато зображень, виконаних майя, вказують на те, що їхні міста знаходились в стані майже перманентної війни одне з одним.

У 8–9 ст. починається занепад цивілізації майя. Більшість міст-держав центральних низовин виявились покинутими. Між археологами не існує одностайної думки щодо причин занепаду. Одна з гіпотез – екологічна. Ті, хто її дотримується, вважають, що причиною занепаду цивілізації майя було погіршення стану земель, які майя використовували в рільництві. Археологічні розкопки підтверджують, що майя практикували підсічно-вогневе рільництво. Причиною занепаду було виснаження ґрунтів та ерозія, в результаті чого навколишні землі вже були неспроможні прогодувати постійно зростаюче населення міст. Також стверджується, що населення міст досягло таких розмірів, що рільництво регіону було вже нездатне забезпечити життєві потреби майя.

Інша гіпотеза пояснює занепад цивілізації майя зовнішніми причинами, такими як вторгнення іноземних загарбників, епідемії, кліматичні катаклізми. Деякі археологічні знахідки справді підтверджують вторгнення, наприклад, тольтеків, але більшість дослідників схиляються до думки, що це не могло бути єдиною причиною занепаду суспільства. Також висуваються припущення занепаду суспільства в зв'язку зі знищенням торговельних шляхів після падіння Теотіуакану в 700 чи 750 р. н. е., або такі, як повстання селян проти еліти суспільства.

Всі ці гіпотези безперечно заслуговують на увагу, однак жодна з них повністю не пояснює занепад всіх міст-держав цієї цивілізації.

У процесі багатовікового розвитку народами майя були накопичені багаті знання з астрономії й математики, медицини, різноманітні практичні відомості з будівельної техніки, ковальської справи та зварювання металів, географії, метеорології, кліматології, сейсмології та ін.

Система літочислення в древніх майя ґрунтувалась на математичних розрахунках та астрономічних спостереженнях, які набули втілення в оригінальному календарі. Календар майя виник, переважно, з потреб сільського господарства. Пізніше він набув таємничого містичного характеру, перетворившись в основу релігійного культу майя. Про його точність можуть свідчити такі відомості: тривалість року за сучасними даними становить 365,2422 днів; древній юліанський рік – 365,2510 днів; сучасний григоріанський рік – 365,2425 днів; рік майя – 365,2420 днів. У майя з міста Копана синодичний місяць (період часу між однаковими фазами місяця) становив 29,53020 дня, а з міста Паленке – 29,53086 дня. За сучасними даними ця величина становить 29,53059 дня, тобто лежить між



величинами, визначеними з Копана й Паленке. Як бачимо, давні жителі Центральної Америки користувалися календарем, за точністю адекватним сучасному.

Рік майя складався з 18 місяців по 20 днів кожний. Мовою майя періоди часу називалися: 20 днів – віналь; 18 віналей – тун; тун дорівнював 360 кінам (дням). Для вирівнювання сонячного року додавалося 5 днів – майєб (несприятливі, нещасливі). Вважалося, що в цю п'ятиденку „вмирає рік”. У ці дні древні майя нічого не робили, щоб не накликати на себе біду.

Тун не був останньою одиницею часу в календарі майя. При збільшенні в 20 разів починали формуватися цикли: 20 тунів – катун; 20 катунів – бактун; 20 бактунів – піктун; 20 піктунів – калабтун; 20 калабтунів – кінчильтун і т. д.

Найбільший цикл – алаутун складав 2304000000 днів або кінів (сонць). Тобто 63 081 429 років, що становить близько третини галактичного року – часу, за який Сонце обертається навколо центру нашої галактики. Це найбільший період, який зафіксовано в системах відліку часу нашої цивілізації (людства). Його походження невідоме.

Майя вміло поєднували 2 календарі: хааб – сонячний, що складався з 365 днів, і цолкін – релігійний, з 260 днів. При такому поєднанні складався цикл з 18890 днів (52 роки), лише по завершенні якого назва й цифра дня знову співпадали з тією ж назвою місяця. Відомо також, що Майя застосовували як мінімум 17 різних календарів. І робили це для того, щоб вирахувати найбільш космічно грамотний календар для жителів цієї планети.

Система літочислення, астрономічна й математична науки народу майя спиралися на ідеально розроблену двадцятиричну системи лічби від 0 до 19, яка дозволяла записати нескінченну безліч величин і здійснювати найскладніші підрахунки. Чому саме число 20 разом з одиницею стало основою їхнього рахунку зараз неможливо встановити з достатньою достовірністю. Найімовірніше сама людина була для стародавніх майя тією ідеальною математичною моделлю, яку сама природа „розчленувала” на 20 одиниць за кількістю пальців на руках і ногах. Майя записували свої цифрові знаки у вигляді крапок і тире, причому крапка завжди означала одиниці даного порядку, а тире – п'ятірки.

Майя займалися не тільки лічбою днів, але й створенням концепції часу. Розташування храмів та інших будівель мало для них дуже велике значення. Як і інші народи Центральної Америки, майя надавали особливу увагу спостереженням за рухом небесних тіл. Нерідко важливі елементи храмів майя були орієнтовані таким чином, що їхнє положення позначало схід, кульмінацію й захід тих чи інших зірок. Особливо цікавили майя сузір'я Плеяди, а також траєкторія таких планет, як Меркурій, Венера, Марс і Юпітер. Звичайно, вони дуже уважно спостерігали за рухом Сонця й Місяця, а тому вміли передбачати затемнення.

Як і більшість стародавніх суспільств, майя вважали, що Космос має три головні рівні: підземне царство, небо й землю. Нічне небо вважалося

вікном, через яке можна було побачити всі надприродні явища. Вірили, що в підземне царство людина потрапляє через печери й площадки для гри в м'яч.

Гра в м'яч відбувалася за складними правилами й символізувала рух зірок по небу та протистояння дня й ночі (богів неба та богів нижнього світу). Проте існує думка, що гра носила масовий характер і глядачі робили ставки на ту чи іншу команду. Майська гра в м'яч, як і подібні ігри інших народів Мезоамерики, містила в собі елементи насильства та жорстокості – вона завершувалася людським жертвопринесенням, заради якого й задумувалася, а ігрові майданчики були обрамлені кілками з людськими черепами. Брали участь у грі лише чоловіки, розділені на дві команди. Завдання гравців полягало в тому, щоб не дати м'ячу торкнутися землі й довести його до цілі, утримуючи всіма частинами тіла, за винятком кистей рук і стоп. Гравці одягалися в спеціальний захисний одяг. М'яч зазвичай був порожнистим, іноді в каучуковій оболонці знаходився людський череп.

Майданчики для гри в м'яч складалися з двох паралельних східчастих трибун, між якими розташовувалося ігрове поле. Такі стадіони споруджувалися в кожному місті, а в Ель-Тахін їх налічувалося одинадцять. Ймовірно, тут знаходився спортивний і церемоніальний центр, де проводилися широкомасштабні змагання.

Гра в м'яч почасти нагадувала гладіаторські бої, коли бранці, часом представники знаті з інших міст, боролися за життя, щоб не бути принесеними в жертву. Переможених, пов'язаних разом, скачували сходами пірамід, і вони розбивалися насмерть.

Релігійно-міфологічні уявлення про світ і місце людини в ньому були складовою частиною духовної культури майя. У філософських вченнях трапляються ідея про чотири першоелементи (вогонь, вода, земля, вітер) і поняття боротьби як причини космічних змін. Одним із основних божеств майя був бог Маїсу, або кукурудзи. Тілесний ідеал Бога Маїсу був втілений в багатьох скульптурах. Майя також поклонялися колу, яке символізувало досконалість і рівновагу сил в природі.

Глибокими були медичні знання майя, особливо в галузі зуболікування й хірургії, які багато в чому перевершували знання європейських лікарів тієї епохи. Рани зашивалися людським волоссям, переломи кісток зрощувалися за допомогою спеціальних колодок, існували навіть досвідчені „стоматологи”, які виготовляють зубні протези з нефриту й бірюзи. За допомогою тодішнього хірургічного інструментарію проводилися складні операції аж до трепанації черепа.

Таким чином, народ майя, який населяв Давню Америку, досяг значних успіхів у розвитку багатьох галузей знань. Незважаючи на значне зменшення чисельності цього народу, нащадки майя (за різними оцінками їх нараховують до семи мільйонів) усе ще живуть серед нас. Частина з них асимілювалася в навколишню культуру, але більшість продовжує жити за своїми звичаями, розмовляючи мовою майя й дотримуючись народних ритуалів.

### 3.2.3. Цивілізація ацтеків

Ацтеки – найбільший народ американських індіанців Мексики, що прийшов у центральну частину країни в 12 ст. з півночі – з місцини, що за легендою називалася Ацтлан (звідси й назва народу). Після довгих поневірянь ацтеки оселилися на озері Тескоко, перейшли до землеробства й заснували близько 1325 р. місто Теночтітлан (сучасний Мехіко), що став центром держави. Теночтітлан поступово став столицею імперії, яка розкинулася далеко за межі Мексиканської долини.

Сучасне використання слова „ацтеки” як терміна, що об’єднує народи, пов’язані торгівлею, звичаями, релігією й мовою, було запропоновано О. Гумбольдтом і запозичене мексиканськими вченими в 19 ст., щоб відрізнити сучасних мексиканців від корінного індіанського населення.

Ацтекська імперія, як і більшість європейських та азійських імперій, етнічно була дуже різноманітною; це була радше єдина система збору данини, ніж єдина система управління. У цьому контексті А. Тойнбі проводить аналогію з Ассирійською імперією. Хоча міста під владою ацтеків обкладалися великою даниною, розкопки засвідчують стійке зростання добробуту простих людей після підпорядкування цих міст центрові. Створення імперії ацтеків призвело до одного з найбільших демографічних вибухів: населення Мезоамерики збільшилося з 10 до 15 мільйонів осіб.

Основним внеском ацтеків в розвиток управління стала система комунікацій між завойованими містами. В Мезоамериці не було тяглових тварин і колісних транспортних засобів, дороги будувалися для пересування пішки. Шляхи охоронялися, тому навіть жінки могли подорожувати поодиночі. Мандрівники могли відпочити й попоїсти в особливих упорядкованих для цього місцях, розташованих через кожні 10–15 кілометрів. Дорогами постійно курсували гінці (пайнані), що тримали ацтеків у курсі останніх подій.

В ацтеків було розвинуте землеробство й ремесла. Болота осушувалися за допомогою мережі каналів. На озерах ацтеки споруджували штучні острівці („плавучі сади” – чінампа), де вирощували помідори, перець, квіти й інші культури. Саме від ацтеків європейці дізналися про кукурудзу, какао, помідори. До речі, зерна какао ацтеки використовували як гроші.

Ацтеки виявили себе майстерними будівельниками, скульпторами, різьбярами по каменю, гончарами, ювелірами, ткачами. В імперії зводилися піраміди й храми, палаци й громадські споруди, прокладалися нові вулиці, канали, водопровід, добували й обробляли золото, срібло, вугілля. Особливою пошаною користувалося мистецтво виготовлення виробів із яскравих пір’їн тропічних птахів.

На високому рівні була організована освіта. Викладалися такі дисципліни, як релігія, астрономія, історія законів, медицина, музика й мистецтво війни.

У культурі ацтеків вагому роль відігравали танці, різні види спорту, театр і поезія. Популярною була гра в м'яч, дуже схожа на сьогоденний баскетбол. За легендою, капітану команди, яка програвала, відрубували голову. Гра в м'яч була своєрідним релігійним ритуалом, в якому кожна деталь була сповнена символізму. Наприклад, м'яч уособлював небесне світило, Місяць або Сонце, залежно від типу кидка. Учасники перекидали м'яч один одному, його траєкторія асоціювалася з траєкторією небесних світил. Жертвопринесення учасника, що забив „гол”, було великою честю як для нього самого, так і для всієї його родини. Учасники, які не проявили достатньо спритності під час гри, залишалися жити, але разом зі своїми сім'ями опускалися до найнижчого соціального прошарку суспільства.

Відомості, що стосувалися життя ацтекського суспільства, заносилися в літописи за допомогою піктографічного (рисункового) письма з елементами ієрогліфіки. Зі шкіри, паперу й тканини ацтеки виготовляли дуже довгі й широкі „сторінки”, які складалися у вигляді гармошки.

Відомою пам'яткою ацтекської культури 15 ст. є календар (Камінь Сонця) у вигляді базальтового диска (діаметр 3,66 м, вага 24 т) з різьбленими зображеннями, що позначають роки та дні. У центральній частині диска зображено обличчя бога Сонця Тонатіу. У Каміні Сонця знайшли символічне скульптурне втілення уявлення ацтеків про час. Камінь Сонця, що був знайдений в 1790 р. в м. Мехіко, зараз зберігається в музеї антропології.

Календар ацтеків мав багато спільного з календарем майя. Основу ацтекського календаря складав 52-річний цикл – поєднання 260-денної ритуальної послідовності (так званого священного періоду або тональпоуаллі), що складалася з комбінації тижневого (13 днів) і місячного (20 днів, позначалися ієрогліфами й числами) циклів, з сонячним або 365-денним роком (18-ти–20-денних місяців і 5-ти так званих нещасливих днів). Ацтекський календар був тісно пов'язаний з релігійним культом. Кожен тиждень, дні місяця, години дня та ночі були присвячені різним божествам.

Багата й самобутня культура ацтеків була знищена в результаті іспанського завоювання 1519–1521 рр. Колись квітуче місто-острів Теночтітлан перетворився на жахливу картину розорення. Останній правитель ацтеків Куаутемок помер ганебною смертю на шибениці 28 лютого 1525 р. Тоді ж іспанці захопили всю країну й розпочався її грабіж. Так було перервано розвиток багатовікової історії культури індіанців Центральної Америки. Але пам'ять про неї жива. У народних переказах збереглося багато стародавніх звичаїв індіанців, ще живі люди, які знають старовинний календар і дотримуються стародавніх звичаїв. Ацтекська мова (науатль) використовується в початковій школі, нею видаються підручники, спеціальна література для читання (хрестоматії, збірники фольклору та ін.) Сьогодні в Мексиці немає пам'ятників іспанським завойовникам, в той час як індіанця Куаутемока в країні шанують.

### 3.2.4. Цивілізація інків

Інки – правлячий клан народу кечуа, що мешкав на території сучасного Перу й створив велику централізовану імперію зі столицею в місті Куско в Андах. Імперія інків існувала досить короткий час – з 1438 р. до 1533 р. У 1533 р. останній правитель інків Атауальпа був задушений іспанцями.

Археологічні дослідження засвідчують, що велика кількість цивілізаційних здобутків була успадкована інками від попередніх цивілізацій, а також від підкорених ними сусідніх народів. До появи на історичній арені інків у Південній Америці існувала низка цивілізацій: Моче (або культура Мочіка, відомі своєю кольоровою керамікою та іригаційними системами), Уарі (або Варі, їхня держава була прообразом імперії інків), Чан-Чан (центр – місто Чімор, характерна кераміка та архітектура), Наска (відомі тим, що створили так звані лінії Наска, а також своїми системами підземних водопроводів, керамікою), Тіауанако (цивілізація міста Тіауанако з населенням близько 40 000 осіб, що знаходилось на східному березі озера Тітікака), Чачапояс (Воїни Хмар, відомі своєю грізною фортецею Келап, яку ще називають „Мачу-Пікчу півночі”).

Країна інків простягалась довгою смугою в Південній Америці з півночі на південь і включала частини територій сучасних Колумбії, Чилі, Перу, Болівії, Еквадору, Аргентини. Самоназва імперії інків – Тауантінсуйу (чотири сторони світу, об'єднані разом). З Куско в чотири сторони виходили чотири дороги й кожна з них називалась за назвою тієї частини імперії, в яку вона вела.

Підтримувати цілісність такої просторої імперії інкам допомагала вражаюче розвинена система доріг загальною протяжністю близько 25 тис. км. Одна з доріг простягається практично вздовж усього тихоокеанського узбережжя Південної Америки. Деякі дороги проходять на висоті 5 км. Високогірні ділянки дороги інки мостили плоскими каменями, а також будували кам'яні стіни, щоб запобігти падінню уламків зі скель. У деяких місцях для прокладання дороги вони прорубували скелі, створювали тунелі та круті сходи, будували з канатів вражаючі підвісні мости, які були єдиним шляхом подолання гірських ущелин і річок. Слід зауважити, що при цьому інки не знали колеса та колісних транспортних засобів, тому усі подорожі здійснювались пішо. Як в'ючна тварина використовувалася лама, бо коней в Південній Америці не було.

Дороги мали велике значення для передачі інформації. Інки не мали писемності, однак для передачі послань вони використовували кіпу – складну систему кольорових шнурків, заплетених у вузлики. Посланці (часкі) були професійними бігунами. Повідомлення передавали естафетним способом.

Виробничою основою імперії було землеробство. Щоб збільшити продуктивність сільського господарства, у високогір'ях інки створювали гірські тераси. Тераси біля перуанського міста Мора – з числа тих творінь, які й до цього дня викликають непідробний інтерес. Споруда на перший погляд

нагадує римський амфітеатр, але насправді це дослідна лабораторія, де інки експериментували з різними рослинами, підбираючи їм найкращі умови для вегетації.

Не тільки описами, а й численними залишкам будівель відома архітектура інків. Особливостями споруд є надзвичайно ретельна й щільна (так, що між блоками не можна просунути й лезо ножа) підгонка кам'яних блоків (часто неправильної форми й дуже різних розмірів) один до одного без використання будівельних розчинів, а також нахилені всередину стіни з округленими кутами й легкі солом'яні дахи. Завдяки таким особливостям будівлі мали феноменальну сейсмостійкість, що в умовах Анд є надзвичайно актуальним. Свідченням шедевральної архітектури інків є місто дивовижної історії й нерозгаданих таємниць Мачу-Пікчу, яке входить в список 7 нових чудес світу.

Достовірно відомо, що інки видобували сіль. Технологія досить проста – в спеціально створених людьми басейнах, розташованих на штучних терасах у місці виходу на поверхню солоних вод, під впливом сонця вода випаровується, а сіль залишається. Одна така ванна наповнюється сіллю приблизно за місяць. І сьогодні соляні тераси біля містечка Марас в Перу справляють неймовірне враження – тераси, яких тут безліч, немов стільники обліпили гірські схили й виблискують сліпучою білизою.

Здобутки інків відомі й у галузі медицини. Е. Поблете в 1963 р. довів використання пеніциліну в лікувальній практиці індіанських знахарів народності кальваїа, які при інках (15–16 ст.) були привілейованою кастою. Пеніцилін виготовляли із суміші грибків і різних рослин.

Тауантінсуйу – єдина цивілізація доколумбової Америки, в якій була відома бронза (в Мезоамериці була відома тільки мідь). Крім міді та бронзи, інки виплавили велику кількість срібла, золота та їхніх сплавів, серед яких найбільш відомий тумбага (сплав 1 частини золота з приблизно 2 частинами міді). Інки також знали платину. Проте інкам були не відомі залізо й сталь. Як без них вдавалося різати та обробляти камені, достеменно невідомо.

Імперія інків зовсім не випадково шанується як одна з найбільших цивілізацій Стародавнього світу. Спадщину, залишену нам цим зниклим світом, вивчатимуть ще довго, дивуючись таланту, майстерності й працьовитості його жителів.

### **3.3. Давні цивілізації Європи**

#### **3.3.1. Мінойська цивілізація**

Найдавнішим осередком цивілізації в Європі був острів Крит. Саме тут на межі 4–3 тис. до н. е. (понад 5000 років тому) виникла мінойська цивілізація. На східному узбережжі острова з'явилося кілька поселень, які поступово перетворилися на міста. З часом вони стали першими в Європі містами-державами. Наприкінці 3 тис. до н. е. на Криті було збудовано перші

палаці. Головна резиденція правителів знаходилася в Кноссі. Дещо менші палаці було споруджено у Фесті, Гурнії та інших містах острова. Поступово міста-держави об'єдналися навколо Кносса. На Криті утворилася єдина держава, в якій неподільно володарював кноський цар Мінос.

Мінойська цивілізація була відкрита англійським археологом А. Евансом. У період 1899–1930 рр. (з перервами) він вів розкопки на острові Крит, де відкрив залишки палацу в Кноссі й детально вивчив культуру епохи бронзи. Невідому до того доеллінську культуру вчений назвав мінойською за іменем міфологічного царя Міноса, який вважався сином Зевса. За археологічними даними Еванс реконструював державний лад, релігію й етапи розвитку Критського суспільства.

Заможне життя населенню острова забезпечувала сама природа. Сприятливий для землеробства клімат давав змогу вирощувати зернові, виноград, оливки. У морі було багато риби й інших морепродуктів. Більшість населення Криту становили землероби, скотарі та рибалки. Острів славився своїми ремісниками. Вони вміло обробляли дерево, камінь, бронзу, залізо, дорогоцінні метали, знали гончарний круг і ткацтво. В державі споруджувалися мости, зрошувальні канали, прокладалися дороги, водопроводи.

Ознакою цивілізованості жителів острова було письмо. Спочатку критяни, як і інші давні народи, писали ієрогліфами. Прикладом такого письма є Фестський диск, виготовлений із глини. На двох його боках витиснено 242 ієрогліфи, що донині не розшифровані. Згодом виникло два види письма, їх учені називають лінійним письмом „А” (18 ст. до н. е.) і лінійним письмом „Б” (14 ст. до н. е.). Перше так і залишилося нерозшифрованим, хоча доведено, що це господарські документи.

Правителі Криту мали могутній флот. Критські кораблі контролювали морські простори, надійно захищаючи острів. Критяни розселилися на Балканах та островах Середземномор'я. Розквіт мінойської палацової цивілізації припав на середину 2 тис. до н. е. (16–15 ст. до н. е.). Критська держава не поступалася перед Єгиптом і Вавилоном і вважалася однією з найсильніших держав світу. Але сталося щось загадкове – в один і той самий час на руїни перетворилися Кносс, Фест, Гурнія та інші міста. Усе, що створювалося зусиллями жителів острова століттями, припинило своє існування за дуже короткий час. Цивілізація на острові Крит зникла близько 1400 р. до н. е. За однією з гіпотез причиною загибелі мінойської палацової цивілізації був землетрус або виверження вулкана. За 100 км на північ від Криту знаходиться невеличкий острів Санторин (або Тіра, Фера, Фіра). Тут, на думку геологів, і відбулося виверження вулкана з жахливим вибухом, що знищив частину цього острова й підняв величезну хвилю – цунамі. За іншою версією загибель цієї цивілізації пов'язана зі страшною навалою ворогів. Деякі вчені схиляються до думки, що винуватцями катастрофи були греки-ахейці, які вторглися на Крит з материкової Греції. Проте й донині в науці нема однозначної відповіді на запитання про кінець мінойської цивілізації.

### 3.3.2. Ахейська (мікенська) цивілізація

У 1870 р. німецький підприємець та археолог Г. Шліман розкопав і дослідив руїни давньої Трої, Мікен, Тиринфа. Дослідження археолога допомогли описати давньогрецькі міста й палаци правителів і довели наявність високо розвинутої ахейської (мікенської) цивілізації.

Творцями мікенської культури були греки-ахейці, які вторглися на Балканський півострів на межі 3–2 тис. до н. е. з півночі, з Придунайської низовини. Характерні риси мікенської культури дають підстави вважати, що вона виникла на грецькому ґрунті й була успадкована від найдавніших культур цього району епохи енеоліту й ранньої бронзи.

Місто Мікени ахейці заснували в 19 ст. до н. е. Захопивши в 16 ст. до н. е. острів Крит, ахейці вивезли звідти не лише предмети мистецтва, а й найкращих критських майстрів. І вже через 100 років новий палац у Мікенах був прикрашений фресками в критському стилі. На цій підставі, а ще й тому, що палац мікенського царя, так само як і критський палац, був центром, навколо якого зосереджувалось усе життя міста, цивілізацію назвали палацовою.

Часом розквіту мікенської цивілізації можна вважати 15–13 ст. до н. е. У цей час зона її поширення охоплювала весь Пелопоннес, Центральну Грецію (Аттику, Беотію, Фокіду), значну частину Північної Греції (Фессалію), а також багато островів Егейського моря.

Близько 1270 р. до н. е. царі грецьких міст-держав на чолі з мікенським царем Агамемноном розпочали тривалу війну проти Трої. Після перемоги над Троєю Мікени починають втрачати свій вплив на ахейські міста-держави. Їхній союз розпадається. Ослабленням роз'єднаних ахейських держав скористалися дорійці – племена, що постійно загрожували їхнім кордонам. У середині 12 ст. до н. е. вони захопили територію Греції.

На відміну від ахейців, дорійці не переймали культуру завойованих народів, а нищили її. Захоплені квітучі міста ахейців – Мікени, Афіни, Тиринф, Пілос та інші були зруйновані. Учені, митці й ремісники змушені були залишити батьківщину. Поступово занепали торгівля, кораблебудування, зруйнувалося те, чим пишались ахейці, – водогони, дороги, мости й палаци. Зникли фрески, була забута писемність. Людей, які вміли писати й читати, переслідували як злочинців або чаклунів. Отже, усі досягнення ахейської палацової цивілізації були втрачені, а грецьку культуру було відкинуто на століття назад.

### 3.3.3. Греція „гомерівського” періоду

Гомерівський період – період в історії Греції, що охоплює 12–8 ст. до н. е. та який почався із занепадом мікенської палацової цивілізації, а закінчився із початком доби розквіту давньогрецьких полісів.



Відомості про цей період убогі й суперечливі. Єдиним джерелом вивчення цієї епохи є поеми Гомера „Іліада” й „Одіссея”, через що ця доба в історії Греції й названа за іменем великого поета. Гомерівські свідчення істотно доповнює й розширює археологія. Розкопки показали, що так зване дорійське завоювання відкинуло Грецію на кілька століть назад, майже до того стану, в якому вона перебувала на початку 2 тис. до н. е., до зародження мікенської цивілізації. Замість рабовласницької держави знову утвердилася родова община, морська торгівля занепала, заростали травною вцілілі від руйнування царські палаци, канули в забуття мистецтва, ремесла, писемність.

Увесь гомерівський період був періодом у повному розумінні цього слова безписемним. Разом із крахом усієї системи бюрократичного управління відпала потреба в письмі, яке обслуговувало потреби цієї системи. І воно було надовго забуте. Після значної перерви відомі науці грецькі написи з’явилися лише в другій половині 7 ст. до н. е., при цьому в них використовувався вже новий алфавіт.

Політичним та економічним центром общини був так званий поліс. *Поліс* – місто-держава, община громадян, з власними органами управління, законами, армією, судом. „Державним” кордоном, що відокремлював одну общину від іншої, слугували, зазвичай, море й найближчий гірський кряж. Уся Греція постає перед нами як країна, роздроблена на багато дрібних самоврядних округів. Реальна влада зосереджувалася на той час у руках найбільш могутніх і впливових представників родової знаті, яких Гомер називає басилеями. При всій могутності й багатстві басилеїв їхня влада не може вважатися царською владою в повному значенні цього слова.

Гомерівський період посідає особливе місце в грецькій історії. Попри зовнішню видимість спокою й застиглості, в надрах тогочасного грецького суспільства триває запекла боротьба нового зі старим, відбувається інтенсивне руйнування традиційних норм і звичаїв родового ладу й не менш інтенсивний процес утворення класів і держав. Величезне значення для поступального розвитку грецького суспільства мало корінне оновлення технічної бази. Воно нерозривно пов’язане зі значним поширенням заліза та його впровадженням у виробництво. Успішний розвиток господарського життя поглибив поділ суспільства на багатих і бідних. До влади прийшли аристократи. Загострилася боротьба аристократів за владу в полісах, а також боротьба між багатими й бідними. Переможені в цій боротьбі змушені були залишати батьківщину й шукати кращої долі на чужині. Процес освоєння греками нових земель, який тривав протягом 8–6 ст. до н. е., дістав назву „Велика грецька колонізація”. Греки заснували велику кількість колоній: Неаполь у Південній Італії й Сиракузи на о. Сицилія; Массалію у Франції; Візантій, Синопу у Малій Азії; Херсонес, Тіру, Ольвію в Північному Причорномор’ї (Україна). Міста, які були засновниками колоній, називалися *метрополіями*.

Усі ці важливі зрушення підготували ґрунт для переходу грецьких полісів на зовсім новий шлях історичного розвитку, вступивши на який, вони

протягом трьох – чотирьох найближчих століть досягнуть ще небачених в історії людства висот культурного й соціального прогресу, залишивши далеко позаду всіх своїх сусідів як на сході, так і на заході.

### 3.3.4. Стародавня грецька цивілізація

Греки зробили величезний внесок у світову скарбницю мистецтва й літератури, природознавства та філософії. Грецьке суспільство вирізнялося високим рівнем грамотності. На основі грецького алфавіту в стародавній період було створено латинський алфавіт, а згодом – слов'янську абетку – кирилицю. Таким чином, писемність усієї нинішньої Європи, Америки, Австралії, значної частини Азії та частково Африки має давньогрецьку основу.

Особливих успіхів досягла грецька наука в галузі математики, насамперед, завдяки Піфагору та його учням. Крім усім відомої „теореми Піфагора”, до наукових досягнень ученого відноситься відкриття поняття про ірраціональність. Існують відомості про те, що Піфагор обстоював думку про кулеподібність Землі та її обертання навколо власної осі. При цьому в своїх космологічних поглядах Піфагор був геоцентристом. На його думку Земля була центром Всесвіту. Основою всього існуючого Піфагор вважав число. Учні та послідовники Піфагора розглядали весь Всесвіт як гармонію чисел та їхніх відношень. Аналізуючи характер піфагорейської математики, більшість істориків вважає, що основна заслуга Піфагора та його послідовників полягає в піднесенні цієї спеціальної галузі знання на рівень суто абстрактно-теоретичної науки. Піфагор першим започаткував умовивід про загальні властивості чисел і геометричних фігур. У нього вперше математика набуває переважно демонстративного характеру. Саме в осмисленні й утвердженні категорії кількості й полягає заслуга піфагореїзму. Кожна річ і її властивості мають певну міру, ступінь зростання, мінливості, насиченості своїх якостей. Ступінь мінливості визначеної якості і є її кількістю. Не можна осягнути річ у її сутності й у її цілісності без виявлення кількісних характеристик, а їх можна осягнути за допомогою математики. Піфагорейці заклали основи такого уявлення про світ і його пізнання, відповідно до якого математичні знання (про числа й взаємозв'язки між ними) є найважливішою умовою, ключем до пізнання природи. Починаючи з Піфагора, в історії культури розвивається установка на широкий розвиток математичних досліджень.

У галузі астрономії піфагорейці розробили вчення про кулястість Землі, теорію кліматичних поясів, учення про рух Землі навколо центрального вогню (тим самим вони вперше відмовилися від геоцентричної точки зору), установили розбіжності між рухом планет із заходу на схід і їхнім добовим рухом зі сходу на захід.

Піфагореїзм уперше висунув і ретельно розробив дві фундаментальні ідеї, що справили серйозний вплив як на майбутнє самої філософії, так і на

подальший розвиток спеціальних, окремих наук: тезу про особливу, виняткову роль математичного знання в системі наукового пізнання в цілому й положення про органічну спорідненість, істотну близькість власне математичного й філософського знання. Ці дві ідеї стали дороговказом для Платона, Галілея, Кеплера.

Для Стародавньої Греції був характерний і розвиток механіки. Проте не у всіх сферах господарства цей напрямок розвивався стрімко. Зокрема, у сільському господарстві розвиток і поширення механічних пристосувань гальмував рабовласницький характер економіки. До важеля й клина в елліністичну епоху додаються лише блок і гвинт; у виноробстві й маслоробстві використовували прес; для піднімання й горизонтального пересування ваги застосовували коловорот. Більш складні механічні знаряддя застосовували порівняно рідко. Рівень розвитку техніки був значно вищим у військовій та морській справі. Ці види діяльності існували без (або майже без) застосування рабської праці. Значним стимулом для удосконалення механічних пристроїв був також розвиток торгівлі та ремісницького виробництва (види діяльності вільних громадян).

Уже на ранніх стадіях розвитку грецької філософії можна виявити початки двох принципово різних механічних концепцій – кінетичної і динамічної. Перша з них зводилася до таких положень: матерії не властивий самостійний рух – сама по собі вона може лише перебувати в спокої; рух матерії спричинюється впливом на неї активних рушійних начал – сил, що існують незалежно від неї і діють ззовні. З погляду кінетичної концепції, у природі немає яких-небудь особливих начал руху, не пов'язаних із матерією: матерія здатна до самостійного руху.

В епоху античності відбулося виділення статички в особливу теоретичну дисципліну, яку древні називали „мистецтвом зважувати” й ставили поряд з арифметикою („мистецтвом рахувати”). Статика належала до тих природничо-наукових дисциплін, які у Стародавній Греції зазнали найбільшої математизації. З античною епохою пов'язане зародження в статистиці двох напрямків: кінематичного й геометричного. Перший напрямок, очевидно, виник на основі практики використання простих механізмів (важеля, похилої площини й ін.) для пересування й піднімання вантажів. Другий напрямок розвивався у зв'язку з необхідністю розрахунків умов рівноваги, коли йшлося про архітектурні конструкції: балки, плити й т. ін., підперті в одній чи кількох точках, а також рівновагу підвішених важких тіл, тобто усіляких різновидів тягарів. Завдання полягало в тому, щоб звести задачу до схеми нерухомого й урівноваженого важеля. З геометричним напрямком статички пов'язане виникнення поняття центру ваги.

Активне розселення греків на великих просторах і поживлене судноплавство в Середземному й Чорному морях сприяли розвитку географії. З часом греки складають описи Індії, Північного Причорномор'я, Близького Сходу, Єгипту, Месопотамії, Персії і навіть північного узбережжя Німеччини, Британії та прилеглих до неї островів.

Небачених висот сягнули в Греції живопис, театр, література.

У рамках давньогрецької натурфілософії панувала ідея про те, що всі предмети навколишнього світу складаються з елементарних начал („стихій”): вогню, води, повітря й землі. Так, давньогрецький філософ Геракліт Ефеський вважав першоосновою вогонь. Фалес Мілетський, засновник мілетської школи, вважав, що початком всього є вода. Він був одним з перших учених античності, що залишили вагомий слід в історії астрономії й математики. Фалес став популярним завдяки пророкуванню сонячного затемнення, визначенню сонцестояння й рівнодення, відкриттю того факту, що Місяць світить не власним випромінюванням, а відбитим світлом. З ім'ям ученого пов'язують винахід способу вимірювання висоти пірамід за довжиною їхньої тіні. Він увів календар з тривалістю року в 360 днів і поділом його на 12 тридцятиденних місяців. Учень Фалеса Анаксімен визнавав за основу усього суцього повітря, що має здатність розріджуватися й стискатися. Різним ступенем його розрідження й ущільнення він пояснював виникнення всіх тіл навколишнього світу: розріджуючись, повітря стає вогнем, стискаючись – хмарами, водою та землею. Вважав, що рух повітря, який створює розмаїття світу, відбувається вічно. В галузі астрономії він першим серед грецьких учених установив відмінності між нерухомими зірками й планетами. У метеорології Анаксімен сформулював вражаюче близькі до сучасних пояснення природи снігу, граду, блискавки. Інший учень Фалеса Анаксимандр відмовився приймати за першооснову світу будь-яку із стихій. Першоосновою світоутворення він вважав міфічну першоречовину, якій він дав назву „алеїрон”. Анаксимандр вважав „апейрон” спочатку невизначеною туманною масою, що знаходилася в постійному круговороті, з якого й утворилося все різноманіття світу. Вважав, що виникнення речей відбувається не через якісну зміну стихій, а внаслідок того, що боротьба протилежностей спричинює вічний рух. Загальнокосмологічна картина світу за Анаксимандром полягала в ідеї, що Земля – центр Всесвіту. Її оперізують три вогняних кільця: сонячне, місячне й зіркове. Ці кільця вкриті повітряною оболонкою, і, коли вона розривається, людина бачить небесні світила. На відміну від Фалеса, який уявляв Землю плавучим островом в океані, Анаксимандр стверджував, що планета перебуває в світовому просторі, ні що не спираючись. На думку американського дослідника античності Кана, це було найбільш значне досягнення наукової думки мілетської школи.

Від праць легендарного давньогрецького вченого Гіппократа у галузях анатомії, фізіології, ембріології бере розвиток сучасна медицина. Гіппократ та його послідовники розвивали уявлення про природні причини захворювань, що залежать від зовнішніх умов, стану організму, способу життя. Учений скерував медицину на шлях наукового дослідження хворого та здорового організму, наголошуючи на тому, що вивчення будови тіла людини є першоосновою медицини.

Одне з найбільш значних інтелектуальних досягнень Стародавньої Греції є атомістичне вчення – система атомізму Левкіппа і Демокріта.

Основна ідея вчення полягає в тому, що всі предмети матеріального світу утворюються з атомів різних форм і різного порядку їх сполучень (подібно тому, як слова утворюються з букв). З атомів, вважав Демокрит, утворюються не тільки оточуючі нас предмети, але й цілі світи, яких у Всесвіті незліченна кількість. При цьому одні світи ще тільки формуються, інші – знаходяться в розквіті, а треті вже руйнуються. Нові тіла й світи виникають від складання атомів. Знищуються вони внаслідок розкладання на атоми.

Грандіозним універсальним синтезом усіх досягнень давньогрецької полісної культури й одночасно духовною платформою культури еллінізму є Аристотелівське вчення. Аристотелів спадок налічує тільки близько 30 творів (трактатів) про природу (природні явища, природне середовище, природу рослин, тварин і людини), серед яких „Фізика”, „Про небо”, „Метеорологія”, „Про виникнення і знищення”, „Про космос” (авторство під сумнівом), „Про довге і коротке життя”, „Про юність і старість, про життя і смерть”, „Про дихання” (авторство під сумнівом), „Про душу”, „Політика й економіка”, „Про пам’ять і пригадування”, „Про пророкування уві сні”, „Історія тварин”, „Про частини тварин”, „Про рухи тварин”, „Про розподіл тварин”, „Про виникнення тварин”, „Про рослини” (авторство під сумнівом, твір не зберігся) тощо. Перед тим, як почати заняття загальними науками, Аристотель вивчав рослини і тварин, намагаючись узагальнити досвід Нікомаха, що в майбутньому розвинулося в окремі роботи про органічну природу, зокрема тварин. На підставі численних спостережень Аристотель поділив тварин на 2 групи, що приблизно відповідають групам хребетних і безхребетних, заклав основи описової і порівняльної анатомії, описав 454 види тварин. Тому в біології Аристотеля вважають батьком зоології (батьком ботаніки був Теофраст). Аристотеля також вважають родоначальником психології. Про психологію як частину фізики говориться у „Метафізиці”. Так: „розглянувши душу, ми бачимо, що у деяких випадках вона складає предмет фізики, а саме, коли справа йде про ту частину душі, що не існує без матерії”, адже, відповідно до визначення Аристотеля, фізика „має справу з таким буттям, що здатне до руху, і з такою сутністю, що у переважній мірі відповідає поняттю, однак же не може існувати окремо від матерії”. Але не вся душа зв’язана з матерією, а тільки частина її – якби було не так, то „тоді, крім науки про природу, не залишалось ніякої філософії”. Але це не означає, що усе в природі одухотворене; одухотворене лише живе. За своїм предметом психологія збігається з біологією. Обидві науки вивчають живе, але біологія вивчає його в аспекті формальної і матеріальної причини, а психологія – цільової і рушійної, а це і є предмет душі. Філософ надає більшу перевагу психології, ніж біології, говорячи, що „тому, хто займається теоретичним розглядом природи варто говорити про душу більше, ніж про матерію, оскільки матерія швидше є природою через душу, ніж навпаки”.

Учення про матерію та форму є основою природничо-наукових поглядів Аристотеля. Світ складається з речей, кожна окрема річ є поєднанням матерії та форми. Матерія сама по собі є безформним,

хаотичним, пасивним началом; це матеріал, тобто те, з чого виникає річ, її субстрат. Щоб стати річчю, матерія повинна набути форми – якогось ідеального, конструктивного, моделюючого начала, що надає речам визначеності, й конкретності. Як матерія, так і форма є вічними. За Аристотелем, кожна річ – це поєднання матерії та форми. При цьому матерія даної речі є, у свою чергу, є формою для матерії тих елементів, з яких ця річ складається. Першоматерія позбавлена усякої форми, усяких властивостей і якостей. Це субстанція, що не має визначеності. Поєднуючись з найпростішими формами, вона утворює перші елементи, з яких складаються всі речі. Найпростіші форми – тепле, холодне, сухе, вологе. У поєднанні з першоматерією вони утворюють чотири першоелементи: вогонь, повітря, воду й землю. Першоелементи у світі розташовані у визначеному порядку, який задає структуру Космосу. Однак саме формі, а не матерії Аристотель явно віддає перевагу, переконаний у тому, що саме в ній, а не в пасивній матерії міститься джерело індивідуалізації та діяльності.

В аристотелівській натурфілософії фундаментальне місце посідає вчення про рух. Рух Аристотель трактує в широкому розумінні як зміну взагалі, розрізняючи зміни якісні, кількісні та зміни в просторі. Крім того, у поняття руху він включає психологічні й соціальні зміни. Поняття руху містить у собі також перехід з одного стану в інший, наприклад, з буття в небуття. Механічний рух, тобто зміну в просторі, Аристотель розглядає як окремий випадок руху взагалі. На основі розрізнення чотирьох причин (матеріальна, діюча, формальна, фінальна) Аристотель порушує питання про джерела руху. Матерія сама по собі є пасивним началом і нижчим стосовно форми; матерії саморух не властивий. Згідно з твердженнями атомістів, у порожнечі тіла можуть зберігати наявний рух сам по собі, без зовнішніх імпульсів. На противагу цьому, у вченні Аристотеля центральним пунктом є ідея аморфності, пасивності матерії. На перший план висувається відмінність між тим, що рухається, і тим, що спонукає до руху. Ці два начала Аристотель розрізняв навіть у живих тілах, здатних до самостійного руху. Живі тіла також потребують якогось спонукання до руху; відмінність лише в тому, що неживі тіла мають джерело руху ззовні, у той час як живе тіло має таке джерело в самому собі. Аристотель виділяє рухи прямолінійні, або обмежені, й кругові, або необмежені. Круговий рух, який він вважав „досконалим”, властивий небесним тілам. Крім цього, Аристотель розрізняє два види рухів: „природний” і „примусовий”. „Природні” рухи відбуваються самі по собі, без усякого втручання ззовні. „Примусові” рухи для свого здійснення потребують такого втручання.

На відміну від представників елейської школи (Ксенофан, Парменід, Зенон), Аристотель вважав рух вічним. Але він не погоджувався зі стародавніми атомістами: матерія не здатна до самостійного руху. При цьому Аристотель визнавав існування першодвигуна, який повинен бути або нерухомим, або здатним до самостійного руху. В останньому випадку потрібно розрізняти в ньому те, що рухається, і те, що спричинює рух. А так

як двигун у тілі, здатному до самостійного руху, уже нічим не приводиться в рух, то сам він повинен бути нерухомим, і, отже, якщо розглядати ланцюг, у якому будь-яка наступна ланка є спонукувана до руху, то перша ланка цього ланцюга повинна бути споконвічним „первинним нерухомим двигуном”. Первинний нерухомий двигун, на думку Аристотеля, породжує прості, однорідні, неперервні й нескінченні рухи. Обертальні рухи небесних сфер є прикладом таких вічних неперервних і досконалих рухів. Існування нерухомих вічних двигунів аргументується також посиленням на вічність руху: якби не існувало першоначал руху, нерухомих і вічних за своєю природою, то рух не міг би бути вічним. Таким чином, вічним в Аристотеля є тільки обертальний рух небесних сфер, та й він немислимий без першодвигуна. У земних же умовах рух (місцевий рух) відбувається за згаданим уже принципом, що став догмою середньовічної науки: „з припиненням причини припиняється її наслідок”.

Сила для Аристотеля – причина руху, і вона повинна постійно підтримувати рух. Але тоді виникає питання: чим же підтримується рух у тілах, що відірвалися від причини, що примушує їх рухатися? Аристотель відзначає, що коли ми штовхаємо тіло по площині, наприклад кулю на столі, то одночасно надаємо рух й повітрю, яке його оточує. У порожнечу, що утворюється за рухомою кулею, спрямовується повітря й неначе підштовхує її. Через це куля не зупиняється миттєво після припинення дії сили, а якийсь час рухається внаслідок впливу навколишнього середовища. Повітряне середовище в даному випадку є активним началом руху, адже якби його не було, тіло повинно було б миттєво опинитися в стані спокою.

Аристотель розглядає також питання і про опір руху (переміщенню) з боку середовища, в якому рухається тіло, і з боку тіла. „Чим менше тіл у навколишньому середовищі, в якому відбувається рух, тим менший опір воно чинить, і чим легше воно розчленовується, тим швидше переміщення. Отже, швидкість стає нескінченно великою, коли опір дорівнює нулю, а останнє можливе тільки в порожнечі”. Таким чином, будь-який рух можливий лише в наповненому просторі. Тому Аристотель заперечує існування порожнечі. Другий аргумент на користь неможливості порожнечі Аристотель висуває, вивчаючи падіння тіл, тобто „природний” рух, зумовлений прагненням важкого тіла до свого природного місця”. Усе, за винятком вогню, має „вагу”, перебуваючи у своєму „природному місці”. Аристотель вважав, що із двох тіл з однаковим об’ємом і формою, падає в повітрі швидше те, в якого більша вага. Неоднакова швидкість падіння в матеріальному середовищі зумовлена тільки тим, що більш „важкі” тіла з однаковими об’ємом і формою легше „розділяють середовище своєю силою”. Якщо ж розглядати рух тіла в порожнечі, то ця умова не має смислу. Отже, у порожнечі всі тіла повинні мати однакову швидкість, але це неможливо. Тому Аристотель відкидає вчення атомістів про існування абсолютно порожнього простору.

Простір для нього – величина, неперервна щодо протяжності, а час – неперервний щодо послідовності. Простір Аристотеля – фізичний простір,

властивості й сутність якого пов'язані з фізичним буттям матерії. Аристотель визначає „місце” не як об'єм, яке займає тіло в абсолютному, тобто існуючому незалежно від тіл просторі, а як межі тіла, що має об'єм. Місце не може бути чимось таким, що належить предмету. Воно не може бути ні його матерією, ні формою, тому що матерія і форма невіддільні від предмета, у той час як місце змінюється в процесі руху. Про місце можна говорити лише за наявності двох тіл: такого, що займає об'єм, і такого, що має об'єм. Простір, який розглядається як сукупність місць, є наповненим; там, де є місце, повинен бути наповнений простір, тому що місце і є не що інше, як межі матеріального середовища з певним об'ємом. До порожнечі поняття місця узагалі є незастосовним. На думку Аристотеля, порожній простір атомістів є лише абстракцією виключно геометричних властивостей реального фізичного простору. Відкидаючи існування порожнього простору, Аристотель заперечує й існування „чистого”, чи „порожнього”, часу. Разом з тим він виявив тонкі відмінності між часом і рухом. Аналізуючи поняття часу, Аристотель зауважує, що деякі вчені неправильно сприймали обертання неба як сам час; насправді це обертання є засобом для вимірювання часу. Якщо рух не може існувати без часу, то і час не існує без руху.

У космології Аристотеля Земля є центром Всесвіту, вона нерухома і має сферичну форму. Навколо Землі розподілені вода, потім – повітря, далі – вогонь. Вогонь простягається до орбіти Місяця – першого небесного тіла. Вище Місяця – надмісячний, божественний світ, що принципово відрізняється від світу підмісячного; там діють інші закономірності. У цьому світі всі тіла складаються з ефіру. Ефір незмінний, він не перетворюється на інші елементи. Небесні тіла обертаються навколо Землі по колових орбітах, вони прикріплені до матеріальних сфер, які обертаються й складаються з ефіру. Існують сфери Місяця, Меркурія, Венери, Сонця, Марса, Юпітера, Сатурна і сфера нерухомих зірок. За останньою знаходиться першодвигун – Бог, який і є джерелом руху для сфер. Космос – скінченний і вічний; він ніколи не створювався й ніколи не зникне, ніколи не виникав і є принципово незнищеним. Відповідно до вчення Аристотеля, планети повинні рухатися по колових орбітах і, напевно, з постійною швидкістю, тому що „коловий рух завжди відбувається рівномірно, адже він має незнищенну причину”. Звідси й схема геоцентричної системи. Але ця система, хоч і дуже ефективна, суперечить даним спостережень; вона неспроможна зрозуміло пояснити справжній рух планет. Це завдання поставив перед собою Птолемей. Як поєднати „принцип інерції Аристотеля” з реальним світом? Як описати реальний світ, спираючись лише на основи кінематики? Вихід зі здавалося б безнадійної ситуації був дуже дотепний. Потрібно припустити, що по колу навколо центра світобудови (Землі в системі Птолемея) рухається не сама планета, а лише центр іншого кола, названий епіциклом. Планета ж рухається по епіциклу з тією ж кутовою швидкістю за величиною, але зворотною за напрямком, з якою центр епіциклу рухається по основній орбіті, названій деферентом. У результаті таких побудов виявилось, що планети, як і раніше,



рухаються по колу (воно називається ексцентром), але центр його зміщений щодо Землі. У такий спосіб було встановлено важливу кінетичну еквівалентність схем руху епіциклу по деференту й руху ексцентра. Але ця проста схема описувала лише шлях Сонця, що завжди рухається по небу в одному напрямку, не повертаючи назад. Кутова швидкість руху Сонця по ексцентру (щодо його центра) вважалася постійною. Тоді, мабуть, кутова швидкість руху, що спостерігається із Землі, виявиться змінною. Так просто пояснювалася перша нерівність. Для планет теорію потрібно було ускладнити. У кінцевому підсумку для опису руху планет треба було вводити майже 40 різних колових рухів. Схема, таким чином, була складною. Однак, вона дозволяла досить точно передбачати положення Сонця й планет і тому задовольняла всіх. На той час найважливішим було обчислення руху Сонця й Місяця, а для цього теорії Птолемея було цілком достатньо.

Важливий внесок у розвиток тогочасного природознавства зробили представники Александрійської математичної школи. Біля її витоків стояв відомий математик Евклід. Усі математичні досягнення того часу він звів у систему в своїй праці „Начала”. Це найстаріший грецький математичний трактат, що зберігся до наших днів. Розроблений Евклідом метод аксіом дозволив йому створити геометрію. Універсальною вченістю вирізнявся Ератосфен, роботи якого були присвячені не тільки математиці, а й астрономії, географії, історії, філософії і філології. Особливо відомі його роботи з визначення розмірів земної кулі. В Александрійській школі працював і Нікомед, відомий відкриттям алгебраїчної кривої конхоїд. До основ аналітичної і навіть проєктивної геометрії безпосередньо підійшов Аполлоній Перзький. У цій школі починав свій науковий шлях і Архімед. Він створив основи тригонометрії, вирішив низку задач з обчислення площ поверхонь і об’ємів, визначив значення числа  $\pi$  (пі). Найбільшої популярності набув основний закон гідростатики та аеростатики – закон Архімеда. Розвиток механіки був також пов’язаний із іменами Герона Александрійського та Марко Полліона Вітрувія.

### **3.3.5. Стародавня римська цивілізація**

Стародавній Рим – одна з цивілізацій Давнього світу та античності – отримала свою назву від головного міста – Рима, яке в свою чергу назване на честь легендарного засновника – Ромула.

Стародавній Рим був цивілізацією, яка виросла з маленької землеробської громади, заснованої на Апеннінському півострові ще в 10 ст. до н. е. Центр Риму сформувався в межах болотистої рівнини, обмеженої Капітолієм, Палатином і Квіріналом. Розташована вздовж Середземного моря, Римська держава з часом стала однією з найбільших імперій Давнього світу. Піку своєї могутності Стародавній Рим досяг у 2 ст. н. е., коли під його

контролем опинилися території від сучасної Шотландії на півночі до Ефіопії на півдні, від Вірменії на сході до Португалії на заході.

Великий вплив на становлення давньоримської цивілізації мала культура етрусків (давні племена, що населяли в 1-ому тисячоріччі до н. е. північний захід Апеннінського півострова) та давніх греків. У етрусків римляни запозичили більшість букв свого алфавіту, деякі прийоми будівництва, ряд обрядів (наприклад, гладіаторські бої). Символ Риму – бронзова статуя вовчиці – виконана етруським майстром. Етрусською була й остання з царських династій.

Простежувався й грецький вплив на римську культуру: вивчалася грецька філософія, література, знання грецької мови стає обов'язковим для грамотної людини, копіюються грецькі скульптури. Давньоримську цивілізацію разом із Давньою Грецією, як правило, об'єднують у поняття „класичної античності”.

Сучасному світові Стародавній Рим подарував римське право, деякі архітектурні форми та рішення (наприклад, хрестово-купольну систему) й безліч інших нововведень (наприклад, колісні водяні млини). Християнство як релігія народилося на території Римської імперії. Давньоримська наука дістала у спадок низку грецьких досліджень, але на відміну від них (особливо в сфері математики та механіки) набула переважно прикладного характеру. Через це всесвітнього поширення набули саме римська нумерація та юліанський календар. Особливого розквіту досягли юриспруденція та сільськогосподарські науки.

Помітним внеском римської науки було створення цілого ряду енциклопедичних робіт, що систематизували знання, накопичені в різних галузях. Так, основні ідеї античної матеріалістичної думки про атоми, про смертність душі, незалежність природи від волі богів викладає Тіт Лукрецій Кар в науково-просвітницькій поемі „Про природу речей”. Найвизначнішими представниками природознавства були вчені-енциклопедисти Пліній Старший (23–79 рр.), Марк Теренцій Варрон (116 р. до н. е.–27 р. н. е.) і Луцій Анней Сенека (4 р. до н. е.–65 р. н. е.). Класична праця з географії належить Страбону (64 р. до н. е.–24 р. н. е.), що зібрав в своїй „Географії” всю відому на той час інформацію про країни й народи – від Британії до Індії. Птолемей (87–165 рр.), узагальнюючи астрономічні спостереження, розробив геоцентричну модель світу, яка залишалася пануючою аж до Нового часу.

Давньоримська філософія розвивалася переважно у фарватері грецької, з якою вона була в значній мірі пов'язана. Популярність отримали, насамперед, морально-етичні вчення. Майже офіційною доктриною римської держави став стоїцизм, який бачив мету філософії в тому, щоб указати шлях до щастя. Великим представником цього напряму був Сенека. Він розробляв проблеми практичної моралі: подолання страху смерті, важливість стриманості, етична рівність людей. Філософська розробка такого кола ідей дозволяє вважати вчення Сенеки одним з джерел християнської етики.

Видатних успіхів досягла римська наука в сфері медицини. Серед видатних медиків Стародавнього Риму можна відзначити: Діоскоріда – фармаколога та одного із засновників ботаніки, Сорана Ефеського – акушера й педіатра, Клавдія Галена – талановитого анатома, який розкрив функції нервів і головного мозку. Галену належить перша в історії науки концепція кровообігу. Вагомий внесок також зробили Скрибоній Ларг, Марцел Емпірик, Секстій Нігер.

З урахуванням особливого ставлення римлян до своєї держави винятково важливу роль відіграла історична наука. У Давньому Римі історики, як правило, займали високе суспільне положення й брали активну участь у політичному житті. Історичні твори належать перу Юлія Цезаря („Записки про галльську війну”). Близьким до Октавіана Августа був Тит Лівій, твори якого є часто єдиним джерелом для вивчення цілих періодів в історії раннього Риму. Тацит „намалював” картину римської історії часів Імперії, приділивши значне місце опису варварських племен, що нападали на Рим, згадавши серед інших і венедеїв (одна з назв слов'янських племен).

Стародавній Рим відзначався вражаючими технологічними здобутками, більшість з яких будуть втрачені в Середні віки та відроджені тільки у 19–20 ст. Римська інженерна справа сприяла спорудженню сотень доріг, мостів, акведуків, лазень, театрів та арен. У 1 ст. до н. е. римляни починають широко використовувати бетон, який винайшли наприкінці 3 ст. до н. е. Вони також зробили значний прогрес у поліпшенні санітарних умов. Особливо відомі римські публічні лазні (терми), які використовувалися як для гігієнічних, так і соціальних потреб. Багато римських осель мали зливні туалети, хатні водопроводи та комплексну систему каналізації, яка осушувала місцеві болота й переносила відходи до Тибру. Деякі історики припускають, що використання свинцевих труб у каналізаційній та водопровідній системах призвело до поширеного отруєння свинцем, яке сприяло зниженню народжуваності та загальному занепаду римського суспільства, результатом якого й стало падіння Римської імперії.

## РОЗДІЛ 4. КОНЦЕПЦІЇ ВИНИКНЕННЯ ТА ЕВОЛЮЦІЇ ВСЕСВІТУ

### 4.1. Гіпотези про народження Всесвіту

*Всесвіт* – це весь існуючий матеріальний світ, безмежний у часі й просторі та нескінченно різноманітний за формами, які приймає матерія в процесі свого розвитку. Частина Всесвіту, охоплена астрономічними спостереженнями, називається Метагалактикою. Розміри Метагалактики дуже великі: радіус космологічного горизонту становить 15–20 млрд світлових років і нікому не відомо, наскільки він великий за межами видимої частини.

У вужчому сенсі під Всесвітом розуміють світ небесних тіл із законами їхнього руху та розвитку, їхній розподіл у часі та просторі. Матерія у Всесвіті розподілена вкрай нерівномірно, значна частина її зосереджена в окремих щільних космічних тілах: галактиках, зірках і туманностях. Відстані між космічними об'єктами, як правило, вимірюють в астрономічних одиницях, у світлових роках, в парсеках.

Будова та еволюція Всесвіту вивчається *космологією*. Космологія – один з розділів природознавства, який за своєю суттю знаходиться на стику наук, насамперед фізики, математики й філософії.

На сучасному рівні космологічна наука дотримується гіпотези, яка пояснює виникнення Всесвіту внаслідок гігантського вибуху (так звана *теорія Великого вибуху*). Цю теорію запропонували в 20-их роках 20 ст. вчені О. Фрідман і Ж. Леметр, в 40-их рр. її доповнив і переробив Дж. Гамов. Вперше термін „Великий вибух” застосував британський астроном Ф. Хойл у своїй лекції в 1949 р.

Вважається, що 13–18 млрд років тому вся речовина Всесвіту була зібрана в непомірно малому об'ємі. Густина цієї речовини сягала десь  $10^{93}$  г/см<sup>3</sup>, а температура –  $10^{32}$  градусів. Такий особливий стан речовини в релятивістській фізиці (тій, що базується на спеціальній теорії відносності) називають сингулярністю. Формально тиск і температура в цей момент прямують до надзвичайно великих значень. Це означає, що стан речовини в стані сингулярності повинен описуватися якимись ще невідомими науці законами.

Якби там не було, вважають, що надщільна речовина існувала якусь мить ( $10^{-45}$  с), а далі стався грандіозний вибух і речовина сингулярності з фантастичною швидкістю почала розширюватися, а густина, відповідно, зменшуватися, внаслідок чого змінювався її стан і властивості.

Із початком стрімкого розширення Всесвіту виникають час і простір. Період „роздування” займає проміжок часу всього до 1 с від „початку”. Називається він інфляційним періодом. До кінця фази інфляції Всесвіт був холодним і порожнім. Але із закінченням цієї фази він став надзвичайно

гарячим. Цей сплеск теплоти зумовлений величезними запасами енергії, що містилася в „несправжньому” вакуумі (він мав енергію гранично високої щільності, якій відповідала гранично висока густина речовини). Коли цей стан вичерпав себе, його енергія вивільнилася у вигляді випромінювання, яке миттєво нагріло Всесвіт до 1027 К. Припускають, що із цього моменту Всесвіт розвивався відповідно до теорії гарячого Великого вибуху.

Розвиваючись у часі й просторі, Всесвіт пройшов через низку етапів: від гіпотетичних гравітонів через елементарні частинки (Х-бозони, адрони, протони, нейтрони, нейтрино, фотони тощо) до атомів, молекул, зірок, різного типу галактик і, врешті-решт, до сучасного світу.

Вважають, що саме Великий вибух надав усій матерії у Всесвіті руху й надважкі згустки речовини (матеріал для майбутніх галактик) з різними швидкостями розлетілись від центру, де вони колись були зібрані в сингулярність.

Головними доказами Великого вибуху є реліктове випромінювання та ефект Доплера.

*Реліктове випромінювання* – вид електромагнітних хвиль, що з’явився на зорі становлення Всесвіту. В ті далекі часи енергія електромагнітних хвиль була дуже великою (власне вона відповідала надвисокій температурі тодішньої речовини), але за роки безупинних мандрівок у Всесвіті їхня енергія сильно зменшилася й сьогодні вловлюється в діапазоні мікрохвиль, що відповідає випромінюванню тіла при температурі  $-273^{\circ}\text{C}$ , тобто температурі, яка панує в сучасному Космосі. Вивчаючи реліктове випромінювання, вчені доводять, що після зниження температури Всесвіту до  $-273,15^{\circ}\text{C}$  його подальше розширення припиниться, змінившись на стиснення. Іншими словами, вся речовина Всесвіту почне прямувати до якогось гіпотетичного центру й, урешті-решт, знову набуде стану сингулярності.

Суть *ефекту Доплера* полягає в тому, що коли джерело хвилі рухається від нас, то довжина такої хвилі здається більшою, ніж у випадку, коли джерело хвилі рухатиметься на нас. Давно відомо, що коли джерело звуку віддаляється від нас, частота звукових коливань, яка сприймається нами, зменшується, а при наближенні джерела вона, навпаки, зростає. Аналогічне явище має місце й при поширенні світла. В 1929 р. американський астроном Е. Хаббл на основі ефекту Доплера підтвердив розширення видимої частини Всесвіту. Закон, за яким швидкість віддалення галактик пропорційна відстані між ними, називається *законом Хаббла*. Спостерігаючи світло, що випромінюється далекими галактиками, він встановив, що спектральні лінії в їхньому випромінюванні зміщені в червону сторону спектра. При цьому, чим далі від нас галактика, тим більшим є цей „червоний зсув”. Звідси випливає, що галактики віддаляються від нас і швидкість їхнього віддалення тим більша, чим далі вони знаходяться. Але ж наша Галактика, з якої ми ведемо спостереження, аж ніяк не є центром світу, й, очевидно, потрібно вважати, що галактики або, точніше, скупчення галактик, віддаляються не від нас – всі

вони віддаляються одна від одної. Швидкості космологічного віддалення дуже великі. Якщо скупчення галактик знаходиться від нас на відстані, скажімо, тисячі мегапарсек, то за законом Хаббла воно віддаляється від нас зі швидкістю не менше 55 тис. км/с. Найдальші квазари мають швидкості віддалення, які лише трохи поступаються швидкості світла. Коефіцієнт розширення Всесвіту (постійна Хаббла) становить 75 км/с.

Експериментальною спробою довести чи спростувати теорію Великого вибуху є досліди з використанням адронного колайдера. *Великий адронний колайдер* – це найбільший у світі прискорювач елементарних частинок, розташований у 27-кілометровому підземному тунелі на глибині 100 метрів у Європейському центрі ядерних досліджень (CERN) поблизу Женеви. Колайдер призначений для прискорювання адронів, зокрема, протонів, а також важких іонів. Складну конструкцію запустили в 2008 р., щоб відкривати й досліджувати нові фізичні явища, перевіряти наукові теорії створення Світу. Зокрема, там шукають відомий *бозон Гігса* – так звану „частинку Бога”, яка, на думку фізиків, зможе пояснити, чому матерія має масу. У 2010 р. на великому адронному колайдері отримана кварк-глюонна плазма – стан речовини, що існував у Всесвіті через 0,0000000001 секунди після Великого вибуху. Кварк-глюонна плазма виникла в результаті зіткнень високоенергетичних важких іонів – ядер свинцю.

Тим часом, сама теорія народження Всесвіту в результаті Великого вибуху в даний час ставиться під сумнів деякими фахівцями. Можливо, Всесвіт існував і до нього, а Великий вибух – це всього лише подія, яка знаменує зародження нового циклу життя Всесвіту й регулярно повторюється. Цю теорію висунули професор Оксфордського університету Р. Пенроуз і професор Єреванського державного університету В. Гурзядян. Прийнято вважати, що через 300 тисяч років після Великого вибуху зародилося реліктове радіовипромінювання. Аналіз його слідів і наштотував професорів на їхню теорію. Висновки вчених зроблені на основі аналізу знімків радіаційного фону у Всесвіті, який вивчає „Зонд імені Вілкінсона для дослідження анізотропії мікрохвиль” (WMAP), запущений в 2001 році. Посилаючись на дані, отримані WMAP, вони виявили сліди випромінювання, пов’язані з ще більш давнім часом, ніж Великий вибух. На картах реліктового випромінювання вони знайшли 12 концентричних кіл, з яких деякі мають у своєму складі до п’яти кілець. Поділ кола на п’ять кілець означає, що в період існування об’єкта, який відображає це коло, було відзначено п’ять масштабних подій.

Концентричні кола виникають навколо галактичних скупчень. На думку Пенроуза й Гурзядяна, кола стали відображенням надзвичайно потужних гравітаційних хвиль радіації, викликаних зіткненнями гігантських чорних дір. Відбулися ж ці зіткнення в „попередній вічності” – до Великого вибуху. Це означає, що Всесвіт переходить з однієї „вічності” в іншу. Такий перехід супроводжується зіткненнями надгігантських чорних дір і Великими вибухами. У кінцевому підсумку чорні діри поглинуть всю матерію у

Всесвіті, вважає професор Пенроуз. Зі знищенням матерії залишиться лише енергія. А вона, зі свого боку, викличе новий Великий вибух і нову „вічність”.

## 4.2. Моделі Всесвіту

Для вивчення загальних закономірностей розвитку Всесвіту створюються космологічні моделі. Підставою для їх створення є рівняння загальної теорії відносності (ЗТВ), яку обґрунтував Ейнштейн у 1916 році. Утім, було встановлено, що основні характеристики космологічних моделей можна одержати також, виходячи з класичних рівнянь, що виражають (у диференціальній формі) закони збереження маси, імпульсу й енергії. Усього створено більше двадцяти моделей, які поділяються на дві великі групи – стаціонарні й нестаціонарні моделі. Розглянемо основні з них.

*Модель Ейнштейна.* У 1917 р. А. Ейнштейн виступив з гіпотезою про скінченний, але безмежний Всесвіт. Суть даної гіпотези полягає в наступному: припустимо, що речовина, з якої складаються планети, зірки й зоряні системи, рівномірно розсіяна у всьому світовому просторі. Тим самим ми припускаємо, що Всесвіт всюди однорідний і до того ж ізотропний, тобто в усіх напрямках має однакові властивості. Будемо вважати, що середня щільність речовини у Всесвіті вища від так званої критичної щільності. Якщо всі ці вимоги дотримуються, то світовий простір, як це довів Ейнштейн, замкнутий і являє собою чотирирівимірну сферу. Обсяг такого Всесвіту може бути виражений хоча й дуже великим, але все ж скінченим числом кубометрів. У принципі можливо облетіти весь замкнутий Всесвіт, рухаючись весь час в одному й тому ж напрямку. Така уявна подорож нагадує земні навколосвітні подорожі. Але скінченний за обсягом Всесвіт в той же час безмежний. Чи може об'єкт бути скінченим і не мати меж? Може. Наприклад, сфера: площа її скінченна, але меж у неї немає. Ще простіше – коло: довжина його теж скінченна, але ні початку, ні кінця в нього немає. Рухаючись по поверхні звичайної сфери чи вздовж будь-якого кола, ми зрештою потрапимо у вихідну точку, так і у Всесвіті Ейнштейна, рухаючись по прямій, ми повернемося до початкового положення. Разом з тим, скінченний у просторі Всесвіт неминуче йде до свого кінця в часі. Вічність йому не притаманна.

*Модель де Сіттера.* Це модель Всесвіту, який розширюється й у якому не існує речовини або випромінювання. Ця нереалістична гіпотеза мала, проте, історично важливе значення, оскільки в ній уперше висувалася ідея про розширення, а не статичність Всесвіту. В „майже порожньому” Всесвіті, тобто в такому Всесвіті, в якому можна знехтувати звичайним взаємним тяжінням галактик, останні можуть набувати великих швидкостей, віддаляючись одна від одної. Такий висновок одержав де Сіттер в 1917 р. У цей час йому були відомі швидкості тільки трьох галактик і він не міг прийти до якого-небудь певного висновку про справедливість своєї теорії. До

сьогоднішнього Всесвіту модель де Сіттера навряд чи застосовна: динаміка Всесвіту визначається звичайним тяжінням речовини. Але ця модель виявилася важливою для опису далекого минулого Всесвіту, коли він тільки починав розширятися.

*Модель Леметра.* Модель Всесвіту, який починається з Великого вибуху, що змінюється потім статичною фазою й наступним нескінченним розширенням. Модель названа іменем Ж. Леметра (1894–1966 рр.), який в 1927 р. опублікував роботу про розширення Всесвіту. Він першим запропонував розглядати процес розширення Всесвіту від стану „первинного атома”, у той час як Ейнштейн усе ще був прихильником теорії статичного Всесвіту.

*Модель Хойла.* У 1948 р. Ф. Хойл опублікував статті про стаціонарний Всесвіт. Стаціонарна модель була вічною. Відповідно до цієї моделі Всесвіт вічно розширюється, але його густина залишається постійною за рахунок „народження речовини” з особливого енергетичного поля.

*Модель Мілна.* Модель Всесвіту без використання загальної теорії відносності запропонована в 1948 р. Е. Мілном. Це ізотропний та однорідний Всесвіт, що розширюється й не містить речовини. Він має від’ємну кривизну й незамкнутий.

*Модель Фрідмана.* У 1922 р. радянський математик О. Фрідман (1888–1925 рр.), аналізуючи рівняння загальної теорії відносності Ейнштейна, дійшов висновку, що Всесвіт не може перебувати в стаціонарному стані – він повинен або розширюватися, або пульсувати. Спочатку ця робота (1922 і 1924 рр.) була повністю проігнорована, але пізніше на неї звернули увагу в зв’язку з моделлю Всесвіту Леметра. За Фрідманом Всесвіт може бути замкнутим, якщо густина речовини в ньому досить велика, щоб зупинити розширення. Цей факт привів до пошуку так званої „прихованої” маси. Докази на користь моделі розширення Всесвіту були отримані в 1926 р., коли американський астроном Е. Хаббл відкрив при дослідженні спектрів далеких галактик (існування яких було доведено в 1923 р. тим же Хабблом) червоне зміщення спектральних ліній, що свідчить про віддалення цих галактик. Після цього відкриття висновок Фрідмана про нестаціонарність Всесвіту отримав підтвердження й у космології утвердилася модель Всесвіту, що розширюється.

### **4.3. Погляди на майбутнє Всесвіту**

Розрахунки О. Фрідмана допускали три варіанти розвитку подій:

- 1) Всесвіт і його простір розширюються з плином часу;
- 2) Всесвіт стискається;
- 3) у Всесвіті чергуються через великі проміжки часу цикли стиснення та розширення.

За яким із них йде еволюція Всесвіту залежить від співвідношення гравітаційної енергії та кінетичної енергії речовини, що розлітається. Якщо



кінетична енергія розлітання речовини переважає над гравітаційною енергією, що перешкоджає розльоту, то сили тяжіння не зупинять розбігання галактик і розширення Всесвіту носить безповоротний характер. Цей варіант динамічної моделі Всесвіту називають „відкритим Всесвітом”.

Якщо ж переважає гравітаційна взаємодія, то темп розширення з часом сповільниться до повної зупинки, після чого почнеться стиснення речовини аж до повернення Всесвіту в початковий стан сингулярності (точковий об’єм з нескінченно великою щільністю), потім відбудеться новий Вибух. Для спостерігача сигналом переходу від розширення до стиснення стане зміна червоного зміщення ліній хімічних елементів у спектрах віддалених галактик на фіолетовий зсув. Такий варіант моделі названий „закритим Всесвітом”.

У випадку, коли сили гравітації точно рівні кінетичним силам, розширення не припиниться, але його швидкість з часом буде прагнути до нуля. Через кілька десятків мільярдів років після початку розширення Всесвіту настане стан, який можна назвати квазістаціонарним.

Прихильники пульсуючого Всесвіту вважають, що раніше або пізніше розширення припиниться, Всесвіт почне стискуватися й знову прийде в стан, що передує новому Великому вибуху. Все його існування – це чергування циклів розширення й стиснення. Таку гіпотезу розвиває академік М. Марков. На його думку, Всесвіт здатний пройти через сингулярність при стисненні й народитися знову. Народившись, він починає розширюватися, а пройшовши максимум розширення, починає стискатися, досягає нової сингулярності, проходить через неї й т. д. Майбутнє такого осцилюючого, або пульсуючого, Всесвіту вимірюється необмеженою, нескінченною кількістю космічних життєвих циклів. Необмежене й нескінченне також і минуле такого Всесвіту. Період циклу різними вченими оцінюється по-різному: від 60 млрд до 1000 млрд років. При переході через сингулярність можуть змінюватися деякі фундаментальні фізичні константи.

Теоретично можливим є й інший варіант пульсуючого Всесвіту: він допускає послідовне збільшення амплітуди осциляцій від циклу до циклу.

Якщо вважати Всесвіт таким простором, який не має зовнішнього припливу або відтоку тепла, то із часом відбудеться вирівнювання температури в усіх точках Всесвіту й припинення будь-якого руху й випромінювання. Такий стан Всесвіту називається *тепловою смертю*.

Теорія теплової смерті Всесвіту базується на другому законі термодинаміки. Відповідно до цього закону фізики тепло завжди переходить від більше нагрітого тіла до менш нагрітого. Тому якщо два дотичні тіла перебувають у замкненому просторі, то тепло почне перерозподілятися між цими тілами й навколишнім простором таким чином, що в кінцевому підсумку температура стане однаковою в будь-якій точці замкненого простору. Уже через  $10^{14}$  років багато зірок охолонуть, планети почнуть відриватися від своїх зірок, зірки від галактик, перетворюючись на „чорних карликів”, центральні частини галактик почнуть колапсувати, утворюючи „чорні діри”. Далі все залежатиме від того, наскільки стабільним або

нестабільним є протон. Якщо він нестабільний і через  $10^{32}$  років розпадеться на  $\gamma$ -квант і нейтрино, то Всесвіт буде складатися з нейтрино й чорних дірок, що випаровуються, і через  $10^{100}$  років у Всесвіті залишиться тільки електронно-позитронна плазма незначної густини.

Спростування даної теорії полягає в припущенні, що Всесвіт не є замкнутим об'єктом, а також у тім, що під дією сил тяжіння й відштовхування у Всесвіті завжди будуть виникати осередки концентрації речовини (вогнища нестабільності), в яких під дією гравітації почнуться зміни температури, що, зі свого боку, буде постійно порушувати процес вирівнювання температури.

#### 4.4. Гіпотези про походження галактик

*Галактика* – гравітаційно пов'язана система зір, міжзоряного газу, пилу й темної матерії. Всі складові частини галактик рухаються навколо спільного центру мас. Відстань до найближчих із галактик вимірюють у мегапарсеках, а до далеких – в одиницях червоного зсуву ( $z$ ). Саме через віддаленість побачити неозброєним оком на небі можна лише три з них: туманність Андромеди (в північній півкулі) та Великі й Малі Магелланові Хмари (в південній).

Галактики відзначаються різноманітністю: серед них можна виділити кулясті еліптичні галактики, дискові спіральні галактики, галактики з перемичкою (баром), карликові, неправильні тощо. Найважливішим параметром галактик вважають їхню масу. Вона може бути в межах від  $10^5$  до  $10^{13}$  мас Сонця (для порівняння: маса нашої галактики –  $3 \times 10^{12}$  мас Сонця. Діаметр галактик – від 5 до 50 кілопарсек (приблизно від 16 тисяч до 160 тисяч світлових років) (діаметр нашого Чумацького шляху – близько 30 кілопарсек або 100 тисяч світлових років).

Однією з невирішених проблем будови галактик є темна матерія, що виявляє себе лише в гравітаційній взаємодії. Вона може складати до 90 % від загальної маси галактики, а може бути й цілком відсутня, як у карликових галактиках.

У просторі галактики розподілено нерівномірно: на одних ділянках можна виявити цілу групу близьких галактик, а на інших можна не виявити жодної, навіть найменшої галактики (такі ділянки називають *войдами*). Точна кількість галактик у спостережуваній частині Всесвіту невідома, але, найімовірніше, їх близько  $10^{11}$ .

Сучасна космологія стверджує, що весь простір Всесвіту перебуває в стані розширення. Але з чого це почалося – з найменших чи з найбільших об'єктів? Багато фактів вказує на те, що першими „вийшли” з космологічного розширення величезні маси речовини, які можна порівняти з масами скупчень галактик. Пізніше розпочався процес дроблення цих мас і всередині них поступово сформувалася вся ієрархія астрономічних систем. Таку гіпотезу висунув Я. Зельдович.

За теорією Зельдовича протягом перших 2–3 мільярдів років від початку розширення в речовині Всесвіту сформувалися величезні за розмірами газові згустки, що містили близько  $10^{15}$ – $10^{16}$  сонячних мас речовини. Ці згустки були не сферичними, а, швидше, дещо плоскими. Зазначені згустки виникали не ізольовано один від одного; багато з них з'єднувалися своїми краями, утворюючи систему згустків і порожнеч, що приблизно нагадує бджолині стільники. Окремі фрагменти надкупчень космічної речовини перетворювалися згодом на галактики, дробилися на все менші згустки, які, стискаючись, перетворювалися, зрештою, на зірки. Причиною послідовного дроблення речовини є Ньютонове „вроджене тяжіння” однієї частинки до всіх інших. Згідно із цією теорією квазари можуть виникати одночасно з галактиками й ставати їхніми ядрами.

Інша точка зору припускає виникнення спочатку більш дрібних тіл, що згодом збільшувалися, зливалися. Цю ідею розвивали Дж. Піблс і Р. Дікке. Вони припускають, що першими об'єктами у Всесвіті могли бути об'єкти з масами, які можна порівняти з мільйоном сонячних мас; поступово зливаючись, вони утворювали галактики; об'єднання галактик, зі свого боку, формувало їхні скупчення.

Я. Озерной і О. Чернін висунули гіпотезу „фотонних вихорів”. Відповідно до цієї гіпотези на ранній стадії розширення речовина Всесвіту перебувала в турбулентному стані: випромінювання разом із плазмою утворювало величезні „фотонні вихори”. Спочатку швидкість вихрових рухів була дозвуковою, тому вихори створювали відносно невеликі осередки неоднорідної густини. Пізніше, через певні причини, вихрові рухи переходять у надзвукову стадію. Це спричинює неоднорідну густину.

Зазначені вище гіпотези можна назвати конденсаційними: в усіх випадках галактики утворюються в результаті стиснення (конденсації) газових згустків. Протилежні погляди висловив В. Амбарцумян. Він вважав, що нові галактики й спіральні рукави виникають за рахунок речовини, що міститься в ядрах галактик, в яких, крім зоряної складової, є значні маси дозоряної речовини. Згідно із цією гіпотезою квазари можуть бути оголеними ядрами, являючи собою початкову стадію розвитку галактик.

#### **4.5. Гіпотези про походження квазарів**

*Квазари* – позагалактичні зореподібні об'єкти, які мають сильні емісійні лінії з великим червоним зміщенням у спектрі. Квазари виявлені в 1963 р. як джерела радіовипромінювання. Після того, як було відкрито квазари, багато з них вдалося знайти й на старих знімках, зроблених десятки років тому. Вивчаючи ці старі негативи, астрономи помітили, що світність квазарів може помітно змінюватися не тільки протягом років, але й протягом кількох днів. Звідси випливає, що квазари ні в якому разі не можуть бути галактиками.

Вдалося з'ясувати деталі будови деяких квазарів. Дослідження їхніх спектрів показують, що, принаймні, зовнішня частина цих об'єктів являє собою гарячий газ. Цей газ рухається в усіх напрямках зі швидкістю 2–3 тис. км/с. Однак при цьому він продовжує огортати ядро квазара, яке дає неперервний спектр. Це означає, що сила тяжіння, яка утримує газ, дуже велика, й маса центральної частини квазара ніяк не менша за мільйон сонячних мас. На деяких знімках видно туманності, що огортають квазари.

Квазари мають дуже сильне ультрафіолетове випромінювання. В усіх діапазонах електромагнітного випромінювання – й у видимому, й у невидимому – квазари є наймогутнішими випромінювачами в Космосі. За такого марнотратства життя квазара чи, точніше кажучи, стадія квазара в житті якогось небесного об'єкта не може бути довгою. Час їхнього життя становить близько кількох мільйонів років.

Отже, сьогодні відомі розміри квазарів, вдалося дещо з'ясувати про їхню будову й навіть визначити приблизно тривалість їхнього життя. Однак, це не означає, що природу квазарів уже вдалося пояснити. Десятки гіпотез щодо їхнього походження конкурують між собою.

За однією з них, квазар – серія одночасних вибухів величезної кількості наднових зірок. У центральних частинах галактик, де зірки розташовані набагато густіше, ніж на периферії Сонця, вибух однієї надгової може спричинити вибух найближчих зірок. Тобто може відбутися щось на зразок детонації чи ланцюгової реакції. Достатньо переконливих доказів на користь цієї гіпотези поки що немає.

Не так давно астрофізики звернули увагу на дивні блакитнуваті зірочки з різко посиленою ультрафіолетовою частиною спектра. З'ясувалося, що це зовсім не зірочки, а позагалактичні тіла, які випромінюють світло настільки ж марнотратно, як і квазари. Як і квазари, за розмірами вони невеликі. Відрізняються від квазарів ці об'єкти тим, що не мають якогось помітного радіовипромінювання. Ці об'єкти дістали назву *квазі-галактик*, або *квазагів*. Не виключено, що кожен квазаг на якийсь час стає квазаром, тобто надпотужним джерелом космічного радіовипромінювання.

Ще одна гіпотеза припускає, що квазари – це залишки того надважкого Прототіла, вибух якого 15–18 мільярдів років тому призвів до утворення Всесвіту. За цією гіпотезою, кожен квазар схожий на Всесвіт у мініатюрі.

Ще одна гіпотеза: квазари – це звичайні галактики, але вони мають підвищену яскравість, тому що між ними й Землею знаходяться гравітаційні лінзи.

Оскільки відстані до квазарів становлять мільярди світлових років, то явища, пов'язані з ними, сягають часів Великого вибуху. Отже, віддаляючись у минуле, ми зустрічаємо об'єкти з усе більшим енерговиділенням.

## 4.6. Народження та еволюція зірок

Будь-яка видима *зірка* являє собою кулю розпеченого газу, що обертається. Від маси газу залежить сила тяжіння зірки, щільність, розміри, потенційні температури й час існування.

Розрізняють такі *етапи утворення зірок*.

1. На першому етапі існує газопилова хмара, в якій часточки газу й пилу починають притягуватися один до одного.
2. У процесі цього притягання хмара починає розігріватися.
3. При досягненні температури в ядрі зірки до 10 млн градусів Цельсія починається термоядерна реакція. Водень перетворюється в гелій, що супроводжується випромінюванням у всіх частинах спектра. Завдяки цьому випромінюванню зірка стає зіркою, тобто видимим космічним об'єктом.

Після початку термоядерної реакції зірка проходить такі *етапи існування*.

1. *Нормальні або жовті зірки*. Перебувають на етапі вигорання водню. У нормальних зірках у міру вигорання водню формується гелієве ядро, оточене водневою оболонкою. Вигорання водню супроводжується втратою маси зірки, а отже, зменшенням сили гравітації, яка стягує речовину зірки до центра. Коли сила випромінювання перевищує силу гравітації, відбувається розшарування гелієвого ядра й водневої оболонки. Остання починає віддалятися від ядра. Зірка переходить у стан надгіганта або червоного гіганта.
2. *Червоний гігант*. Протягом цього етапу гелієве ядро зірки стискується, а розміри зірки значно збільшуються за рахунок того, що воднева оболонка віддаляється від ядра. Маса червоного гіганта починає зменшуватися не тільки через вигорання водню, але й через витрати зовнішньої оболонки (зовнішній шар виснажується шляхом розсіювання в Космосі), й від зірки залишається тільки гаряче гелієве ядро. Зірка починає існувати у вигляді білого карлика.
3. *Білий карлик*. На цьому етапі триває гравітаційне стиснення ядра. Спочатку поверхня білого карлика має дуже високу температуру (до десятків тисяч градусів), але потім швидко остигає. Діаметр білого карлика складає лише 5–10 тис. км, тобто порівнюваний з діаметром Землі.
4. *Нейтронна зірка*. На четвертому етапі тривале стиснення ядра й прискорення обертання навколо своєї осі приводить до його ущільнення. Електрони з'єднуються з протонами й утворюються нейтрони. Білий карлик перетворюється в нейтронну зірку. Розмір такої зірки становить лише кілька десятків кілометрів (приблизно діаметр м. Москви), швидкість обертання навколо осі – кілька сотень оборотів у хвилину. Колосальна щільність нейтронної зірки приводить до такого викривлення простору навколо неї, що речовина зірки прямує до

стиснення в точку. Нейтронна зірка перетворюється в чорну діру.

5. *Чорна діра*. Цей етап розвитку зорі характеризується такою концентрацією маси в просторі, що в одній чайній ложці виявилось б 100 млн тонн речовини. Всі об'єкти й випромінювання, що перебувають у зоні гравітаційної дії чорної діри, прагнуть до неї. Розмір чорної діри становить 2–3 км. Кінцева стадія існування чорних дір – вибух і розсіювання речовини. На цій стадії існування зірки можна вважати остаточно завершеним.

Швидкість проходження зіркою перерахованих етапів існування залежить від її розмірів. Більші зірки проходять всі перераховані етапи швидше.

Зірки, які виникли з однієї газопилової хмари, утворюють *зоряні скупчення*. Розрізняють кульові зоряні скупчення, що складаються зі старих зірок, і розсіяні скупчення, що складаються з молодих зірок (з віком, меншим від 60 млн років). Кульові скупчення перебувають у центрах галактик, а розсіяні – на периферії.

Оскільки зірки віддалені від Землі на величезні відстані, на небосхилі вони виглядають як нерухомі об'єкти. Тому можуть бути використані як спосіб орієнтації в просторі. Для зручності запам'ятовування й використання зірки об'єднані у 88 сузір'їв. Серед них 12 сузір'їв називаються *зодіакальними*. Із Землі здається, що Сонце, рухаючись на тлі зірок, проходить через ці сузір'я протягом року.

## 4.7. Гіпотези про утворення Сонячної системи

*Сонячна система* – планетна система, що включає в себе центральну зірку – Сонце, й усі природні космічні об'єкти, що обертаються навколо Сонця. Входить до складу галактики Чумацький Шлях.

Сумарна маса планет і супутників становить лише 1/750 маси Сонця, однак на них припадає 98 % сумарного моменту кількості руху всієї Сонячної системи. Чотири менші внутрішні планети: Меркурій, Венера, Земля та Марс, так звані *планети земної групи*, складаються переважно з силікатів і металів. Чотири зовнішні планети: Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун, які називають *газовими гігантами*, значною мірою складаються з водню та гелію й набагато масивніші, ніж планети земної групи.

У Сонячній системі є дві області, заповнені малими тілами. *Пояс астероїдів*, що знаходиться між Марсом та Юпітером, подібний за складом до планет земної групи, оскільки складається з силікатів і металів. Найбільшими об'єктами пояса астероїдів є Церера, Паллада та Веста. За орбітою Нептуна розташовуються *транснептунові об'єкти*, що складаються із замерзлої води, аміаку та метану, найбільшими з яких є Плутон, Седна, Хаумеа, Макемаке та Еріда. Крім тисяч малих тіл у цих двох областях, в Сонячній системі рухаються й інші різноманітні популяції малих тіл, таких як комети, метеороїди та космічний пил.

Питання походження Землі й Сонячної системи хвилювало вчених ще з глибокої давнини, однак перші наукові спроби пояснення проблеми відносяться лише до 18 ст. Відомий радянський вчений, полярник О. Шмідт згрупував всі запропоновані гіпотези у три класи.

До I-го класу відносяться гіпотези, які виходять із постулату про утворення Сонця й планет з єдиного матеріалу (туманності). Це відомі гіпотези Канта–Лапласа, В. Фесенкова, Г. Войткевича, недавно запропоновані уявлення В. Рудника й Е. Соботовича та ін.

II-ий клас об'єднує гіпотези, згідно з якими планети виникли з речовини Сонця (гіпотези Ж. Бюффона, Ф. Мультона й Т. Чемберліна, Дж. Джінса, Г. Джеффриса, В. Крата та ін.).

До III-го класу входять гіпотези, які не об'єднують Сонце та планети спільністю походження. Найбільш відомою є гіпотеза О. Шмідта. Зупинимось коротко на характеристиці гіпотез кожного класу.

У 1755 р. німецький філософ І. Кант (1724–1804 рр.) висловлює думку, що первісний Всесвіт складався з холодних нерухомих пилоподібних частинок різної щільності. Сили гравітації спричинили їхній рух, співударення однієї з одною й налипання їх одна на одну (акреція), утворення центрального розжареного згустка – Сонця. Подальші зіткнення частинок призвели до обертання Сонця й разом з ним пилової хмари. У пиловій хмарі поступово утворювались окремі згустки речовини – зародки майбутніх планет, навкруги яких за подібною схемою сформувалися супутники. Утворена таким шляхом Земля на початку свого існування уявлялась холодною.

Французький астроном і математик П. Лаплас (1749–1827 рр.) запропонував дещо відмінний варіант. Сонячна система, на його думку, утворилась із розжареної газової туманності з центральним згустком, яка оберталася й стискала під дією всесвітнього тяжіння. При подальшому охолодженні швидкість обертання туманності зростала й по периферії від неї відшаровувалися кільця, котрі, зі свого боку, розпадались на згустки – майбутні планети. Планети на початковій стадії являли собою розжарені газові кулі, які поступово охолоджувалися й затверділи.

Гіпотеза Канта–Лапласа була панівною в космогонії аж до початку 20 ст. й зіграла прогресивну роль, слугуючи основою природничих наук, в тому числі й геології. Головним недоліком гіпотези стала неспроможність пояснити розподіл всередині Сонячної системи моменту кількості руху (МКР). МКР визначається як добуток маси тіла на віддаль від центру системи й швидкість його обертання. Справді, виходячи з факту, що на Сонце припадає понад 99,8 % маси всієї системи, воно повинне мати й найвищий МКР. Насправді ж Сонце володіє лише 2 % загального МКР, тоді як планети – 98 %.

Вказане протиріччя спробував пояснити радянський вчений В. Фесенков (1960 р.). Згідно з його гіпотезою, Сонце й планети утворилися внаслідок ущільнення гігантської туманності, так званої „глобули”.

Туманність була дуже розрідженою матерією, складеною переважно з водню, гелію й невеликої кількості важких елементів. Під дією сили гравітації в центральній частині глобули виник зіркоподібний згусток – Сонце, яке швидко оберталося. Внаслідок еволюції із Сонця в газопилове середовище час від часу спостерігалися викиди матерії. Це призводило до втрати Сонцем частини своєї маси й передачі утворюваним планетам значної частини МКР. Формування планети проходило шляхом акреції речовини туманності.

Англійський астрофізик Дж. Джінс (1919 р.) модифікував гіпотезу Ж. Бюффона (1750 р.) про те, що деяка зірка (у Бюффона – комета), пролітаючи близько біля Сонця, притягнула від нього до себе великий об'єм газу. З цього газу ніби й виникли планети. Джінс припустив, що при зближенні зірки із Сонцем з нього відірвався сигароподібний виступ, який в подальшому розпався на окремі згустки, причому з середньої потовщеної частини „сигари” утворились крупні планети, а з її країв – дрібні.

Американські дослідники, геолог Т. Чемберлін та астроном Ф. Мультон на початку 20 ст. запропонували подібні гіпотези, згідно з якими планети утворилися з речовини газових спіралей, „витагнутих” із Сонця зіркою, що пройшла на досить близькій віддалі від нього. Ними було введено в космогонію поняття „планетезималі”, тобто згустків сконденсованої з газів первісної речовини, які стали ембріонами планет та астероїдів.

Оригінальну гіпотезу висунув у 1944 р. радянський дослідник О. Шмідт. Це так звана метеоритна гіпотеза, в якій проблема утворення Сонця не розглядається. На думку О. Шмідта, Сонце на одній зі стадій свого розвитку захопило холодну газово-пилову (метеоритну) хмару. До цього Сонце володіло дуже малим МКР, хмара ж оберталася зі значною швидкістю. В сильному гравітаційному полі Сонця почалася диференціація метеоритної хмари за масою, щільністю й розмірами. Частина метеоритного матеріалу потрапила на Сонце, інша, внаслідок процесів акреції, утворювала згустки – зародки планет і їхніх супутників. Значна увага в гіпотезі приділяється ролі „сонячного вітру” – тиску сонячного випромінювання, який відкидав легкі газові компоненти на периферію системи. Утворена таким чином Земля була холодним тілом, подальший розігрів пов'язується з радіогенним теплом, гравітаційною диференціацією та іншими джерелами внутрішньої енергії планети. Великим недоліком гіпотези дослідники вважають дуже низьку ймовірність захоплення Сонцем подібної метеоритної хмари.

Сучасні уявлення про утворення й розвиток Сонячної системи базуються на гіпотезах В. Рудника й Е. Соботовича (1984 р.). Згідно з їхніми уявленнями, ініціатором процесів в газово-пиловій туманності міг послужити вибух „наднової” зірки неподалік. Під дією вибуху почалося стиснення туманності й утворення центрального згустка – Сонця. В подальшому відбувалася передача електромагнітним чи турбулентно-конвективним шляхом МКР від Сонця планетам, конденсація „пилової плазми” в кільця довкола Сонця, а матеріалу кілець – у планетезималі, а потім – в планети. Вся еволюція проходила дуже швидко, протягом близько 600 млн років.



## РОЗДІЛ 5. КОНЦЕПЦІЇ УТВОРЕННЯ Й РОЗВИТКУ ПЛАНЕТИ ЗЕМЛЯ

### 5.1. Гіпотези про утворення Землі

Процес утворення планет земної групи, в тім числі й Землі, відбувся дуже швидко – всього за 100 млн років. Існує дві точки зору щодо процесу акреції. Перша – відбувалася *гомогенна акреція*, коли планетезималі формувалися з добре перемішаної міжзоряної речовини, тому первинні планети виявилися однорідними, й лише потім в результаті гравітаційної диференціації унаслідок обертання стали набувати оболонкової структури. Однак, проти цієї гіпотези є заперечення: 1) залізні й кам'яні метеорити, що мають однаковий вік із Землею, диференційовані відповідно до свого складу; 2) Землі не вистачило б 100 і навіть 200 млн років для повної диференціації внутрішньої речовини, щоб відповідати одновіковим з нею метеоритам.

Ліквідує ці труднощі друга модель – *гетерогенної акреції*. Вона передбачає, що диференціація речовини відбувалася в процесі самої акреції й відразу ж супроводжувалася утворенням планетних оболонок. Протопланетна хмара розігрілася при гравітаційному стисненні до 1250°C і потім поступово охолоджувалася. Тому першими конденсувалися найбільш тугоплавкі елементи (зокрема залізо), з яких у центрі утворилося ядро. Потім воно покритлося мантією речовиною, яка складалася залізо-магнезійними силікатами з радіоактивними елементами. При цьому склад нижньої мантії, що прилягала до ядра, представляв собою суміш металічних і силікатних часток, але на наступних стадіях акреції мантійна оболонка ставала все більш гомогенною – у верхніх горизонтах металічні й сульфідні компоненти були вже відсутні, так як вони вичерпалися на початку акреції. На останніх стадіях акреції осаджувалися гідратовані силікати, леткі компоненти й органічні речовини.

Оскільки на той час між оболонками ще не було чітких меж, то в усій товщі планети, зокрема між мантією та ядром відбувалася гравітаційна диференціація речовини. Тепло, яке при цьому виділялося, призвело до розм'якшення верхньої частини металічного ядра, яке стали називати „рідким”. Іншими причинами розігріву області Землі на межі „ядро – мантія” були радіоактивне нагрівання та адіабатичне стиснення часток під тиском. „Рідке” металічне ядро стало причиною утворення магнітного поля Землі, але це відбулося дещо пізніше – близько 3,5 млрд років – саме такий вік мають найдавніші намагнічені породи.

Зовні розігріту мантію оболонку (протомантію) охолоджував космічний холод; вона застигала й, зрештою, перетворилася на первинну земну кору (протокору), склад якої практично не відрізнявся від складу мантії, тобто був основним. Протокора складалася із силікатів, насичених важкими елементами, насамперед залізом, а також леткими й радіоактивними компонентами.

Приблизно в той же час (5,0–4,5 млрд років) сформувався й Місяць, який теж був одним із джерел розігріву земних надр, викликаючи потужні припливи в земній корі. Цікаво, що склад Місяця близький до складу земної мантії, при тому, що в нього майже нема залізного ядра. Розділ науки, що вивчає будову та хімічно-мінералогічний склад Місяця називають *селенологією*.

Існує чотири *гіпотези виникнення Місяця*:

- 1) одночасно із Землею;
- 2) відрив Місяця від Землі на ранній стадії формування планети;
- 3) захоплення Місяця Землею;
- 4) зіткнення Землі з іншим космічним тілом, у результаті чого з викинутої в навколосемний простір мантійної речовини сформувався Місяць.

На сьогоднішній день найбільш вірогідною вважається остання з названих версій. До цих пір вважалося, що з Землею зіткнулося небесне тіло розміром приблизно з Марс (його називають Тейя), що рухалося в Космосі відносно повільно. Зіткнення різко збільшило температуру обох тіл, в результаті чого значна частка речовини обох об'єктів була викинута на навколосемну орбіту. З цих уламків і сформувався Протомісяць. Відповідно до цієї версії хімічний склад Місяця повинен являти собою суміш речовин Землі та Тейї. Проте на Місяці, на відміну від Землі, спостерігається дефіцит заліза. Разом з тим ізотопи кисню на Землі й на Місяці практично ідентичні. Крім того, згідно з опублікованими в журналі *Nature Geoscience* результатами дослідження зразків місячного ґрунту, доставлених на Землю американською місією „Аполлон”, ізотопи титану Землі й Місяця також практично ідентичні. Це, на думку вчених, свідчить на підтримку гіпотези, за якою Місяць – це частина самої Землі.

А. Рейфер і його колеги з космічного центру в Берні, створивши комп'ютерну симуляцію, прийшли до висновку, що з Протоземлею зіткнулося небесне тіло набагато більших розмірів, ніж вважалося раніше, й рухалося це тіло на дуже великій швидкості. Удар припав не по центру, а під кутом. При такому дотичному зіткненні Тейя втратила б дуже мало маси й продовжила б свій політ у космічному просторі, натомість, велика частина речовин, викинутих у Космос, були б земного походження. Для остаточного підтвердження цієї теорії необхідно провести ретельний аналіз зразків місячного ґрунту.

## **5.2. Сучасні концепції розвитку геосферних оболонок**

### **5.2.1. Утворення й еволюція літосфери**

Сучасна наука поділяє історію становлення Землі на два нерівнозначні періоди: догеологічний, коли, власне, відбувалося формування планети з наступним розігріванням її надр, та геологічний – з часу утворення твердої земної поверхні (земної кори).

На початку своєї історії Земля виглядала не зовсім привабливо. На ній не було атмосфери, води й життя. Швидкість обертання Землі тоді була в 4 рази більшою, ніж сучасна, тому доба становила 5–6 годин. Місяць знаходився утричі ближче до Землі й обертався навколо Землі швидше. Навколо своєї осі Місяць обертався швидше, ніж навколо Землі, тому з нашої планети можна була бачити періодичні зміни вигляду поверхні природного супутника.

Земля нагадувала пустелю сірого кольору, покриту первісним шпаруватим ґрунтом – реголітом. По зоряному навіть вдень небу всього за 3 години зі сходу на захід „пропливало” Сонце. Вночі зоряне небо перетинав великий (у 9 разів більший від сучасного) диск Місяця, завдяки якому вночі було так видно, як удень. Таке близьке розташування Місяця, швидке обертання Землі навколо осі й Місяця навколо Землі зумовлювало в протокорі потужні припливні хвилі й, як наслідок, – сильні поверхневі землетруси.

Ніщо не захищало Землю від ударів з Космосу. На її поверхню буквально сипалися метеорити, яких тоді було значно більше, ніж зараз, оскільки ще багато космічного матеріалу не увійшло в планетезималі. Від ударів верхній шар силікатної поверхні планети знову розплавлявся в основну чи ультраосновну магматичну породу типу сучасного базальту, коматіїту чи анортозиту, яким, до речі, складений Місяць у кратерах і „морях”. Так продовжувала формуватися основна (за складом) протокора Землі, яку В. Хаїн назвав фантомною, оскільки її ніхто не бачив.

Поверхня Землі отримувала значну, порівняно із сучасною, кількість енергії від внутрішніх джерел – гравітаційної диференціації й розпаду радіоактивних елементів. Але й тепловіддача була великою – не було захисної атмосфери. Тому температура на Землі була дуже контрастною й мінливою, як зараз на Місяці. Температурне вивітрювання й метеоритне бомбардування були на той час чи не єдиними агентами екзогенного рельєфоутворення. З-поміж зовнішніх процесів геоморфогенезу в умовах відсутності атмосфери й гідросфери проявлялися лише схилі (гравітаційні) процеси, які постійно стимулювалися потужними землетрусами припливного походження. Поступово формувалася уламкова кора вивітрювання. Уся земна поверхня була розчленована метеоритними кратерами. Оскільки тогочасний вигляд Землі нагадував сучасний вигляд Місяця, то рання геологічна стадія розвитку планети отримала назву місячної.

У процесі формування первісної земної кори інтенсивно відбувалася дегазація магми. Планету огортали густі хмари з водяної пари, вуглекислого газу, метану, аміаку, окислів сірки, азоту та інших агресивних сполук. Майже весь кисень, що вивільнявся під час фазового переходу речовини на межі ядра й мантії, повільно піднімаючись догори, витрачався здебільшого на окиснення кремнію, заліза, алюмінію, марганцю та інших хімічних елементів.

Так проходили мільйони років. Земна кора ставала все потужнішою й міцнішою, її верхня частина поступово охолоджувалася, а западини заповнювалися водою.

Близько 4 млрд років тому відбувся якісний перелом у розвитку земної кори. По-перше, став згасати потік метеоритів, оскільки речовина в Сонячній системі ставала більш впорядкованою. По-друге, продукти руйнування базальтової кори дали початок новому класу гірських порід – осадовим породам. По-третє, збільшувалася потужність силікатної базальтової земної кори, що перешкоджало проникненню до поверхні магматичних розплавів. Так виникли перші інтрузії – застигли в надрах Землі магматичні тіла. Вони створювали своєрідний куполоподібний рельєф поверхні. Куполи над інтрузіями стали ядром протоконтинентів, які вивисувалися над первинним мілководним океаном. Складені такі куполи найдавнішими породами на Землі – сірими гнейсами.

Подальша еволюція земної кори стала носити поступально-пульсаційний характер. По-перше, в міру надходження в океани та залучення в геологічний кругообіг (осадки → метаморфізація → переплавлення → вивітрювання → осадки) все більших мас осадових порід зростала її гранітизація. По-друге, вже 3,5 млрд років тому в розвитку земної кори проявились пульсаційні процеси, які полягали в періодичному розширенні й стисненні Землі. На думку В. Хаїна, дрейфу літосферних плит ще не було. Осадконакопичення змінювалося інтенсивними складчастими деформаціями з насувами за рахунок стиснення земної кори внаслідок охолодження мантії, що супроводжувалося гранітоутворенням, тобто переплавною комплексу сірогнейсових та осадових порід.

На думку деяких дослідників, материкова земна кора була рівномірно розподілена по земній кулі й лише між окремими гранітогнейсовими куполами залишалися простори з корою океанічного (базальтового) типу. Інші вважають, що гранітизація відбувалася на одному боці Землі, де 2,8–2,6 млрд років тому виник перший глобальний палеоконтинент – *Пангея-0* (Моногея за О. Сорохтіним і С. Ушаковим) з тришаровою (осадки – граніти – базальти) континентальною земною корою. На протилежному боці Землі в цей час існувала базальтова земна кора, покрита первинним океаном *Панталасою*.

Перша на Землі епоха складчастості відбулася близько 3 млрд років тому й називається *кольською* (*саамською*). Наступна складчастість, що супроводжувалася консолідацією окремих куполів в Пангею-0, приблизно 2,8–2,6 млрд років тому отримала назву *біломорської* (або *кеноранської*).

Після утворення величезної континентальної оболонки під нею знову стало накопичуватися надлишкове тепло, що провокувало розриви земної кори й поділ Пангеї-0 на велику кількість мікроплит – протоплатформ, які сьогодні є ядрами древніх платформ. Усе це відбувалося на початку протерозою, тобто близько 2,5 млрд років назад.

На межі раннього й пізнього протерозою (1,9–1,65 млрд років) циклічний розвиток земних надр знову призвів до стягування протоплатформ в єдиний суперконтинент – *Пангею-1* чи *Мегагею*. Характер їхнього об'єднання відрізнявся від попереднього, цілком геосинклінального: ймовірно протоплатформи уже зазнавали горизонтальних переміщень. Складчастість, яка об'єднала протоплатформи в Мегагею, отримала назву *карельської*. Вона знаменується утворенням стабільних ділянок – „древніх” платформ, складених із протоплатформ пізнього архею й раннього протерозою, й поясів карельської складчастості, яка консолідувала їх. Карельські платформи збереглися на Землі до наших днів і лягли в основу сучасних материків. До сьогодні збереглося 12 древніх платформ: Північноамериканська, Східноєвропейська, Сибірська, Баренцевоморська, Гіперборейська (східна Арктика), Південноамериканська, Африкано-Аравійська, Індійська, Південнокитайська, Китайсько-Корейська, Австралійська, Антарктична. На периферії Мегагеї, а також в її центральних частинах існували рухомі пояси.

У середньому рифеї процеси деструкції посилювалися й 850 млн років тому Мегагея розкололася на два материки: *Гондвану-1* та *Лавразію-1*, розділених субширотним океаном Палеотетисом. Згодом Лавразія розділилася на *Лавренсію* (Північну Америку) та *Балтію* (Європу) з Палеоатлантичним океаном між ними, що відповідає сучасній Північній Атлантиці. Гондвана-1 розділилася на Західну й Східну з утворенням між ними Аравійсько-Мозамбіцького рухомого поясу, що на півночі зливався з Палеотетисом. Пізньорифейська складчастість, що проявлялася на периферії цих континентів, називається *байкальською*.

Отже, процеси рифтогенезу в пізньому протерозої спричинили розкол єдиного материка Пангеї-1 на суперматерик Гондвану-1 та кілька менших за розмірами континентів, які роз'єднувалися новоутвореними геосинклінальними поясами: Урало-Монгольським (*Палеоазійський океан*), Північноатлантичним (океан *Япетус*) та Середземноморським (океан *Палеотетис*), розкриття яких активно відбувалося в палеозої. Достовірним є також існування щонайменше з пізнього рифею западини Тихого океану, по периферії якого розвивався Тихоокеанський окраїнно-континентальний пояс.

У ранньому палеозої найвагомійші події відбувалися в межах Північноатлантичного та Урало-Монгольського рухомих поясів.

Стадія розкриття океанічного басейну Япетуса припадає на кембрій та ранній ордовик. В ордовицькому періоді в його межах формуються острівні дуги та окраїнні моря. Наприкінці силуру – початку девону зближення Північноамериканської та Східноєвропейської літосферних плит зумовило закриття цього океанічного басейну. Нагромаджені в геосинклінальних прогинах осадово-вулканогенні товщі були зім'яті в складки й у подальшому перетворені на молоді гірські системи.

В ордовику (495–435 млн років тому) на периферіях окремих плит північної півкулі починають виникати гірські споруди *каледонської*

*складчастості* (Каледонія – давньоримська назва Шотландії). Каледоніди утворилися в межах таких областей, як Грампіанська (охоплювала більшу частину нинішньої Ірландії, Великобританії та північну частину Скандинавії), Гренландська, Північноаппалацька, в західній частині о. Шпіцберген, на о. Ньюфаундленд. Гірські системи цих зон спаяли в єдине ціле зближені Північноамериканську та Східноєвропейську платформи, утворивши на місці океану Япетус Північноатлантичний материк під назвою *Лаврусія*.

У межах Урало-Монгольського поясу каледонський орогенез привів до утворення структур Гірського Алтаю, Кузнецького Алатау, Гірської Шорії, Західного Саяну, Туви, які наростили південно-західну околицю Сибірської платформи й утворили разом із нею та причленованими ще наприкінці протерозою байкалідами новий великий материк *Ангарида*. Посередині Палеоазійського океану у вигляді гористого континентального масиву існували західна частина Казахського дрібносопковика, хребет Каратау, Північний Тянь-Шань, хребти Чінгіз і Тарбагатай.

У Середземноморському поясі каледоніди утворилися в Центральній Азії – хребет Наньшань приєднався з півдня до Китайської платформи. Наприкінці раннього палеозою в цій частині сучасного Азійського континенту існував Китайський материк, який складали об'єднані байкалідами та каледонідами Китайсько-Корейська, Таримська та Південнокитайська платформи.

У Західнотихоокеанському поясі гороутворення відбулось на півдні сучасного Китаю (Катазійська область приєдналась до Китайського материка) й у східній частині Австралії, де утворені каледоніди приєдналися до Гондвани.

З розвитком геосинклінальних поясів тісно пов'язана еволюція платформ: прогинання в рухомих поясах приводять до резонансних опускань і морських трансгресій на платформах і, навпаки, підняття, горотвірні процеси в геосинкліналях спричиняють резонансні підняття й регресію (відступ) моря на платформах.

У цілому в ранньому палеозої відбулося три великих трансгресії, які чергувалися із короткочасними регресіями.

Перша хвиля трансгресій припала на кембрійський період, коли епіконтинентальними морями покривались значні площі Східноєвропейської, Північноамериканської та Сибірської платформ.

Одна з найбільших трансгресій палеозою проявилася в ордовіку – відкладами цього віку покрито 3/4 території Китайської, 2/3 Сибірської, 2/5 Східноєвропейської та Північноамериканської платформ.

Третя велика трансгресія відбулася в ранньому силурі після нетривалої пізньоордовіцької регресії.

Пізній силур – час глобальної регресії, пов'язаної із завершальними процесами каледонського орогенезу. Море залишило Сибірську платформу,

сильно скоротилося в розмірах на Східноєвропейській, Північноамериканській та Китайських платформах.

Суперматерик Гондвана протягом раннього палеозою був високо піднятим суходолом. Морем покривалися лише окраїнні частини континенту.

У девоні (405–360 млн років тому) континенти продовжують зближуватися. Як і раніше, це стосується, насамперед, північних континентів. Південний суперконтинент – Гондвана – продовжує існувати окремо, відмежований від північних материків Палеотетісом.

Упродовж карбону (360–286 млн років тому) тенденція до зближення материків зберігається – до Лаврусії прямує Сибірська платформа, Гондвана зближується з Лаврусією. На ділянках зіткнення (колізій) плит виникли потужні зони орогенезу, названі *герцинською складчастістю*. У кінці карбону Лаврусія й Сибір об'єдналися в північний материк Лавразію. Лавразія згодом зблизилася з Гондваною, утворивши єдиний суперматерик – *Пангею-2*. Поза Пангею-2 залишились тільки Китайсько-Корейський та Південнокитайський материки й декілька малих плит, які відкололися від Гондвани, зокрема, Нова Гвінея. Палеотетіс під час об'єднання материків розділювався на два басейни – західний, представлений сьогодні Карибським морем, і східний, що відділяв від Пангеї-2 китайські платформи. Далі на схід Палеотетіс відкривався в *Палеотихий океан*.

Із середини карбону розпочалося найбільше в історії Землі зледеніння, назване *великим гондванським зледенінням*. Центр зледеніння розташовувався на території сучасної Південної Африки. Сліди цього давнього зледеніння у вигляді тилітів, флювіогляціальних відкладів і решток льодовикового рельєфу є на всіх материках, які входили до складу Гондвани: Індії, Південній Америці, Австралії та Антарктиді. Всі вони тоді були розташовані поблизу південного полюса. Потепління відбулось у пермському періоді (286–248 млн років тому); сліди наземного зледеніння відомі лише в Австралії. У цей же час завершився герцинський етап складчастості, який ознаменувався потужним орогенезом і скороченням площі океанів та морів. Продовжувала існувати Пангея-2. Вона об'єднала майже всі існуючі материки й лише Китайська платформа, як і раніше, існувала самостійно, відокремлена від Пангеї-2 східною частиною Палеотетіса.

Тріасовий період (248–208 млн років тому) був останнім, коли ще існував суперматерик Пангея-2. У другій його половині почався новий етап розколу земної кори. Одночасно з розпадом Пангеї-2 на континенти розпочалася *мезозойська (кіммерійська) складчастість*.

У тріасі починає розколюватися Лавразія – закладається западина Північної Атлантики, що розширюється протягом усього мезозою. В середині ранньої юри починає розкриватися Центральна Атлантика й одночасно розкривається *океан Тетіс*.

В юрський період (208–135 млн років тому) Австралія й Антарктида відділилися від Африки й Індії, виник новий – Індійський океан, який з'єднувався з південно-східною гілкою Тетіса по теперішній Перській затоці.

Азія на сході відділилася від Північної Америки. Інтенсифікувалося розкриття Північної Атлантики між Північною Америкою й Африкою, почалося розширення Південної Атлантики.

У крейдовий період (135–65 млн років) розпад Пангеї-2 продовжується. Рифтогенез зумовлює розділення Південної Америки й Африки – починає формуватись Південна Атлантика, яка наприкінці крейди об'єднується з Північною, утворюючи єдиний Атлантичний океан. Об'єднані поки що Австралія й Антарктида пересуваються на південний схід від Африки. Роз'єднання їх відбулося аж у середині палеогену. Індостан рухається на північ, а Африка, дещо повернувшись, насувається на Тетіс, що в подальшому спричинить складкоутворення в існуючих там геосинклінальних системах. У пізній юрі розкривається західна частина Північного Льодовитого океану. Отже, з мезозою починається історія трьох нових океанів: Індійського, Атлантичного й Північного Льодовитого, триває розвиток Тихого океану й Тетісу; конфігурація континентів і гірських масивів стала нагадувати сучасну.

Наближення планетарного рельєфу Землі до сучасного відбувалося й у палеогені (65–23,5 млн років тому). У цей час відокремилась Гренландія від Євразії, остаточно завершилось розкриття Атлантичного океану; Австралія почала рухатися на північний схід, одночасно розвертаючись проти годинникової стрілки; Антарктида почала зміщуватися на південь і знову, як і в ранньому палеозої, зайняла стійке положення біля південного полюса Землі; Індостан рухався на північ зі швидкістю 2–6 см/рік.

У пізньому еоцені та в олігоцені відбувся перелом у тектонічному розвитку Землі – розпочинається нова *альпійська складчастість*. Однією з подій цієї складчастості було зіткнення Індостану та південного краю Євразії; східна частина Тетіса замкнулася й на її місці почали утворюватися Гімалаї, Памір, Гіндукуш. У результаті потужного стиснення Африки та Євразії утворилися гори Атлас (північна частина), Андалузські, Піренеї, Альпи, Апеніни, Динарські, Малий і Великий Кавказ, Ельбурс, Копетдаг, Загрос. Тетіс розпався на два басейни: південний, що охоплював Східне Середземномор'я, та північний – *Паратетіс*, який затоплював південну окраїну Східноєвропейської платформи та Скільську плиту. Наприкінці міоцену підняттям у районі Гібралтару південний басейн було ізольовано від Атлантичного океану. В пліоцені зв'язок Тетісу з Атлантикою відновився.

Еволюція Паратетісу відбувалася шляхом утворення великого солонуватого Сарматського моря-озера, потім (у кінці міоцену) – Меотичного моря, а згодом – на початку пліоцену – Понтичного моря. В пліоцені підняття в межах Карпат і Кавказу привели до розпаду цього морського басейну на нині існуючі водойми: моря Угорське (його релікт відомий як озеро Балатон), Чорне, Азовське, Каспійське та Аральське. Південний басейн розпався на моря Егейське, Адріатичне, Іонічне, Тірренське та Середземне.

У Західнотихоокеанському поясі в межах областей Східноазійської, Індонезійської та Меланезійської відбулося підняття острівних дуг,



формування глибоководних жолобів та окраїнних морів. Ця територія, куди входять Коряцьке нагір'я, півострів Камчатка, о. Сахалін, Курильські, Японські, Філіпінські острови, Нова Гвінея, Нова Зеландія, Соломонові острови, Нові Гебриди й Нова Каледонія, перебуває тепер на головному геосинклінальному етапі розвитку.

У Східнотихоокеанському поясі альпійським гороутворенням було охоплено дві області: Берегових хребтів (південне узбережжя Аляски й Берегові хребти в Каліфорнії) та Андійська (гори Центральної Америки, Великі й Малі Антилські острови, Анди). Орогенний етап у них незавершений, хоча його початок, наприклад в Андах, відноситься ще до раннього кайнозою.

У палеогені відбувалася остання велика трансгресія в історії Землі. Морем, яке трансгресувало з боку Тетиса, покривалися значні території Західноєвропейської плити, південь Східноєвропейської платформи, Скільська й Туранська плити. Морем було покрито й епігерцинську Західносибірську плиту.

З олігоцену Західний Сибір осушується й на місці моря залишається заболочена рівнина. Взагалі олігоценова епоха – це час глобальної регресії, коли звільняються від моря великі площі як Євразії, так і Північної Америки.

У неогені (23,5–1,7 млн років тому) основні форми рельєфу Землі набули сучасних рис. Грандіозні геологічні події відбувалися в Африці. На початку неогену в її східній частині формувалися склепінчасто-брилові підняття, в осьовій частині яких закладалися так звані Великі Африканські рифти. Вони простягнулися в меридіональному напрямку майже на 6500 км від Туреччини до річки Замбезі на півдні Африки. Рифти заповнені водою озер Рудольф, Ньяса, Танганьїка, Мертвого й Червоного морів, Аденської й Суецької заток. Подібні до Східної Африки структури утворювались і на інших ділянках земної кори. Наприклад, на південь від Сибірської платформи в олігоцені – неогені оформилось Байкальське склепінчасте підняття, в периклінальній частині якого заклалась система рифтів, одним з яких є озеро Байкал. Відома також велика Західноєвропейська рифтова система, в якій, починаючи з еоцену, інтенсивно розвивався Верхньорейнський рифт тощо.

Рухи альпійського гороутворення зумовили резонансні підняття на територіях давніх і молодих платформ, що спричинило обширні регресії в неогеновому періоді, поширення континентальних відкладів і континентального клімату. Процеси активізації платформ сприяли формуванню гірського рельєфу на молодих та давніх платформах і, як наслідок, підвищенню загальної висоти континентів.

Неогеновий і більш пізній четвертинний періоди виділяють в особливий *неотектонічний етап розвитку Землі*, а рухи земної кори цього часу називають неотектонічними. У цей час завершилося формування сучасного вигляду океанів і континентів.

## 5.2.2. Утворення й еволюція атмосфери

*Атмосфера* – газова оболонка Землі, формування якої відбувалось в результаті геологічної еволюції та безперервної діяльності живих організмів.

На зорі існування Землі в ній містилося дуже мало летких елементів та їхніх сполук. Усі вони знаходились у зв'язаному вигляді в складі твердих мінералів. Однак, зміни, які відбувалися з твердою оболонкою Землі, стимулювали їх вивільнятися з надр планети на її поверхню.

На початку місячної стадії розвитку Землі виділення летких речовин з первинної кори відбувалося при метеоритних бомбардуваннях. При цьому водяна пара, вуглекислий газ, кислі дими (HCl і HF) та ін. поглиналися роздробленими породами реголіту. Але після початку інтенсивного вулканізму гази, які містилися в мантії, почали виходити на поверхню в значно більших об'ємах, ніж раніше. Спочатку вони також поглиналися реголітом, але до кінця місячного етапу наситили його й стали концентруватися навколо планети суцільною оболонкою. Так почалося утворення первинної атмосфери Землі. Спочатку вона мала дуже незначну потужність і густину.

Хімічний склад первинної атмосфери, визначений за складом газів у газово-рідинних включеннях, знайдених в осадових ранньоархейських породах Алданського щита, нагадував сучасну атмосферу Венери та Марса. У первинній атмосфері Землі були присутні хлористий водень, сірка, метан, аміак, сірководень, галоїдні кислоти, фторна, бромна, борна кислоти; вільного кисню в атмосфері на той час не було. За складом вона мала відновний характер і свою функцію із захисту поверхні Землі від космічного холоду виконувала справно – температура на земній поверхні наприкінці місячного етапу вирівнялася й піднялася до 15°C тепла.

Під впливом сонячної ультрафіолетової радіації водяна пара розкладалася на водень і кисень, але кисень, що звільнився, вступав у реакцію з оксидом вуглецю, утворюючи вуглекислий газ. Аміак розкладався на азот і водень. Водень у процесі дифузії піднімався вгору й залишав атмосферу, а більш важкий азот не міг відлітати й поступово накопичувався, стаючи основним компонентом, хоча деяка його частина зв'язувалася в молекули в результаті хімічних реакцій. Під впливом ультрафіолетових променів та електричних розрядів суміш газів, що були присутніми в первісній атмосфері Землі, вступала в хімічні реакції, в результаті яких відбувалося утворення органічних речовин, зокрема амінокислот.

Атмосферний тиск, а отже й потужність атмосфери, досягли свого сучасного стану уже в археї. Одночасно почався перехід вуглекислої атмосфери землі в азотно-кисневу. Як відомо, кисень надходив у атмосферу при дегазації мантії, але при цьому зазвичай зв'язувався в двоокис заліза, сульфати. Первинний вільний кисень витрачався також на окислення аміаку, в результаті чого в атмосфері став накопичуватися вільний азот. Окислювалися сірка й сірководень, метан, інші сполуки.

До кінця архею в атмосфері Землі відбуваються значні зміни: конденсується основна маса пари води, яка витрачається на поповнення океанів, різко знижується вміст кислих димів, аміаку, метану, вуглекислого газу, зростає вміст азоту, з'являється в незначній кількості вільний кисень, утворений, очевидно, у верхніх шарах атмосфери процесами фотолізу (розщеплення молекул води під дією ультрафіолетових променів Сонця). На межі архею й протерозою, а це близько 2,5 млрд років тому, стрімкому зростанню кількості кисню в атмосфері став сприяти процес фотосинтезу, який почав розвиватися після появи перших автотрофних організмів – одноклітинних синьо-зелених водоростей.

Протягом всієї протерозойської ери зберігалася тенденція до зниження в атмосфері парів кислот, метану, сірки при поступовому накопиченні в ній азоту й кисню. Значний вміст вуглекислого газу створював парниковий ефект, завдяки чому на всій планеті панували відносно високі температури.

Близько 2 млрд років назад в атмосфері накопичилося 0,1 % кисню від його сучасного вмісту. Із досягненням такої кількості, яку називають *точкою Юрі*, кисень зміг брати участь в окисненні заліза безпосередньо на поверхні континентів, що призвело до формування потужних червоноколірних товщ вивітрювання.

В інтервалі часу між 1 та 1,5 млрд років назад кількість кисню в атмосфері досягає 1 % від сучасного, що означає перехід її складу через *точку Пастера*. Ця точка знаменує собою одну з найважливіших подій у розвитку Землі – на ній тепер можна було дихати. Однак, для існування в атмосфері озонового шару, який у подальшому дав змогу існувати життю на суходолі, кисню було ще недостатньо. Формування озонового шару розпочалося в середині ордовика, близько 470 млн років тому, коли вміст кисню в атмосфері сягнув позначки 10 % від сучасного (*точка Беркнера–Маршалла*). Вважають, що при такому рівні кисню в атмосфері зростає ефективність озонового шару, який формується вже на значних висотах, захищаючи поверхню планети. Ця обставина, очевидно, сприяла поширенню життя на суходолі, що розпочалося в силурі. Сучасний рівень вмісту кисню був досягнутий у атмосфері в середині девонського періоду. В подальшому, однак, концентрація вільного кисню не залишалась постійною. Так, до кінця палеозою маса кисню в атмосфері зменшується й у кінці пермі – на початку тріасу був досягнутий рівень раннього палеозою. Нове зростання кількості кисню починається із середини мезозою й досягає свого піку в кінці юри, після чого спостерігається його повільне зменшення.

Концентрація іншого важливого компонента атмосфери – вуглекислого газу протягом фанерозою в окремі моменти значно перевищувала сучасну, хоча зберігалась загальна тенденція зниження його вмісту від 0,4 до 0,03 %. Епохи максимальної концентрації атмосферного CO<sub>2</sub> характеризуються високим температурним режимом і, навпаки, час різкого зниження вмісту вуглекислоти в атмосфері – це час глобальних похолодань, появи територій із наземним зледенінням.

Перше суттєве зниження загального вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері відбулося в ордовіку, що стало, очевидно, однією з суттєвих причин пізньоордовіцького зледеніння. Друге зниження спостерігалось в пізньому карбоні й корелюється з великим гондванським зледенінням. Таке зниження могло бути викликане посиленням споживання атмосферного CO<sub>2</sub> буйною рослинністю раннього карбону та значними витратами його на утворення карбонатних порід і черепашок молюсків. Останнє значне зниження вмісту CO<sub>2</sub> відбулося в пліоцені; в сучасну епоху вміст CO<sub>2</sub> в атмосфері є мінімальним за всю історію планети.

Максимуми вмісту CO<sub>2</sub> співпадають із максимумами вулканічної активності Землі, що підтверджує суттєвий вплив на кліматичні умови ендеогенних процесів.

Питання про еволюцію атмосфери Землі протягом різних геологічних епох вирішується за допомогою даних про склад гірських порід, про процеси їхнього утворення, про вміст у них різних газів. Процеси, що впливали на формування атмосфери Землі в минулому, тобто розщеплення молекул під впливом сонячного випромінювання, вулканічна діяльність, взаємодія атмосфери з ґрунтом, водною поверхнею, рослинним покривом, продовжують діяти й зараз. Сучасний склад атмосфери знаходиться в стані динамічної рівноваги, яка підтримується живими організмами, Світовим океаном, геохімічними явищами як природного, так і антропогенного походження глобального масштабу.

### **5.2.3. Утворення й еволюція гідросфери**

Гідросфера, як і атмосфера, є продуктом дегазації мантиї, тому формування цих оболонок відбувалося одночасно. Водяна пара надходила на поверхню давньої Землі під час вивержень вулканів і метеоритних бомбардувань. Після того, як приземна температура встановилася на рівні близько +15°C, вода стала існувати переважно в рідкому стані.

Деяка частка води разом з розчиненими в ній елементами поглиналася породами земної кори, але основна її маса почала накопичуватися в зниженнях земної поверхні в первісних океанах – в ізольованих неглибоких водоймах. Ймовірно, що максимальний приріст об'єму океанічних вод відбувався в період 2,5–1,5 млрд років тому, тобто в ранньому протерозої – ранньому рифеї.

Найвагомішим доказом існування рідкої води на Землі в катархеї є виявлені в Гренландії та Південній Африці давні (віком 3,81–3,96 млрд років) осадові породи (бурий залізняк) і кварцити, які також мають водне походження.

З кожним вулканічним виверженням на поверхню Землі надходила певна кількість ювенільної води – 3–8 % від маси порід, що вилилися. Цей процес продовжується й досі. Так, при виверженні вулкану Толбачик, що на Камчатці, у 1975–1976 рр. було викинуто 60 млн т. газів, з них – 54 млн т.

води (у вигляді водяної пари). Сьогодні надходження ювенільної води забезпечує підвищення рівня Світового океану на 1 мм за тисячу років. На початку формування Землі за умов більш інтенсивного вулканізму надходження ювенільної води відбувалося в значно більших масштабах.

Спочатку первісні води були мінералізованими. Безпосередньо при дегазації мантії ювенільна вода містила тільки аніони (хлор, бром, фтор) і представляла собою розчини галоїдних кислот (соляної, плавикової та ін.). Усі катіони (натрій, кальцій, магній, стронцій, літій та ін.) потрапляли у воду вже згодом – під час вивітрювання гірських порід на океанічному дні й на суходолі, нейтралізуючи при цьому кисле середовище. Прісні води суходолу формувалися внаслідок кругообігу води в процесі її випаровування з поверхні океанів.

Загальна солоність океану, ймовірно, мало змінювалася. Хімічний склад океанічної води в процесі еволюції океану трансформувався, але не так кардинально, як атмосфери. Від початку формування гідросфери й до наших днів воду насичували 8 головних іонів і зміни в складі води торкалися насамперед катіонів. Води первісного океану за складом катіонів були магнієво-кальцієво-натрієвими (зараз вони повністю натрієві); хлоридна основа морської води з місячного етапу історії Землі майже не змінювалася. На думку вчених, океанічна вода набуває постійного складу, близького до сучасного, в палеозої.

Таким чином, з появою атмосфери й гідросфери на Землі з'являється середовище для перебігу екзогенних процесів – у чашах океанів почали утворюватися первинні осадові породи (бурий залізняк, залізисті кварцити). Але процеси вивітрювання, перенесення й акумуляції первинного базальтового матеріалу були ще дуже слабкими, тому матеріал для осадконакопичення надходив переважно з жерл вулканів і, в значно меншій мірі, із суходолу ріками.

#### **5.2.4. Утворення та еволюція біосфери**

*Біосфера* – це загальнопланетна оболонка, склад, будова й енергетика якої зумовлені минулою й сучасною діяльністю всієї сукупності живих організмів на Землі. Виникла близько 4,0–3,5 млрд років тому. Охоплює частину атмосфери до висоти озонового шару (20–25 км), верхні шари земної кори й всю гідросферу. Нижня межа опускається в середньому на 2–3 км на суші й на 1–2 км нижче дна океану. Нижня термічна межа біосфери зумовлена високими температурами глибинних шарів земної кори. Верхня – наявністю короткохвильового ультрафіолетового проміння, від якого живі організми захищені озоновим шаром. Потужність її змінюється від 13 км у полярних широтах до 22 км на екваторі.

Уперше термін „біосфера” з'явився в роботі відомого австрійського геолога Е. Зюсса „Походження Альп” у 1875 р., але поширився він після видання в 1926 р. праці нашого видатного вченого В. Вернадського

„Біосфера”. Він був у числі перших, хто сприймав Землю як єдиний живий організм, в якому зовсім різні, на перший погляд, процеси у трьох зовнішніх сферах землі – літосфері, гідросфері й атмосфері – тісно пов’язані між собою. В. Вернадський та його послідовники (М. Будико, М. Вассоевич, М. Соколов, Ф. Шипунов, О. Яншин, М. Голубець та ін.) вважають, що живі організми є функцією біосфери та матеріально й енергетично з нею пов’язані, є величезною геологічною силою, що її визначає. Внаслідок обмінних процесів змінюються не тільки самі організми, але й навколишнє абіотичне середовище. Гірські породи, повітря, вся поверхня суші під впливом організмів стають біогенними. Змінюється хімічний склад компонентів абіогенної природи, стає іншою динаміка перебігу фізико-хімічних процесів у них, з’являються нові закономірності взаємодії і розвитку тіл неживої природи, що, зі свого боку, зумовлює нові зміни у всій сукупності організмів.

Основними типами речовин біосфери за В. Вернадським є: жива речовина (рослини, тварини, гриби й мікроорганізми); біогенна речовина (продукти, створені живими організмами протягом геологічної історії планети); нежива (косна) речовина (гірські породи неорганічного походження і вода, які представляють субстрат або середовище для мешкання живих організмів); біокосна речовина (осадові гірські породи, кори вивітрювання, мули, ґрунти); радіоактивна речовина; космічна речовина (метеорити, космічний пил).

Найдавніші прояви органічного життя у вигляді слідів колоніальних прокариотичних фототрофних архіобактерій і синьозелених водоростей (строматолітів) виявлені в осадових породах Гренландії. Їхній абсолютний вік сягає майже 3,8 млрд років. Пізніші сліди життя, які виявлено в багатьох місцях планети, мають вік 3,2–2,8 млрд років.

Щодо більш складних форм життя, то перші еукаріоти з’явилися в нижньому рифеї (понад 1,5 млрд років тому), а отже, щонайменше впродовж 2 млрд років життя на Землі існувало у формі прокариот. Загалом рифей – це період панування на планеті високоорганізованих синьозелених водоростей, які, продукуючи вільний кисень, збагачували ним атмосферу.

Появу складніших форм еукаріотів відносять на початок венду, це так звана едіакарська фауна, представлена кишковопорожнинними, медузоподібними, членистоногими й червоподібними формами величиною від 1 мм до 30 см. Цікаво, що в кембрійській фауні, відклади якої дійшли до наших днів більш повно, едіакарська фауна відсутня – одна з палеонтологічних загадок.

Вважають, що в пізньому протерозої кисню в атмосфері стало достатньо для утворення озонового екрану, що й стало причиною буквального „вибуху” життя у водах Світового океану на межі докембрію й палеозою. Це велике розмаїття життєвих форм у воді майже 600 млн років тому стало підставою для відокремлення цього часу від докембрію. Відтоді розвиток органічного світу ввійшов у нову еру – палеозойську (еру давнього життя).

У кембрії життя на планеті розвивалося в напрямку ускладнення форм, завоювання ними нових екологічних ніш, і відбувалося це, порівняно з попередніми епохами, гігантськими кроками. Так, у кембрії виникли майже всі відомі типи безхребетних. Щодо панівних видів, то такими були різноманітні трилобіти, брахіоподи й археоціати. Останні утворювали колонії бентосних тварин, які за будовою й способом життя займали проміжне положення між коралами та губками. Суша кембрійського періоду була ще пустельною й під дією екзогенних чинників інтенсивно вивітрювалася.

В ордовіку з'явилися перші морські лілії, голкошкірі, рудоутворюючі організми – мшанки, чотирипроменеві корали, подальшого розвитку досягли трилобіти, які остаточно зникнуть із арени життя аж у пермі. З хижаків у пізньому ордовіку слід виділити головоногих молюсків наутілусів.

Силур – період, коли життя інтенсивно почало завойовувати суходіл. Піонерами були риніофіти – перші з вищих рослин, які почали освоювати прибережні перезволожені ділянки ще в ордовіку. Від них беруть початок псилофіти, які особливо поширились у силурі.

Одночасно з рослинами перезволожену сушу почали освоювати різноманітні членистоногі, в тому числі й велетенські (до 3 м) ракоскорпіони. Життя в морях продовжувало ускладнюватися, про що свідчить поява у воді панцерних риб із внутрішнім хрящовим скелетом. Отже, на арені життя з'являються перші представники фауни хребетних.

Девон називають віком риб. Панівними у водах стають різноманітні хрящові риби: панцирні, акули, скати, в мілких лагунах та озерах – дводишні. Нащадки девонських дводишних риб і тепер зустрічаються в озерах Африки, що періодично пересихають.

У девоні вперше з'являються стегоцефали – хребетні земноводні на чотирьох ногах, а також комахи. У цей період досягли свого розвитку псилофіти, які вже мали коріння, стебла й листки. Поряд із псилофітами в заболочених низинах росли хоч і одноманітні, але досить численні хвоці й папороті, які в пізньому девоні назавжди витіснили псилофітів з арени життя.

У кам'яновугільному періоді (карбоні) свого розквіту досягли деревоподібні папороті та хвоці. У болотистих місцевостях ці рослини сягали 20–30-метрової висоти, вони швидко росли, акумулюючи сонячну енергію в своїх стовбурах, з яких за певних умов у подальшому утворилося кам'яне вугілля. На цей період припадає поява перших гінкгових і шпилькових. Продовжував ускладнюватися тваринний світ. З'явилися представники нового класу хребетних – плазуни (рептилії).

У пермі значна частина континентів, піднявшись, звільнилась від морів. Клімат став холоднішим і посушливішим. Багато представників рослинності кам'яновугільного періоду вимерло, їхнє місце зайняли хвойні та пальми. Тваринний світ також зазнав великих змін: значна група водних і сухопутних тварин, не спромігшись пристосуватися до нових, більш жорстких кліматичних умов, вимерла. Натомість з'явилися нові форми,

наприклад, головоногі молюски – амоніти, брахіоподи, продовжували вдосконалюватися риби й рептилії.

Початок мезозойської ери ознаменувався розпадом Пангеї на Лавразію та Гондвану. Незважаючи на великі тектонічні зрушення в рельєфі планети, клімат мезозою був теплий і м'який, що сприяло розвитку органічного життя.

У тріасі досягли свого розквіту амоніти й белемніти, серед риб почали переважати кісткові, з'явилися справжні устриці, окремі види яких дійшли до наших днів. На зміну чотирипроменевим коралам приходять нинішні – шестипроменеві. У цей час з'являються різноманітні рептилії, причому вони заселяють як водні простори, так і мілководні лагуни, озера, болота й навіть савани. У пізньому тріасі в лісах з'являється перша, величиною з голуба, зубаста пташка – археоптерикс. На межі тріасу та юри з'являються перші примітивні ссавці.

Тектонічні й кліматичні умови юрського часу мало чим відрізнялися від тих, що панували в тріасі. Життєві форми продовжують освоювати суходіл. Флора вже добре диференційована стосовно екологічних умов. Відбувається подальший розвиток голонасінних (шпилькові, саговникові, беннетитові, гінкгові тощо). З'являються перші покритонасінні. Фауна представлена різноманітними формами динозаврів, які завоювали не тільки сушу й водне середовище, але й повітряний простір. Моря переповнювали різного роду риби, молюски, в тому числі велетенські (до 2 м у діаметрі) амоніти, белемніти. Теплий клімат сприяв розвитку коралів.

Характерним для крейдового періоду є посилення тектонічної діяльності й найбільша в історії Землі трансгресія моря. В новоутворених, порівняно неглибоких морях, склалися сприятливі умови для розвитку планктону. Особливо поширилися форамініфери та радіолярії. Дно таких морів було заселене всілякими голкошкірими, двостулковими та головоногими молюсками. З їхніх черепашок і скелетів планктону утворилися потужні відклади крейди. Там, де до крейди примішувалися принесені з суходолу глинисті мінерали, відкладалися мергелі.

Крейдовий період ще відомий як період динозаврів. Динозавр у перекладі з грецької мови означає „жахлива ящірка”. Справді, зовнішній вигляд мезозойських рептилій був набагато жахливіший, ніж у сучасних коמודських варанів чи африканських крокодилів, та й за розмірами деякі з них були справжніми гігантами. Так, зауроподи, що жили в неглибоких лагунах і озерах, досягали 35 м у довжину при масі понад 30 т. У лісових заболочених хащах мешкали десятиметрові ігуанодонти. Пересувалися вони на двох ногах, опираючись на довгий і міцний хвіст. Не поступалися їм за розмірами й качкодзьобі динозаври. Дивовижно виглядав і стегозавр – велика тварина, що чимось нагадувала сучасних носорогів. Тіло стегозавра було обрамлене міцним панциром з рогових пластин з шипами, а по обидва боки хребта, від голови до хвоста майже вертикально відходили великі, товсті, загострені кісткові шипи, які на сильному хвості переходили в дві пари гострих і мечоподібних вирости. Незважаючи на свої велетенські розміри й



страшний вигляд, ці істоти були смирними трав'юдними тваринами на відміну від дещо менших, але добре озброєних гострими зубами й кігтями хижих динозаврів, наприклад тиранозаврів або тарбозаврів.

У водах морів і численних озер жили різноманітні іхтіозаври, в повітрі ширяли літаючі ящери – птерозаври масою 10–15 кг і з розмахом крил понад 7 м. Звичайно, більшість видів динозаврів була значно менших, ніж вище описано, розмірів. Саме вони й створювали фон тогочасної фауни, серед якої вже зародились і набували сили майбутні володарі біосфери – ссавці.

Характерною ознакою розвитку рослинного світу на початку періоду є поява покритонасінних, які у верхній крейді вже витіснили голонасінні в більш несприятливі умови місцезростання, внаслідок чого відчутно зменшилося їхнє видове різноманіття.

Зауважимо, що 70–65 млн років тому на Землі відбулася якась подія планетарного масштабу, яка суттєво вплинула на подальший розвиток життя на планеті. У цей час вимерла величезна група тварин (приблизно 18 % родин і 45 % родів різних організмів), що в багато разів перевищує рівень вимирання, відмічений в інших геологічних межах. У цей відрізок часу вимерли не тільки всі динозаври й зубасті пташки, тобто сухопутні види, але й багато водяних тварин (іхтіозаври, белемніти, амоніти, деякі роди риб тощо). Суттєво змінився й рослинний світ. Перестало існувати багато видів гінкгових, кордаїтових, хвоців і папоротей. Так, із гінкгових до наших днів дійшов тільки один вид – гінкго дволопатевий, і то у вигляді одиничних екземплярів. Нині завдяки ботанікам цей релікт минулих епох росте в багатьох ботанічних садах світу.

Протягом кайнозою формувався сучасний органічний світ морів і континентів, сучасні ландшафти й біоценози. В морях та океанах зникли амоніти й белемніти, вимерли іхтіозаври, плезіозаври та багато інших мешканців моря. Поступово пішли в небуття пристосовані до життя на суходолі динозаври. Замість них стали панувати ссавці в усіх сферах життя: на суходолі, в повітрі (кажани) та у воді (кити, тюлені, дельфіни).

У палеогені бурхливо розвиваються найпростіші (нумуліти) – породоутворюючі організми. Відомі також губки, корали, голкошкірі та ін. На просторах суходолу панують три групи ссавців: копитні, носороги й хоботні. Саме вони створили неповторні риси палеогену. Теплокровність, розвиток великого головного мозку й вищих нервових центрів стали вирішальними в їхньому розквіті й боротьбі за існування. Але крім них, у лісах жили також примати, комахоїдні, рукокрилі, гризуни.

Розвиток ссавців тісно пов'язаний з об'єднанням та ізоляцією континентів: в Австралії розвивалися сумчасті; в Південній Америці – теж сумчасті, неповнозубі й нижчі мавпи; в Північній Америці – тапіри, титанотерії, хижаки, конеподібні; в Африці – хоботні, хижаки, тут формуються людиноподібні мавпи. В кінці палеогену з'явилися найбільші ссавці – індрикотерії (безрогі носороги).

Азія з Північною Америкою періодично з'єднувалися Берингівським мостом, який існував ще з пізньокрейдової епохи. Хоча в палеогені він не менше двох разів затоплювався морем, обмін ссавців між материками не припинявся. Про це свідчать 22 спільних ряди, 32 родини й 16 родів.

Флора палеогену була дуже різноманітною й групувалася в Євразії за двома провінціями. У північній частині Європи й Азії, де клімат був помірним, росли переважно листопадні та хвойні дерева: дуб, клен, береза, бук, каштан, липа, магнолія, тополя, тис, ялина. Тропічна рослинність заселяла великі південні території США, Європи, Східноєвропейської рівнини до широти м. Харкова, Південну й Центральну Азію південніше Тибету. Це, так звана, полтавська флора, до складу якої входили такі теплолюбиві рослини як пальми, лаври, олеандри, мирти, гладколисті дуби, бамбук, папороті, тис, араукарія.

У палеогені особливого поширення набувають трави – злаки, осокові, лілії, морські трави. Слід сказати, що деякі дослідники вважають, що трав'янисті покритонасінні – похідні від деревних форм. Тобто процес ішов по лінії: дерева – кущі – напівкущі – багаторічні трави – однорічні трави. При цьому бурхлива еволюція трав починається вже з другої половини палеогену. Зміна деревних форм трав'янистими пояснюється похолоданням і континенталізацією клімату в кінці палеогену – на початку неогену.

У морях були дуже поширені одноклітинні діатомові й золотисті водорості, з яких утворились у багатьох місцях кременисті породи, вапняки й крейда.

Фауна неогену характеризується домінуванням сучасних ссавців: у міоцені появились мастодонти, носороги, ведмеді, бики, жирафи, вівці, антилопи та ін. У пліоцені з'являються слони, гіпопотами, справжні коні. Але ця фауна поширювалася на материках по-різному, що знову-таки було пов'язано з періодичною ізоляцією континентів. Так, на початку неогену в Північній Америці оленів і мавп ще не було, але в кінці міоцену знову виник Берингівський „міст” і фауна материків змішалася.

Не було зв'язку до середини пліоцену й між американськими континентами, тому фауна на них відрізнялася. Але після з'єднання материків хижаки Північної Америки проникли в Південну й винищили місцевих ссавців.

Флора неогену мало чим відрізнялася від палеогенової, але поширення по територіях окремих форм дуже різнилося. Так, у Європі вічнозелені рослини траплялися лише в південних приморських областях, а північніше – тільки листопадні. Аналогічна обстановка була й у Сибіру.

У кінці неогену великі території Європи покриваються лісами з сосни, ялиці, ялини, берези, а північна частина Сибіру – хвойною тайгою. Примітивною залишалася фауна ссавців на території Австралії, що пояснюється ранньою й безповоротною ізоляцією цього континенту від решти суходолу.

В антропогені в умовах тундри та лісотундри, в прильодовикових районах живуть мамонти, шерстисті носороги, гігантські олені, тури, печерні ведмеді, песці, вівцебики, полярні зайці та ін. Ареал холодолубивої фауни досяг максимуму в пізньому плейстоцені, коли мешканці тундрової зони (песці, полярні куропатки тощо) проникали аж до Кримського півострова.

Щодо розвитку життя в антропогеновому періоді, то найважливішою подією була поява людини. Відділившись від приматів у кінці палеогену, людиноподібні мавпи повільно еволюціонували й на початку антропогену з'явилася стародавня людина – *Homo erectus* (людина прямоходяча), а після неї – *Homo sapiens*, яка вже мала здатність мислити й працювати. Зараз все частіше можна зустріти в науковій літературі думки вчених, що початок четвертинного періоду доцільно пов'язувати з появою *Homo habilis* (людини умілої). Про це свідчать дані нових археологічних відкриттів у Східній Африці (особливо на березі оз. Рудольфа в Ефіопії), де була знайдена людиноподібна істота з об'ємом мозку майже 800 см<sup>3</sup>, вік якої становить близько 2,8 млн років. Однак не всі спеціалісти відносять її до людини.

Вивчаючи історію розвитку геосфер Землі, доречно звернути увагу на причини вимирання тварин у різні епохи. Існує чимало гіпотез. Багато з них слабо обґрунтовані, особливо ті, що базуються на факторі зміни сонячної радіації або епідемії мікробних захворювань. Геологів приваблюють ті гіпотези, які ґрунтуються на установлених фактах, такі як інверсія магнітного поля Землі, зміни кліматичних умов, великі регресії морських басейнів. Деякі вчені вважають, що періодичні зміни в магнітному полі Землі могли призводити до тимчасових втрат захисту планети від космічної радіації, що могло підвищити частоту мутацій у тварин (спадкової зміни) і відповідно прискорити еволюцію й вимирання.

Зміни кліматів можуть впливати на все живе по-різному на материках і в океанах. Якщо посушливі кліматичні умови й скорочення морських басейнів упродовж пермського й тріасового періодів призвели до значного вимирання тварин і рослин на всій земній кулі, то в антропогені кліматичні зміни найбільше зачепили життя на суходолі, тоді як морські тварини особливих змін не зазнали.

Значні вимирання морських тварин відбувалися внаслідок регресії морів (скорочення басейнів) і змін солоності. Але повне вимирання морських рептилій, трилобітів чи амонітів можна пояснити змінами солоності, температури, фітопланктону й газового режиму давніх морів.

Скорочення фітопланктону могло призвести до вимирання тварин, оскільки фітопланктон є первинним продуктом харчування. Він же виробляє кисень. Значне зменшення вмісту цього газу теж могло спричинити вимирання організмів. Цією ж причиною можна пояснити вимирання наземних тварин після значних змін у рослинному світі. Вирішення проблеми масового вимирання тварин – і до сьогодні одне з найцікавіших питань палеонтології.

### 5.2.5. Географічна оболонка, її властивості та закономірності розвитку

*Географічна оболонка* – безперервна й цілісна оболонка Землі, яка включає в себе верхню частину літосфери, нижні шари атмосфери, всю гідросферу і всю біосферу нашої планети. Всі геосфери взаємопроникають одна в одну і між ними безперервно здійснюються найрізноманітніші зв'язки у вигляді обміну речовиною, енергією та інформацією. Такий же обмін має місце і між географічною оболонкою та Космосом.

Межі географічної оболонки до цих пір чітко не визначені. Її верхньою межею вважають озоновий екран в атмосфері, за межі якого не виходить життя на нашій планеті. Нижню межу найчастіше проводять в літосфері на глибині 1 км (іноді 4–5 км) або по океанічному дну. Загалом географічна оболонка має середню потужність близько 30 км. Але за останні десятиліття діяльність людини охопила не тільки всю географічну оболонку, але й вийшла за її межі – в Космос. Тому тепер один і той же об'єкт без відношення до діяльності людини називається географічною оболонкою, а по відношенню до діяльності людства – географічним середовищем.

Складові географічної оболонки (гірські породи, вода, повітря, ґрунт, жива речовина, плазма, електромагнітне поле тощо) здатні перебувати у різних агрегатних станах (твердому, рідкому, газоподібному та ін.) і набувати різного рівня організації (косного, біокосного, біогенного, живого та ін.).

Особливістю географічної оболонки є здатність сприймати і трансформувати енергію. Головним енергетичним джерелом для географічної оболонки є енергія Сонця. Телурична енергія (енергія земних надр) становить лише одну чотирьохтисячну від сонячної.

Географічна оболонка – найбільший природний комплекс, в розвитку якого є певні закономірності. Найважливіші з них: цілісність, ритмічність, горизонтальна зональність, висотна поясність.

*Цілісність* географічної оболонки полягає в тому, що всі її компоненти становлять єдине ціле, взаємодіють між собою. Цілісність досягається кругообігом речовини та енергії (циркуляція атмосфери, система морських течій, кругообіг води, біологічний кругообіг). Зміна одного з компонентів неодмінно спричиняє зміну інших. Так, вирубування лісу призводить до цілого ланцюга змін: зникають лісові рослини й тварини – руйнуються і змиваються ґрунти – знижується рівень ґрунтових вод – міліють річки.

Унаслідок обертання Землі навколо своєї осі та Сонця, нерівномірного нагрівання земної поверхні всі процеси та явища в географічній оболонці повторюються через певний проміжок часу. Так виникає *ритмічність* – закономірна повторюваність у часі природних явищ і процесів. Розрізняють добові й сезонні ритми, наприклад, зміни дня і ночі, пір року, припливи й відпливи тощо. Є ритми, що повторюються через певний проміжок часу: вікові коливання клімату й рівня води в озерах, горотворення тощо.

*Зональність* – закономірна зміна природних компонентів і природних комплексів у напрямі від екватора до полюсів. Вона зумовлена неоднаковою

кількістю тепла у зв'язку з кулястістю Землі. До зональних комплексів належать географічні пояси і природні зони. Географічні пояси – найбільші зональні комплекси, що простягаються у широтному напрямі (екваторіальний, субекваторіальний, тропічний і т. д.). Кожен географічний пояс поділяється на менші за розмірами комплекси природні зони (степів, пустель, напівпустель, лісів).

*Висотна поясність* – закономірна зміна природних компонентів і природних комплексів з підняттям у гори від їхнього підніжжя до вершин. Вона зумовлена зміною клімату з висотою: зниженням температури (0,6°C на кожні 100 м підйому) і до певної висоти (до 2–3 км) збільшенням опадів. Висотна поясність має ту саму послідовність, як і на рівнині під час руху від екватора до полюсів. Проте природні пояси в горах змінюються значно швидше, ніж природні зони на рівнинах. Крім того, в горах є особливий пояс субальпійських і альпійських луків, якого немає на рівнинах. Кількість висотних поясів залежить від висоти гір та їх місцезнаходження.

## РОЗДІЛ 6. КОНЦЕПЦІЇ ВИНИКНЕННЯ ТА РОЗВИТКУ ЖИТТЯ

### 6.1. Концепції сутності життя

*Життя* – одна з форм буття й одна з найважливіших форм руху, що закономірно виникла в процесі розвитку матерії. Уявлення про специфіку живого поступово накопичувалися в процесі пізнання природи. Першорядну роль у цьому відіграв розвиток природознавства. У зв'язку з розширенням природничонаукового пізнання життя розвивалося й філософське його розуміння. Філософський підхід до проблеми життя має світоглядне значення, оскільки він відбиває віковичну боротьбу матеріалізму й ідеалізму, науки й релігії.

Основоположником *ідеалістичної концепції* сутності життя вважають давньогрецького філософа Аристотеля (4 ст. до н. е.), який стверджував, що в основі живого лежить особливе нематеріальне начало – „ентелехія” – активне начало, яке перетворює можливість у дійсність; енергія; душа людини, яка розпоряджається формуванням, змінами й діяльністю її тіла. Ці уявлення пізніше модифікувалися в концепцію віталізму.

Основним положенням віталізму є визнання особливої „життєвої сили” (VIS VITALIS), або „душі”, властивої всім тілам живої природи. Значного поширення віталізм набув у 17–18 ст. у зв'язку з популяризацією цієї течії німецьким хіміком і лікарем Г. Шталем (1660–1734 рр.). Він стверджував, що будь-який організм складається з речовин, які легко розкладаються; розпаданню цих речовин перешкоджає душа. Вона керує всіма процесами, й доти, поки душа знаходиться в організмі, останній є живим тілом. Але як тільки душа залишає тіло, речовини, які знаходяться в ньому, починають розкладатися. Життєва сила, як особлива нематеріальна субстанція, вважалася незалежною від матеріального світу, тому найбільш послідовні прихильники віталістичної концепції вважали, що вона є проявом божественного начала.

Завдяки теорії еволюції Ч. Дарвіна в науці переміг історичний погляд на природу, однак віталістичний принцип далеко не відразу був витіснений із природознавства. Для обґрунтування своїх поглядів віталісти висували два основні положення:

- 1) в організмах виробляються особливі органічні речовини; оскільки їх створює життєва сила (душа), то штучно відтворити їх неможливо;
- 2) заперечення застосування закону збереження енергії до живих тіл.

Із часом ці положення були спростовані. У 1828 р. німецький хімік і лікар Ф. Велер вперше синтезував органічну речовину (сечовину) з неорганічної (з ціановокислого амонію). Сьогодні список органічних речовин, синтезованих з неорганічних, сягає понад 100 тисяч. Варто

нагадати, що здійснено штучний синтез таких складних органічних речовин, як поліпептиди. Саме вони, як первинна структура, лежать в основі будови білкової молекули, а без білка життя просто неможливе.

Друге положення вдалося спростувати завдяки розшифруванню механізму фотосинтезу, в процесі якого за участю живих організмів відбувається перетворення сонячної енергії на інші види енергії. Як виявилось, закон збереження енергії застосовний і до живих тіл.

Уявлення про те, що життя має матеріальну основу й перебуває в єдності з неорганічною природою, ми знаходимо в античних мислителів. Пізніше, в „похмуру” епоху Середньовіччя, у зв'язку зі значним поширенням релігійних поглядів і жорстоким придушенням „інакомислення” (суд інквізиції), це матеріалістичне уявлення про життя було відкинуто (життя створює Бог). І лише у 18 ст. (епоха Просвітництва) під впливом французьких філософів-матеріалістів поширюється матеріалістичний погляд на природу. Однак, його прихильники, виступаючи проти ідеалістичного трактування сутності життя, зводили всі прояви життя тільки до фізичних і хімічних явищ. Звідси виникло однобічне уявлення про організми як про тіла, що відрізняються тільки складністю будови. Така механістична концепція виявилася неспроможною вирішити проблему сутності життя.

*Матеріалістична концепція* розвивалася й у 19 ст. Наприклад, Ф. Енгельс охарактеризував життя як якісний стрибок у розвитку матерії, який відбувся „при переході від звичайної хімічної дії до хімізму білків, що ми називаємо життям”. За Енгельсом: „Життя – це спосіб існування білкових тіл; цей спосіб існування полягає в постійному самовідновленні хімічних складових частин цих білкових тіл”.

Успіхи молекулярної біології значно розширили уявлення про хімічний субстрат життя. До його складу поряд з білковими молекулами входять такі найважливіші хімічні речовини, як нуклеїнові кислоти. Сучасна наука виявила також ряд істотних властивостей життя. Зокрема, було доведено, що життя пов'язане зі складним колоїдним станом протоплазми; що життю властивий не тільки обмін речовин, але й перетворення енергії.

За сучасними науковими уявленнями *життя* – це процес існування складних систем, що складаються з великих органічних молекул і неорганічних речовин, здатних самовідтворюватися, саморозвиватися й підтримувати своє існування в результаті обміну енергією й речовиною з навколишнім середовищем. Таким чином, біологічна наука стоїть на матеріалістичних позиціях. Проте питання про походження життя ще не вирішене остаточно. Існує кілька теорій його виникнення й усі вони рівноцінні та розглядаються завжди разом.

## 6.2. Гіпотези про виникнення життя

### 6.2.1. Гіпотеза креаціонізму

*Креаціонізм* – віра в те, що світ, людина та різні форми життя на Землі створені вищою, надприродною силою. Історія креаціонізму є частиною історії релігії, хоча сам термін виник нещодавно – приблизно з кінця 19 – на початку 20 ст., коли наукові теорії, що суперечили канонічним релігійним текстам (принаймні в їх буквальному розумінні), стали істотно впливати не тільки на погляди наукової спільноти, але й на масову свідомість. Це було реакцією захисників традиційного релігійного світогляду на нову наукову картину світу й, насамперед, на теорію еволюції, запропоновану Ч. Дарвіном.

Креаціонізм не є цілісною доктриною, оскільки існує багато його різновидів з різними уявленнями про час акту творіння та різним ставленням до сучасних наукових поглядів на біологічну та геологічну еволюцію. Розрізняють креаціонізм „молодої Землі”, креаціонізм „старої Землі”, прогресивний креаціонізм, неокреаціонізм.

*Креаціонізм „молодої Землі”* спирається на буквально розуміння історичної хронології світу, Землі та людства, викладеної в Біблії. Згідно з Книгою Буття, Бог створив Землю та живі істоти на ній протягом шести днів. Час, що минув від цього акту творіння до сьогодні, також вираховується через буквально тлумачення священних текстів. Так, у 1650 р. англіканський архієпископ Дж. Ашер підрахував, що Бог створив світ у жовтні 4004 р. до Р. Х. Цю дату він отримав, аналізуючи роди й родинні зв'язки згадуваних у Біблії осіб. Інші методики підрахунків дають дещо інші цифри, але загалом проміжок часу від створення світу до сьогодні, описаний Біблією, не виходить за межі 10 000 років.

Прибічники цього напряму не визнають еволюції й заперечують дані сучасної науки щодо датування геологічних структур і викопних біологічних об'єктів, знайдених на Землі. Викопні рештки вимерлих біологічних видів, сліди динозаврів тощо можуть інтерпретуватися як залишки від тварин, знищених Всесвітнім потопом. Сучасні наземні хребетні тварини вважаються нащадками тварин, врятованих від Потопу в Ноевому ковчезі. Їхнє сучасне різноманіття було закладено ще під час акту творіння, згодом тварини могли дещо змінюватися в процесі пристосування до різних природних умов, змішування між собою та мутацій.

У молодоземельному креаціонізмі динозаври та інші вимерлі тварини до Потопу мусили співіснувати з людством. Деякі прихильники цієї точки зору саме так тлумачать біблійні вірші „І створив Бог великих чудовиськ”.

Друга група аргументів за співіснування людей з динозаврами спирається на відкриття „кам'яних” бібліотек перуанської місцевості Ікі та мексиканського міста Акамбара, що містять десятки тисяч округлих базальтових каменів із вирізьбленими на них зображеннями, приблизно



третина яких присвячена динозаврам: люди на них полюють, їздять як на домашніх тваринах, літають тощо.

Третя група аргументів полягає в тому, що в більшості народів Землі з давніх-давен збереглося поняття „дракон”, яке є дуже близьким до поняття „динозавр”.

Четверта група аргументів за співіснування людей з динозаврами об'єднує численні дивні знахідки та відкриття. Наприклад, на дні пересохлого русла річки Пелаксі в Техасі у 1980-ті роки було знайдено сліди прадавньої людини, які в деяких місцях межують або перетинаються зі слідами триподових (трипалих) динозаврів. У 1977 р. японський траулер „Зуйо Мару” біля узбережжя Нової Зеландії підняв з глибини 300 м величезну прогнилу тушу. Її довелося викинути через небезпеку зараження решти вилову. Але на судні був кваліфікований біолог Мічіхіко Яно, який, провівши дослідження, встановив, що туша належала плезозавру або плезозавроподібному ссавцю, але аж ніяк не риби. До цієї ж групи аргументів відносяться приклади знаходження людських виробів та відбитків людини в давніх гірських породах.

Креаціонізм „молодої Землі” суперечить даним сучасної астрономії про вік космічних об'єктів і відстані між ними. Наприклад, у випадку створення Всесвіту кілька тисяч років тому до Землі ще не встигло б дійти світло від зірок, віддалених значно більше, ніж на кілька тисяч світлових років. У зв'язку з цією проблемою було висунуто кілька ідей. За однією з них Бог створив не тільки планети й зірки, а й світло в просторі між ними, щоб їх відразу можна було бачити. Відповідно до іншої версії, кілька тисяч років тому швидкість світла була значно більшою, ніж тепер. Існують також ідеї про „молоду” Землю, оточену „старим” Всесвітом.

Для спростування сучасних наукових даних про вік Землі прибічники креаціонізму часто використовують аргументи про деякі процеси, що відбуваються на Землі й у Космосі: накопичення гелію в атмосфері Землі, зменшення рівня магнітного поля планети, накопичення пилу на Місяці, накопичення металів в океані, денудація материків тощо. Оскільки екстраполяція нинішньої швидкості цих процесів на мільйони чи мільярди років у минуле дає абсурдні результати, то це, на думку креаціоністів, свідчить на користь моделі „молодої Землі”. З точки зору наукових критиків креаціонізму такі аргументи є некоректними, оскільки не враховують дію усіх чинників й екстраполюють у минуле процеси, які є нерівномірними в часі та просторі. Зокрема, не враховується можливість витоку гелію з атмосфери, нерівномірність зміни магнітного поля Землі в часі та ін.

*Креаціонізм „старої Землі”* тлумачить біблійні тексти про створення світу не в буквальному, а в метафоричному сенсі. Наприклад, кожен із шести „днів”, за які був створений світ, може бути „днем” для Господа, а за людськими мірками відповідати мільйонам чи мільярдам років.

Існує також тлумачення Книги Буття, за яким між моментом, коли „на початку Бог створив Небо та землю” (Буття 1:1) і коли „Земля була пуста та

порожня, і темрява була над безоднею” (Буття 1:2) існував значний проміжок часу. За цей період Земля зазнала занепаду й спустошення, а потім була переформована актом Божого творіння. Таким чином можна пояснити дані сучасної геології, за якими вік Землі становить не кілька тисяч, а кілька мільярдів років.

Різновидом креаціонізму „старої Землі” є „прогресивний” креаціонізм, який визнає оцінки віку Землі за даними сучасної геології та космології, але вважає, що виникнення нових видів рослин і тварин у ході земної історії щоразу було пов’язане з втручанням божественної сили. Можливість природного походження усіх живих істот від спільного предка переважно заперечується. Натомість прихильники ідеї „теїстичної еволюції” (або „еволюційного креаціонізму”) визнають біологічну макроеволюцію, розглядаючи її як інструмент, за допомогою якого Бог творить нові види живих істот.

*Неокреаціонізм* – спроба створити таку форму креаціонізму, яка не була б безпосередньо прив’язаною до тлумачення конкретних священних текстів. Розвиток неокреаціонізму в США стимулювався судовими рішеннями, що визнавали неконституційними закони, які в разі викладання в державних школах еволюційної теорії зобов’язували одночасно викладати й креаціоністську. Рішення мотивувалися тим, що закон не повинен надавати перевагу жодній конкретній релігії. Якщо ж перетворити креаціонізм з релігійної концепції на наукову, тоді можна буде вимагати розгляду його на рівних правах з теорією еволюції та іншими науковими теоріями. Найвідомішою формою неокреаціонізму в США є *концепція „розумного задуму”*. Прихильники цього напряму стверджують, що „певні характерні риси Всесвіту та живих істот можна найкращим чином пояснити дією розумного чинника, а не через неспрямований процес, такий як природний відбір”, і тому наука повинна не обмежуватись пошуком виключно природних причин, а враховувати також і можливість дії надприродних факторів. Однак, досі спроби надати концепції „розумного задуму” статусу наукової теорії, яка має викладатися в школах нарівні з еволюційною теорією, не мали великого успіху.

### **6.2.2. Гіпотеза спонтанного зародження**

Протягом тисячоліть люди вірили в мимовільне зародження життя, вважаючи його звичайним способом появи живих істот із неживої матерії. Вважали, що джерелом спонтанного зародження слугують або неорганічні сполуки, або гнилі органічні залишки (концепція абіогенезу). Ця гіпотеза була поширена в Стародавньому Китаї, Вавилоні та Єгипті в якості альтернативи креаціонізму, з яким вона співіснувала. Ідея самозародження висловлювалася також філософами Давньої Греції та навіть більш ранніми мислителями. Протягом такої тривалої історії ця гіпотеза видозмінювалася, але як і раніше залишалася помилковою. Аристотель, якого часто

проголошують засновником біології, писав, що жаби й комахи заводяться в сирому ґрунті. За уявленнями Аристотеля певні „частки” речовини містять деякий „активний” зародок, який при відповідних умовах може утворити живий організм. Аристотель мав рацію, вважаючи, що цей зародок міститься в заплідненому яйці, але помилково вважав, що він є в сонячному світлі й гнилому м'ясі. Багатьом „вдавалося” спостерігати зародження різноманітних живих істот, таких як комахи, черв'яки, миші, в залишках організмів, які розкладалися або гнили.

Ці „факти” вважалися досить переконливими доти, доки італійський лікар Ф. Реді (1626–1697 рр.) не підійшов до проблеми виникнення життя більш суворо й не піддав сумніву теорію спонтанного зародження. У 1668 р. Реді встановив, що білі черв'ячки, які з'являються на гниючому м'ясі – личинки мух. Провівши низку експериментів, він отримав дані, які підтверджували думку про те, що життя може виникнути лише з попереднього життя (концепція біогенезу).

Подібних поглядів дотримувався й голландський вчений А. Левенгук (1632–1723 рр.), який, використовуючи мікроскоп, відкрив дрібні організми, невидимі неозброєним оком. Це були бактерії й найпростіші. Левенгук висловив думку, що ці крихітні організми, або „анімалькулі”, як він їх називав, походять від собі подібних.

Думку Левенгука поділяв італійський вчений Л. Спаланцані (1729–1799 рр.), який вирішив довести дослідним шляхом, що мікроорганізми, які часто виявляються в м'ясному бульйоні, мимовільно в ньому не зароджуються. З цією метою він поміщав рідину, насичену органічними речовинами (м'ясний бульйон), в посудини, кип'ятив цю рідину на вогні, після чого посудини герметично запаював. У результаті бульйон у посудинах залишався чистим і вільним від мікроорганізмів. Своїми дослідженнями Спаланцані довів неможливість самовільного зародження мікроорганізмів.

Супротивники цієї точки зору стверджували, що життя в колбах не виникало з тієї причини, що повітря в них під час кип'ятіння псується, тому, як і раніше, визнавали гіпотезу самозародження.

Нищівний удар по цій гіпотезі було завдано в 19 ст. французьким мікробіологом Л. Пастером (1822–1895 рр.) та англійським біологом Дж. Тіндалем (1820–1893 рр.). Вони довели, що бактерії поширюються в повітрі і якщо в повітрі, яке потрапляє в колби з простерилізованим бульйоном, їх немає, то й у самому бульйоні вони не виникнуть. Пастер користувався для цього колбами із зігнутих S-подібним горлом, яке слугувало для бактерій пасткою, тоді як повітря вільно проникало в колбу й виходило з неї.

Тіндаль стерилізував повітря, що поступає в колби, пропускаючи його крізь полум'я або через вату. До кінця 70-х рр. 19 ст. практично всі вчені визнали, що живі організми зароджуються тільки від інших живих організмів, що означало повернення до первісного питання: звідки ж узялися перші організми?

### 6.2.3. Гіпотеза стаціонарного стану

Відповідно до цієї гіпотези Земля ніколи не виникала, а існувала вічно, вона завжди була здатна підтримувати життя, а якщо й змінювалася, то дуже мало; види також існували завжди. Цю гіпотезу називають іноді *гіпотезою етернізму* (від лат. *eternus* – вічний). Це уявлення відповідає концепції вічного нествореного Всесвіту, характерної для східних релігій, таких як індуїзм і буддизм. У контексті сучасних астрономічних знань ця гіпотеза не розглядається як наукова.

Прихильники цієї теорії не визнають, що наявність або відсутність певних викопних залишків може вказувати на час появи або вимирання того чи іншого виду, й приводять як приклад представника хордових риб – латимерію. Викопні рештки кистеперих риб датуються віком близько 380 млн років. У молодших морських відкладах вони уже не трапляються. Вчені вже звикли до думки, що кистепері риби навіки залишилися в минулому. Однак, у 1938 р. поблизу берегів Південної Африки було виловлено латимерію. Після цього випадку упродовж 50-ти років вилунали ще 200 її екземплярів.

Використовуючи палеонтологічні дані для підтвердження теорії стаціонарного стану, її нечисленні прихильники інтерпретують появу викопних залишків в екологічному аспекті (збільшення чисельності, міграції в місця сприятливі для збереження залишків та ін.). Велика частина доказів на користь цієї теорії пов'язана з такими незрозумілими аспектами еволюції, як значення розривів у палеонтологічному літописі, тому вона найбільш детально розроблена саме в цьому напрямку.

### 6.2.4. Гіпотеза панспермії

Гіпотеза походження життя на Землі в результаті перенесення з інших планет якихось зародків життя отримала назву *панспермії* (від грец. *pan* – весь, всякий і *sperma* – сім'я).

Ідею космічного посіву висловив ще в 5 ст. грецький філософ Анаксагор. Після багатоговікового „сну” ідея Анаксагора про „вічне насіння” була розбуджена німецьким вченим Х. Ріхтером у 1865 р. Згідно з Ріхтером життя на Землі не виникло з неорганічних речовин, а було занесене з інших планет. Концепція панспермії була розроблена шведським фізиком і хіміком. С. Авенаріусом у 1884 р. За Авенаріусом життя на Землі виникло від спор рослин або мікроорганізмів, що перенесені з інших планет під дією світлового тиску або, можливо, метеоритами. Згодом П. Беккерель, а пізніше й інші вчені, довели неможливість перенесення в життєздатному стані зародків життя, оскільки на них згубно діють космічні промені. Проте після того, як місією Аполлон-12 було знайдено живі земні мікроорганізми на зонді Сервейер-3, що прибув на Місяць, про гіпотезу панспермії стали говорити частіше.

Відповіді на питання про те, наскільки можливе перенесення життя в Космосі, шукали, насамперед, фізики, тому не дивно, що першими захисниками цих поглядів виступили представники цієї науки, видатні вчені Г. Гельмгольц, С. Арреніус, Дж. Томсон, П. Лазарєв та ін.

Сучасні прихильники концепції панспермії (в числі яких лауреат Нобелівської премії англійський вчений Ф. Лемент) вважають, що життя на Землю занесене випадково або навмисно космічними прибульцями. Разом з американським дослідником Л. Оргелом Лемент опублікував статтю, що мала назву „Керована панспермія”. На думку авторів, „якась примітивна форма життя була свідомо занесена на Землю іншою цивілізацією”. Якщо земляни здатні занести життя на інші планети, чому б не допустити, що саме життя на Землі є продуктом транспортування іншої розвинутої цивілізації, що існувала до нас за 4 млрд років.

До гіпотези панспермії примикає точка зору астрономів Ч. Вікрасасінгха (Шрі-Ланка) та Ф. Хойла (Великобританія). Вони вважають, що в космічному просторі, переважно в газових і пилових хмарах, у великій кількості присутні мікроорганізми, де вони, на думку вчених, і утворюються. Далі ці мікроорганізми захоплюються кометами, які потім, проходячи поблизу планет, „сіють зародки життя”.

### **6.2.5. Гіпотеза (теорія) біохімічної еволюції**

Першу наукову теорію походження життя на Землі створив радянський біохімік О. Опарін (1894–1980 рр.). У 1924 р. він опублікував роботи, в яких виклав уявлення про те, як могло виникнути життя на Землі. Відповідно до цієї теорії, життя виникло в специфічних умовах стародавньої Землі й розглядається як закономірний результат хімічної еволюції сполук вуглецю у Всесвіті.

За Опаріним процес, який привів до виникнення життя на Землі, може бути розділений на три етапи:

- 1) виникнення органічних речовин;
- 2) утворення з найпростіших органічних речовин біополімерів (білків, нуклеїнових кислот, полісахаридів, ліпідів та ін.);
- 3) виникнення примітивних організмів, здатних до самовідтворення.

Теорія біохімічної еволюції має найбільшу кількість прихильників серед сучасних вчених. Земля виникла близько 5 млрд років тому. Спочатку температура на поверхні була дуже високою (до декількох тисяч градусів). У міру її охолодження утворилася тверда поверхня. Атмосфера, яка спочатку складалася з легких газів (водень, гелій), не могла ефективно утримуватися недостатньо щільною Землею, й ці гази замінювалися важкими: водяною парою, вуглекислим газом, аміаком і метаном. Коли температура Землі опустилася нижче 100°C, водяна пара почала конденсуватися, утворюючи Світовий океан. У цей час, відповідно до уявлень О. Опаріна, відбувся абіогенний синтез, тобто в первинних земних океанах, насичених різними

простими хімічними сполуками, „в первинному бульйоні” під впливом вулканічного тепла, розрядів блискавок, інтенсивної ультрафіолетової радіації та інших факторів середовища почався синтез більш складних органічних сполук, а потім і біополімерів. Утворенню органічних речовин сприяла відсутність живих організмів – споживачів органіки, та головного окислювача – кисню. Складні молекули амінокислот випадково об’єднувалися в пептиди, які, у свою чергу, створили початкові білки. З цих білків синтезувалися первинні живі істоти мікроскопічних розмірів.

Найбільш складною проблемою в сучасній теорії еволюції є перетворення складних органічних речовин на прості живі організми. Опарін вважав, що вирішальна роль в перетворенні неживого в живе належить білкам. Мабуть, білкові молекули, притягаючи молекули води, утворювали колоїдні гідрофільні комплекси. Подальше злиття таких комплексів один з одним приводило до відділення колоїдів від водного середовища (коацервації). На межі між коацерватом (від лат. *coacervus* – згусток, купа) й середовищем шикувалися молекули ліпідів – примітивна клітинна мембрана. Передбачається, що колоїди могли обмінюватися молекулами з навколишнім середовищем (прообраз гетеротрофного живлення) та накопичувати певні речовини. Ще один тип молекул забезпечував здатність до самовідтворення. Система поглядів О. Опаріна отримала назву „коацерватна гіпотеза”.

Гіпотеза Опаріна була лише першим кроком у розвитку біохімічних уявлень про виникнення життя. Наступним кроком стали експерименти С. Міллера, який в 1953 р. показав, як з неорганічних складових первинної земної атмосфери під впливом електричних розрядів та ультрафіолетового випромінювання можуть утворюватися амінокислоти й інші органічні молекули. У створеній ним установці йому вдалося синтезувати багато речовин, що мають важливе біологічне значення, в тому числі ряд амінокислот, аденін і простий цукор, такий як рибоза. Після цього Л. Орджел з Інституту Солка в схожому експерименті синтезував нуклеотидні ланцюги довжиною шість мономерних одиниць (прості нуклеїнові кислоти). Однак, у жодному з дослідів Міллера та інших дослідників не вдавалось синтезувати усі 20 амінокислот (кількість амінокислот у живих організмах) одночасно. Крім цього, концентрація амінокислот у „первісному бульйоні” була все ж таки надто малою (близько 2 %). У випадку, якби ці реакції відбувались у невеликій водоймі, цим речовинам загрожувало би звичайне розсіяння. Також слід відзначити, що умови, за яких С. Міллер проводив свої досліді, були досить відмінними від природних. Наприклад, у досліді Міллера один і той самий об’єм газів піддавався дії електричних розрядів протягом тижня. Це означає, що реальна тривалість контакту газів з електричним розрядом у порівнянні з блискавкою була перевищена в мільйони разів.

Окрему проблему становить твердження про відсутність кисню в первинній атмосфері Землі. Це твердження все ще є досить спірним у сучасній науці. А при наявності кисню синтез складних сполук є вкрай малоімовірним.

Вчені пропонують різні моделі, що дозволяють пояснити, як в середовищі, насиченому органічними молекулами, можуть відбуватися автокаталітичні процеси, що продукують деякі з цих молекул. Одні молекули продукуються успішніше, інші – гірше. Так запускається процес хімічної еволюції, яка передуює еволюції біологічній.

Біохімічну гіпотезу походження життя визнають вчені, але в деяких вона викликає сумніви через велику кількість припущень. Астроном Ф. Хойл висловив думку, що ця гіпотеза „так само безглузда й неправдоподібна, як твердження, що ураган, який пронісся над сміттєзвалищем, може привести до утворення зі сміття Боїнга-747”.

Найскладніший момент цієї теорії – пояснення виникнення здатності живих систем до самовідтворення. Аргументи в рамках даної теорії малопереконливі.

На сьогоднішній день серед біологів переважає *гіпотеза РНК-світу*. Суть її полягає в припущенні, що основоположниками живих клітин були молекули РНК, а не білки. Важливим для розвитку цієї теорії є відкриття явища самореплікації (самовідтворення) молекул РНК. Вважається, що шляхом самореплікації молекули РНК еволюціонували до складніших клітинних утворень. Основною проблемою гіпотези є складність спонтанного синтезування поодиноких молекул РНК, а також їхніх послідовностей.

Сучасна наука ще далека від вичерпного пояснення того, як конкретна неорганічна речовина досягла високого рівня організації, характерного для процесів життєдіяльності. Тим не менше, ясно, що це був багатоступінчастий процес, у ході якого рівень організації речовини крок за кроком підвищувався. Відновити конкретні механізми цього ступеневого ускладнення – завдання майбутніх наукових досліджень.

Сьогодні біоінженери вже змогли „по кресленнях”, тобто, за відомим генетичним кодом і структурою білкової оболонки зібрати з біологічних молекул найпростіший живий організм – вірус. Тим самим доведено, що для створення живого організму з неживої матерії не потрібно надприродного впливу. Тепер необхідно відповісти на питання, як цей процес міг пройти без участі людини, в природному середовищі.

## РОЗДІЛ 7. КОНЦЕПЦІЇ ВИНИКНЕННЯ ЛЮДИНИ Й СУСПІЛЬСТВА

### 7.1. Гіпотези про походження людини

У колі питань, які можна назвати вічними, знаходиться проблема походження людини. Більшість теорій можна звести до трьох груп:

- 1) людину створив Бог (креаціонізм, гіпотеза творіння);
- 2) людина походить від мавпи (еволюціонізм, ламаркізм, дарвінізм);
- 3) людина походить від інопланетян (космізм, гіпотеза позаземного походження).

#### 7.1.1. Креаціонізм

Креаціонізм стверджує, що людина створена Богом, богами чи божественною силою з нічого або з будь-якого небіологічного матеріалу. Найбільш відома Біблійна версія, згідно з якою перші люди – Адам і Єва – були створені з глини. Ця версія має древнє коріння у міфах народів Давнього Єгипту, Месопотамії та ін. Різновидом цієї гіпотези можна вважати також міфи про перетворення тварин у людей і про народження перших людей богами.

Ортодоксальна теологія вважає, що теорія (гіпотеза) творіння не потребує доказів. Тим не менше, висуваються різні аргументи на користь цієї теорії, найважливіша з яких – подібність міфів і легенд різних народів, що оповідають про створення людини. Сучасна теологія залучає для доказу гіпотези творіння новітні наукові дані, які, проте, в більшості своїй не суперечать і еволюційній теорії. Деякі течії сучасної теології зближують креаціонізм з еволюційною теорією, вважаючи, що людина походить від мавпи шляхом поступової видозміни, але не в результаті природного відбору, а з волі Бога або відповідно до божественної програми.

#### 7.1.2. Еволюціонізм

Другою за часом виникнення вважають концепцію так званого „природного походження” людини, яку розробляли філософи й учені. Вони висунули думку про два джерела походження людини – з живої й неживої природи. Згідно з думкою Тита Лукреція Кара (95–51 рр. до н. е.), висловленою в поемі „Про природу речей”, людство виникло на Землі природним шляхом, і перші люди з’явилися немовлятами із „земних утроб”. Про природну появу людини говорили й Анаксимандр (6 ст. до н. е.) та Емпедокл (5 ст. до н. е.). Аристотель, Пліній і Гален звертали увагу на мавпу, вважали її заледве не копією людини. Аристотель (4 ст. до н. е.) уперше піддав докладному розгляду людське тіло, вказав на місце, що його займає людина в системі тваринного світу, назвав такі кардинальні відмінності



людини від тварин, як прямоходіння, великий головний мозок, наявність мови, розуму, й піддав ці особливості аналізу. Продовжував порівнювати тіла людини й мавпи пізніше римський лікар та анатом Клавдій Гален (130–20 рр. н. е.).

У Середні віки така традиція переривається, хоча в мусульманському світі виникає й набуває розвитку еволюційна течія, яка перехідною ланкою між твариною й людиною називала мавпу. Дискутувалася також ідея щодо можливості зворотного процесу – від людини до тварини. А в 14 ст. арабський історик Ібн Халдун, який вважається першим соціологом і соціальним антропологом, висунув уже цілком еволюційну теорію виникнення та розвитку людини. В Європі ж тільки в 1699 р. англійський анатом Е. Тайзон опублікував повний опис будови шимпанзе в книзі „Орангутан, або лісова людина: порівняльна анатомія мавпи, пігмея і людини”. У 18 ст. уже зароджується наукова приматологія. В 1766 р. з’являється твір Ж.-Л. Бюффона „Історія землі”, в якому автор уперше висловив крамольну на ті часи в Європі думку, що люди – нащадки мавп. Сорбонна, найстаріший науковий центр Європи, винесла рішення про публічне спалення його книги. Релігійна версія походження людини здавалася непорушною.

Однак до середини 18 ст. віра в те, що світ і все живе створене Богом, була значно підірвана науковими відкриттями. Численні факти, обсяг яких усе зростав, уже неможливо було пояснити, виходячи з традиційних релігійних уявлень. У числі перших виступили проти застарілих уявлень французькі учені, найвідомішим з яких був Ж.-Б. Ламарк (1744–1829 рр.). Цей учений уперше поставив питання про механізм виникнення людини. Така подія сталася на поч. 19 ст., коли вийшов (1808 р.) його твір „Філософія зоології”. Ламарк першим розділив проблему на дві частини: походження фізичного тіла внаслідок еволюції й поява богоподібного розуму. Тіло людини свідчить про її походження від тварин, а розум і душа – про походження божественне. Ламарк цілком допускав походження людини від якогось виду „чотирируких”. Він твердив, що всі сучасні організми походять від давніх шляхом еволюції, у т. ч. й людина. Хід думки був таким: не стало лісів – мавпа почала вести наземне існування, почала ходити на двох ногах, через що вони стали укріплюватися й розвиватися. Через прямоходіння змінилася будова хребта, м’язів, стопи, кисті, щелеп, зубів, головного мозку; а в умовах суспільного життя з’явилася мова. Але концепція була дуже недосконалою, що Ламарк, вочевидь, розумів і сам, бо зауважив, що все було б саме так, як він написав, якби людину не створив Бог.

У тому ж 18 ст. знаменитий шведський природознавець К. Лінней (1707–1778 рр.), творець сучасної класифікації рослин і тварин (таксономії), став першим ученим, який відніс людину й мавпу до однієї групи тварин – приматів, хоча й записав людей у особливий рід (*Homo*) з одним видом „людини розумної” (*Homo sapiens*). Але той же Лінней належав до вчених, які вірили в божественний акт творіння світу й незмінність усього живого.

Саме тому він сказав, що існує стільки видів, скільки їх Бог створив від самого початку. Лінней твердив, що людина все ж таки була створена за образом і подобою Бога і їй був даний божественний розум; а свою таксономічну систему він створював тому, що вважав, що вона допоможе зрозуміти задум Творця. Усе ж, класифікація об'єднала людей і мавп в одну групу, що не могло не впливати на свідомість наступних поколінь учених. Так, Дж. Дворнік у 1808 р. уже ствердно заявив, що люди пішли від людиноподібних мавп. У 18 – першій пол. 19 ст. археологи, палеонтологи, етнографи накопичили великий емпіричний матеріал, що ліг у підвалини вчення про антропогенез.

У 1871 р. побачила світ книга Ч. Дарвіна (1809–1882 рр.) „Походження людини й статевий відбір”. У ній Дарвін уперше висунув ідею про те, що принцип еволюції є зв'язуючою ланкою в багатоманітності форм життя, що, попри всю складність і багатство живого світу, останній розвинувся шляхом поступової еволюції з первинних форм життя. Система Дарвіна, в якій були підведені підсумки довголітніх зусиль природознавців побудувати „драбину” розвитку в порядку чистої еволюції всіх видів тварин і рослин, працювала на головну мету – заперечити ідею про те, що деякі види тварин з'явилися під дією вищої сили (тобто так, як про це повідомляє Книга Буття). Всі види з'явилися на землі внаслідок природної еволюції – твердив Дарвін. Це своє твердження, яке від часу появи ще однієї його роботи „Про походження видів” здавалося остаточно встановленим, Дарвін будував на основі багаторічних спостережень, викладених ним ще в книзі „Подорож на кораблі Beagle”. Правда, ті конкретні випадки, в яких твердження Дарвіна було пов'язане з безсумнівними фактами, відносилися лише до небагатьох „відрізків” з незчисленних видів рослин і тварин, але це саме по собі (з методологічної точки зору) не послабило доказової сили аргументації Дарвіна: те, що перевірене на одних даних, може бути з достатнім правом розповсюджене на всю сукупність фактів такого ж порядку.

Головні тези в еволюційному вченні Дарвіна були такими: 1) боротьба за існування; 2) природний відбір; 3) статевий відбір; 4) закріплення нових змін через спадковість. Вони, на думку Дарвіна, були достатнім поясненням еволюції життя.

Однак, слід сказати, що дарвінізм критикується з часів самої його появи, про що написано томи літератури. Узагальнено думку багатьох учених- критиків Дарвіна можна викласти так: якщо дарвінізм дає пояснення деяких фактів, то його не можна визнати як єдину й усеохоплюючу систему в питанні виникнення нових видів. Дарвін довів, що види розвиваються, але жодного факту переходу одного виду в інший не існує.

З відомих Дарвіну залишків людиноподібних мавп його увагу привертав дріопітек. Дарвін, як і Лінней, теж уважав, що зникнення лісів і перехід до наземного існування підштовхнули еволюцію найдавніших пращурів людини. Прикметно, що серед якостей, що сприяли б виживанню групи, він виділяв не стільки фізичну силу, скільки здатність надавати

взаємодопомогу. Збільшення в групі частки носіїв моральних задатків підвищує життєздатність племені – вважав Дарвін. Зауважуємо: але ж мораль є якістю вже людською. Коли ж і чому вона могла з'явитися, щоб передаватися по роду? У тварин моралі немає. І ось саме тут варто звернути увагу на психіку й зв'язаний з нею мозок, у т. ч. спинний (прямоходіння!). Й одразу проявиться „глухий кут” науки, побудованої на дарвінізмі, адже, що є наслідком – зміни в структурах мозку внаслідок появи моральності (психіка), чи моральність є наслідком змін у структурах мозку? Перше не пояснює причин появи моральності, друге – причин появи змін у мозку.

Наприкінці 19 ст. знаменитий дослідник тропічної природи А. Уоллес (1823–1913 рр.) розвинув теорію відбору незалежно від Дарвіна й одночасно з ним, але піддав дарвінівську трактовку сумніву. Уоллес писав, що людина наділена набагато більшими потенціями, ніж їй потрібно взагалі як біологічній істоті. Отже, людині притаманні такі якості, які не могли виникнути внаслідок природного відбору й узагалі не були вирішальними в біологічному житті виду. „Почуття абстрактної справедливості чи любові до ближнього, – писав він, – ніколи не могли бути набуті таким чином (тобто шляхом відбору), адже ці почуття несумісні із законом виживання найсильнішого”. Учений прийшов до висновку, що мозок людини не може розглядатися як результат природного відбору. Уоллес проголосив, що цей „розумовий інструмент” виник у результаті потреби його володаря й припустив, за його виразом, „втручання вищої розумної істоти” в процес його виникнення.

Логічним продовженням учення Ч. Дарвіна стала трудова теорія антропогенезу Ф. Енгельса. Вона була викладена ним у 1873–1876 рр. й найбільш повно відтворена в статті „Роль праці в процесі перетворення мавпи в людину”, яка була однією з розділів його роботи „Діалектика природи”. Основу концепції Енгельса складає розуміння праці як першої основної умови всього людського життя. Звідси бере початок хрестоматійне для радянських часів формулювання про те, що „праця створила з мавпи людину”, яке вважалось одним з основоположних тверджень історичного матеріалізму.

Підвалиною сучасної еволюційної біології є *синтетична теорія еволюції, або неodarвінізм* (С. Четверіков, Ф. Добржанський, Д. Хакслі, Е. Майєр, С. Райт, Н. Дубінін, О. Северцов, І. Шмальгаузен, Д. Беляєв, О. Татаринів, В. Ратнер та ін.), яка сформувалась у 20 ст. Ця концепція є спробою об'єднати класичний дарвінізм з досягненнями генетики. Безпосередньою передумовою синтезу генетики й теорії еволюції стала хромосомна теорія спадковості Т. Моргана, біометричні й математичні підходи до аналізу еволюції, закон Харді–Вейберга для ідеальної популяції (згідно з ним така популяція прагне зберегти рівновагу концентрації генів за умови відсутності чинників, що змінюють її), результати емпіричного дослідження змінності в природних популяціях тощо.

Математичні моделі синтетичної теорії еволюції були розроблені на початку 30-их рр. Р. Фішером, Дж. Холдейном і С. Райтом. Вони включають деякі методи теоретичної популяційної генетики (розробники: Ю. Свірежев, В. Пасеків, П. Моран та ін.). Дана теорія заснована на визнанні популяції одиницею, що еволюціонує, випадкових змін ДНК і природного відбору, провідної ролі середовища у виникненні видів, необхідності різноманітності в збереженні стабільності біологічних систем. Згідно з синтетичною теорією еволюції елементарною ланкою еволюції є не організм і не вид, а популяція – як сукупність осіб одного виду, що довгий час займають певний простір, і які відтворюють себе протягом великої кількості поколінь. У загальному вигляді ця теорія стверджує, що прогресивний розвиток життя на Землі пояснюється генетичним послідовним успадкуванням фенотипічних ознак (тобто таких, що сформувалися в процесі індивідуального розвитку організму), їх випадковою мінливістю й природнім відбором. Випадкові мутаційні зміни фільтруються природнім відбором і поступово з хаосу невизначеної змінності викристалізуються досконалі форми, ідеально пристосовані до умов мешкання.

Синтетична теорія еволюції припускає, що генотипи з більш високою пристосованістю залишають пропорційно більшу кількість потомків, тому їхні гени в наступному поколінні будуть представлені з більшою частотою. Дана теорія також припускає, що еволюція зумовлена порушенням апарату спадковості під впливом середовища (мутаціями) й відбором корисних за даних умов проживання в поєднанні з ізоляцією ознак, що виникають випадково. Еволюція являє собою безперервний процес накопичення в популяції випадкових мутацій, ознак, що ведуть за умов ізоляції (екологічної, репродуктивної) до дивергенції й формування нового виду.

Синтетична теорія еволюції значною мірою спирається на випадковості, то ж згодом виявилось, що вона вельми розходиться з даними палеонтологічного літопису. З матеріалів розкопок випливає, що нові форми організмів з'являлися найімовірніше стрибками, ніж унаслідок послідовного „шліфування”, як того вимагає класична теоретична схема синтетичної теорії еволюції.

Новий поштовх дана теорія отримала в роботах І. Пригожина, присвячених біфуркаційному розвитку. Головною думкою тут є та, що за умов, віддалених від рівноваги, відриті системи можуть стрибками переходити в якісно новий стан, змінюючи траєкторію свого становлення. Біфуркація визначає наявність у системі поряд з детерміністичними стохастичними закономірностей, адже наслідком її є множинність можливих майбутніх станів. Створення синтетичної теорії еволюції на основі популяційної генетики стало початком подолання протиставлення історичного й структурно-інваріантного „зрізів” у дослідженнях живого. Все це гарно пояснює розвиток видів, але водночас жодною мірою не доводить можливості переходу одного в інший.

### 7.1.3. Космізм

Наприкінці 20–на початку 21 ст. набула поширення концепція позаземного походження людини, яка отримує нині вже наукові докази. Мільйони людей відстежують усі випадки появи НЛО, а вчені намагаються створити з того струнку концепцію космічного відвідування Землі інопланетянами.

У теорії зовнішнього (інопланетного) втручання існують три різновиди. Згідно з першим, у незапам'ятні часи на Землю висадилися інопланетні гуманоїди, які чомусь утратили зв'язок зі своїм світом і здичавіли, після чого історія земної цивілізації почалася ніби з нуля.

Друга версія зводиться до того, що високорозвинена цивілізація інопланетян (не обов'язково гуманоїдів) виростила в пробірці чи вивела шляхом селекції популяцію розумних істот, найбільш придатних до земних умов, і люди є прямими потомками цих істот.

Третя версія твердить, що гуманоїди дали початок роду людському, схрестившись із земними приматами. Головний козир усіх цих версій – кістки людини розумної й металеві вироби в шарах земної кори, вік яких – сотні мільйонів років (вже є знахідки віком 2 млрд 800 млн рр.), знаходяться разом. З цього випливає, що людина розумна – ніякий не потомок австралопітеків і пітекантропів; її поява можлива тільки за умов принесення розумного життя ззовні.

## 7.2. Основні чинники й передумови антропосоціогенезу

Питання походження людини й суспільства (антропосоціогенез) неосяжне; воно є предметом і філософії, й природознавства, й низки спеціальних наук. Філософія й наука відображають одвічне прагнення людини знати себе. За словами американського генетика українського походження Ф. Добжанського (1900–1975 рр.) „людина зіштовхнулася з проблемою „пізнай себе” з тих пір, як стала людиною, і буде займатися до тих пір, доки залишатиметься людиною”.

У 19 ст. склалося два погляди на дану проблему:

- 1) релігійний і близькі до нього (наприклад, життя занесене на Землю інопланетянами), суть яких в тому, що життя й людина є неземного походження;
- 2) еволюційний, який, виходячи із сучасних наукових знань, пояснює виникнення людини поступовим розвитком і ускладненням форм матерії.

Перший погляд не вимагає доказів, а приймається, як правило, на віру. В еволюційній теорії на сьогоднішній день аксіомою є твердження, що людина – це результат космічної, біологічної та культурної еволюції.

Згідно з уявленнями сучасної космології, життя людства залежить від організації Космосу, від процесів, які протікають у ньому. Близько 3–

4 млрд років тому в результаті космічної еволюції створились сприятливі умови для виникнення життя. Подальший розвиток життя хоч і залежав, безперечно, від Космосу, та більшою мірою визначався біологічною еволюцією: 3,5–4 млрд років тому починається процес антропосоціогенезу.

*Антропосоціогенез* – історичний процес перетворення людини як антропоса, біологічної істоти, в члена суспільства, носія його основних, в першу чергу, виробничих, етичних і естетичних стосунків.

Яким же чином відбувалося природне виникнення людини, суспільства й свідомості? Які основні закономірності антропосоціогенезу, цієї сполучної ланки між історією природи й історією суспільства?

Процес антропосоціогенезу здійснювався двома шляхами: через зміну неорганічної природи (клімату, ландшафтів тощо) та через зміну органічної природи (мутації, природний добір).

До *абіотичних передумов* антропосоціогенезу відносять:

- геологічні процеси (зледеніння й потепління, сейсмічна й тектонічна активність, вулканізм, інверсії магнітного поля);
- географічні чинники (зміна обрисів материків і морів, зміна ландшафтів, зміна клімату);
- космічні чинники (варіації земної орбіти й нахилу земної осі, ритмічність сонячної активності, вплив космічних променів, сонячний вітер);
- фізико-хімічні чинники (склад атмосфери, радіаційний фон).

Умови географічного середовища вплинули на формування морфологічних рис людини, умови її харчування та побут. Різні географічні бар'єри впливали не тільки на генетичну диференціацію популяцій, але й на концентрацію культурних традицій.

Наука нагромадила великий матеріал про вплив космічних факторів на еволюцію живих істот, людини. Наприклад, періодична зміна магнітних полюсів Землі призводила до послаблення електромагнітного поля, що захищає біосферу від космічної радіації. У результаті різко зростала іонізуюча радіація космічного походження, що принаймні вдвоє збільшувало частоту мутацій в зародкових клітинах гомінід. Геолог Г. Матюшин робить спробу довести збіг часу магнітних інверсій з часом змін фізичної будови людини. Найбільш відчувають космічну радіацію в процесі цих коливань екваторіальні області Африки. Багато дослідників вважають південно-східну Африку прабатьківщиною людства.

Більшість учених підтримує гіпотезу, згідно з якою *Australopithecus* (австралопітек) як новий біологічний вид – попередник людини (*Homo sapiens*) – виник в результаті мутацій людиноподібних мавп (горил, шимпанзе, орангутангів) під впливом зміни радіаційної обстановки. Справа в тому, що 4–3 млн років тому у південно-східній Африці починається активний рух земної кори, землетруси, вихід на поверхню Землі магми, уранових руд, що також сприяло підвищенню радіаційного фону та зміні генофонду людиноподібних мавп (вищі мавпи – 48 хромосом, австралопітек –

46 хромосом). Італійським генетиком Б. Кіареллі висловлена гіпотеза про злиття в далекого предка людини двох пар хромосом, у результаті чого „зміцніли” саме ті, які визначають розвиток мозку й нервової системи.

Унаслідок мутації виникли мавпи-потвори, що мали спрямлений хребет, слабкий волосяний покрив, досить розвинений мозок (450 г) і пересувалися на двох ногах – вони були названі австралопітеками. Таким чином, перехід до прямоходіння відбувався близько 4 млн років тому без допомоги знарядь праці. Навпаки, прямоходіння сприяло тому, що австралопітек все частіше використовував природні знаряддя праці (палицю, каміння) для захисту від хижаків і полювання. Це положення є нині загальноприйнятим у світовій науці. Щоправда, прямоходіння й появу австралопітека багато зарубіжних вчених пояснюють не стільки факторами, пов’язаними з космічною еволюцією (хоча й не заперечують їх), скільки факторами біологічної еволюції.

До *біологічних чинників* антропогенезу відносять спадкову мінливість і природний добір. Роль біологічних чинників в еволюції людини була розкрита Ч. Дарвіном. У людини виникають спадкові зміни, що визначають, наприклад, колір волосся та очей, ріст, стійкість до впливу факторів зовнішнього середовища. На ранніх етапах еволюції, коли людина сильно залежала від природи, переважно виживали й лишали потомство особини з корисними в даних умовах середовища спадковими змінами (наприклад, особи, що відрізняються витривалістю, фізичною силою, спритністю, кмітливістю).

На більш пізніх етапах становлення людини провідна роль належала соціальним чинникам. До соціальних факторів антропогенезу відносять працю, громадський спосіб життя, розвинену свідомість і мову. Роль соціальних чинників антропогенезу була розкрита Енгельсом в роботі „Роль праці в процесі перетворення мавпи в людину” (1896 р.). Найважливіший чинник еволюції людини – праця. Здатність виготовляти знаряддя праці властива тільки людині. Тварини можуть лише використовувати окремі предмети для добування їжі (наприклад, мавпа використовує палицю, щоб дістати ласощі). Трудова діяльність сприяла закріпленню морфологічних і фізіологічних змін у предків людини, які називають *антропоморфозами*.

Важливим антропоморфозом в еволюції людини було прямоходіння. Поступово сформувалися пристосування до прямоходіння: S-подібний хребет, склепінчаста стопа, широкі таз і грудна клітка, масивні кістки нижніх кінцівок. Прямоходіння привело до вивільнення руки. Спочатку рука могла виконувати лише примітивні рухи. У процесі праці вона вдосконалювалася, стала виконувати складні дії. Таким чином, рука є не тільки органом праці, а й її продуктом. Розвинена рука дозволила людині виготовляти примітивні знаряддя праці. Це дало їй значні переваги в боротьбі за існування.

Спільна трудова діяльність сприяла згуртуванню членів колективу, викликала необхідність обміну звуковими сигналами. Спілкування сприяло розвитку другої сигнальної системи – спілкування за допомогою слів.

Спочатку наші предки обмінювалися жестами, окремими нечленороздільними звуками. У результаті мутацій і природного добору йшло перетворення ротового апарата й гортані, формування мови.

Праця й мова впливали на розвиток мозку, мислення. Так протягом тривалого часу в результаті взаємодії біологічних, абіотичних і соціальних факторів здійснювалася еволюція людини.

Найважливіша риса антропосоціогенезу – його комплексний характер. Тому невірно було б стверджувати, що, скажімо, спочатку виникла праця, потім суспільство, а ще пізніше – мова, мислення й свідомість. З кінця 19 ст. в темі антропосоціогенезу на перший план знову й знову висувається проблема праці. Однак, погоджуючись із цим, не можна відразу ж не взяти до уваги, що праця й сама має свій генезис, перетворюючись у повноцінну предметно-практичну діяльність лише у взаємодії з такими факторами соціалізації, як мова, моральність, міфологія, ритуальна практика й т. ін.

Чи триває й сьогодні біологічна еволюція людини? Ще донедавна серед вітчизняних філософів і науковців домінувала думка, що зі становленням людини й суспільства, коли наші предки від пристосування своєї тілесної природи до кожної суттєвої зміни довкілля перейшли до перетворення навколишнього світу шляхом використання засобів виробництва, їхня біологічна еволюція припинилась. Нині такі висновки вже не настільки категоричні. Найімовірніше в якихось формах біологічна природа людини змінюється. Вчені вбачають еволюцію людини в таких напрямках:

- удосконалення мозку (зростання стресостійкості, збільшення швидкості реакцій);
- брахікефалізація, або розширення голови (збільшення випадків появи людей зі сферичним черепом, що, однак, не стосується зміни обличчя);
- граціалізація (стоншення черепної коробки).

Ці напрямки еволюції стосуються мозку й безпосередньо залежать від зростання інформаційного потенціалу суспільства, а значить і його тиску на людину. Вчені вказують також на швидку еволюцію морфології зубної системи, починаючи від тої, яка й так склалась досить пізно, десь 10–8 тис. років тому. З'ясовується особлива роль у сучасній еволюції людини бактеріально-вірусної та іншої флори у внутрішніх середовищах організму; в клітинах, генетичних структурах, змінюються адаптивні механізми. Можливо відбуваються й інші змінні процеси, особливо за рахунок мутацій та екологічних факторів, що впливають на здоров'я людей (забруднення ґрунту й атмосфери, погіршення стану рослинного й тваринного світу, теплове й радіаційне забруднення, електромагнітне випромінювання, шум, вібрація тощо). Однак повну панораму еволюції сучасної людини можна скласти лише після довготривалих, масштабних і ретельних досліджень.



### 7.3. Концепція ноосфери

Одна з найбільш розроблених теорій ноосфери належить В. Вернадському (1863–1945 рр.). Аналізуючи геологічну історію Землі, вчений стверджував, що відбувається перехід біосфери в новий стан – у *ноосферу* (термін запропонований у 1927 р. французькими філософами Е. Леруа та П. Т. де Шарденом) – під дією нової геологічної сили – наукової думки людства. Спочатку В. Вернадський розглядав ноосферу (гр. „ноос” – розум) як особливу „розумову” оболонку Землі, яка розгортається над біосферою, поза нею. Але згодом він прийшов до висновку, що ноосфера – це новий стан біосфери, при якому розумова діяльність людини стає тим чинником, який визначає її розвиток. Вернадський зазначав, що можливості людини з її розумом і технікою такі значні, що вона може втручатись в перебіг геолого-хімічних процесів Землі й навіть змінювати їхню природну спрямованість. Людство має усвідомити свою силу й роль у біосфері й тоді настане новий етап її розвитку.

Вернадський бачив негативні явища в суспільному житті та в освоєнні природи, але вважав їх тимчасовими, сподіваючись, що з часом вони будуть усунені силою людського розуму. За уявленнями вченого, ноосфера – це такий стан планети, для якого характерний розумний устрій і планети, і людства як частини природи, в якому реалізується творча робота розуму, в суспільствах панують рівність і демократія, відсутні війни, експлуатація людини людиною тощо. Характерною рисою ноосфери має бути екологізація всіх сфер життя людини. До вирішення будь-яких проблем людина повинна підходити з позицій екологічного мислення, тобто з позицій збереження й поліпшення стану природного середовища. Теорія ноосфери уявлялася як глобальна гармонія в стосунках між людьми й у ставленні їх до природи, як новий етап історії, на якому будуть розв’язані всі основні проблеми людства, – й усе це на основі досягнень наукового знання.

У працях Вернадського розглянуто *конкретні умови, необхідні для становлення й існування ноосфери:*

- 1) освоєння всієї планети (повсюдність розселення людства);
- 2) досягнення єдності людства за допомогою засобів комунікації та посилення зв’язків, у тому числі політичних, між усіма країнами Землі;
- 3) людська діяльність має бути провідним геологічним чинником;
- 4) розширення границь біосфери й вихід у Космос;
- 5) енергетичне забезпечення переходу в ноосферу;
- 6) рівність людей усіх рас і релігій;
- 7) зростання ролі народних мас у вирішенні питань зовнішньої й внутрішньої політики;
- 8) свобода наукової думки й наукового пошуку від тиску релігійних, філософських і політичних побудов;
- 9) розумне перетворення первинної природи Землі;

- 10) добре налагоджена система народної освіти й поліпшення добробуту трудящих;
- 11) відвернення воєнної загрози із життя суспільства.

Таким чином, важливою передумовою ноосфери стає *глобалізація* (процес взаємного зближення); світ залишається єдиним у своїй багатоманітності. Сьогодні погляди вчених щодо глобалізації досить суперечливі. З одного боку, глобалізація багаторазово підсилює ризики, з іншого – простір суспільного буття ущільнюється, стає одноріднішим, відкриває кордони, встановлює контакти будь-де на земній кулі. Глобалізація є процесом перетворення людства на інтегральне ціле. Але підходи до розгляду глобалізаційних процесів є різними, що спричиняє різке їх несприйняття у формі антиглобалізму.

Глобалізація 21 ст. спричинює взаємодії й водночас протистояння різних світових культур і релігій у глобальному світі. Але до цих протиріч можна ставитися по-різному. Можна вважати їх такими, що підлягають розв'язанню (представники Римського клубу, зокрема А. Печчеї). У такому разі в майбутньому буде ймовірним стан планети, схожий або ідентичний з ноосферою (згідно з уявленнями В. Вернадського). Говорити ж сьогодні про становлення ноосфери, як вважає багато вчених, іще передчасно. На думку М. Мойсеєва „...перехід від біосфери в цей новий стан не відбудеться сам по собі, як вважав Тейяр де Шарден. Людство ще не зробило рішучого кроку в бік такого переходу, як думав В. Вернадський”. Тому замість „ноосфери” М. Мойсеєв вживає термін „епоха ноосфери”, маючи на увазі досить тривалий час її побудови, а „теорію ноосфери” замінює в нього „теорія розвитку ноосфери”.

Працями М. Тимофєєва-Ресовського, М. Мойсеєва та ін. опрацьовувалася *концепція коеволюції людини й біосфери*. Концепція коеволюції базується на принципах, згідно з якими людство, змінюючи біосферу з метою пристосування її до своїх потреб, повинне змінюватися й саме з урахуванням об'єктивних вимог природи. Говорять про нову стадію розвитку біосфери Землі, так звану *етосферу* як більш високу стосовно ноосфери. *Етосфера* – це область буття, заснованого на принципах морального відношення до природи, до всього живого на планеті. Її носієм повинна стати етично розумна людина, що діє не тільки в своїх інтересах, але і в інтересах Життя на Землі.

## РОЗДІЛ 8. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ЕКОЛОГІЇ

### 8.1. Взаємодія людини й навколишнього середовища

Життєдіяльність людини відбувається в певному середовищі, яке називають навколишнім. Існують різні підходи до визначення поняття „середовище”. Деякто ототожнює його із „природним середовищем”, тобто доквіллям, інші – з поняттям „життєве середовище”, розуміючи частину Всесвіту. Ще інші – з культурним середовищем, де діють фактори як матеріальної культури, так і духовної. Але найбільш вдалим є визначення, сформульоване Р. Лацко, який стверджує, що середовище – це єдність системоутворюючих компонентів природного й матеріального походження, які формують умови функціонування середовища.

Ще в давнину вважали, що розвиток суспільства визначається природним середовищем. Такий підхід зустрічаємо в працях Платона, Аристотеля. Пізніше його розвивали К. Ріттер, Г. Плеханов, Ф. Ратцель і на даний час цей напрям відомий як географічний детермінізм.

*Географічний детермінізм* – світоглядна концепція, що пояснює соціально-економічний розвиток народів і країн світу географічним фактором – географічним положенням, рельєфом, кліматом, водними, ґрунтово-рослинними й мінеральними ресурсами. Нині географічний детермінізм втратив свої позиції й використовується у вигляді такої його географічної інтерпретації як посибілізм.

У *географічному посибілізмі* враховується роль географічного фактора в розвитку суспільства, але на перший план висувуються можливості й прагнення людини не тільки пристосуватися до природних умов середовища перебування, але й використати їх у своїх цілях. У ході цього двостороннього процесу складаються різні культурно-господарські типи освоєння території й локальних цілісних систем – культурні ландшафти, які, відповідно до концепції географічного посибілізму, й повинні стати основним об’єктом географічного вивчення.

На ранніх стадіях свого розвитку людина безперервно відчувала вплив факторів природного походження. Унаслідок пристосування до умов природного середовища вдосконалювались та з’являлись нові засоби захисту, що призвело до виникнення факторів впливу на людину техногенного походження: вібрація, шум, концентрація токсичних речовин у повітрі, водоймах, ґрунті, електромагнітні поля, іонізуючі випромінювання та безліч інших. За деякими підрахунками сьогодні маса технічних систем (заводів, фабрик, машин; всього того, що вони виробляють) у десятки разів перевищує масу живої речовини планети. Разом з тим, продукція техногенезу в декілька разів перевищує біопродукцію природних екосистем. Людина вносить в ту чи іншу екологічну систему невластиву для неї зміну (фізичну або структурну), перевищуючи процеси кругообігу й обміну речовин, енергії тощо, одним словом забруднює середовище.

Розрізняють такі *види забруднень*:

- 1) матеріальне, яке поділяється на:
  - механічне (пил та аерозолі атмосферного повітря, тверді речовини у воді й повітрі);
  - хімічне (газоподібні й тверді хімічні сполуки та елементи, що попадають в атмосферу або гідросферу);
  - біологічне (гриби, бактерії, синьо-зелені водорості);
- 2) фізичне або енергетичне (теплова енергія, електрична, вібрація, шум, радіація та ін.).

Окрім зазначених негативних чинників природного й техногенного походження, з'явилися чинники соціального характеру: тероризм, міжетнічні та релігійні війни, наркоманія, психопатія тощо. У сучасному глобалізованому суспільстві їх кількість постійно зростає й дестабілізує життя людини.

Вступивши в третє тисячоліття, людство досягло вражаючих успіхів у своєму розвитку, створило відносно комфортні умови для свого існування на Землі, вийшло в Космос, пізнало деякі закони Всесвіту, але, у той же час, своєю активною діяльністю тільки створило ще більше небезпек, які загрожують його життю й здоров'ю. У результаті діяльності людства наприкінці 20 – на початку 21 ст. з'явилися *проблеми глобального характеру*, серед яких можна виділити такі:

- вичерпання запасів корисних копалин і джерел енергії;
- зміну якісних характеристик глобальних геосфер (атмосфери, гідросфери, літосфери);
- неконтрольоване зростання населення;
- урбанізацію міст;
- утилізацію виробничих і побутових відходів;
- кометно-астероїдну загрозу;
- гонку озброєнь, випробування ядерної зброї.

Таким чином, навколишнє середовище, в якому перебуває людина, можна уявити як систему взаємопов'язаних компонентів природного, техногенного та соціального походження. Між людиною та навколишнім середовищем існує діалектичний зв'язок, де людина відіграє провідну роль, тобто відповідає за розвиток і стан системи „людина – навколишнє середовище”. І саме вона повинна слідкувати за тим, аби параметри компонентів системи наближались до оптимального рівня.

## **8.2. Світові екологічні проблеми**

За останні 50 років діяльність людини на нашій планеті досягла такого рівня, коли її вплив на природне середовище набув глобального характеру: змінюється клімат, простежується руйнація озонового шару, частим явищем стають кислотні дощі, відбуваються забруднення довкілля, опустелювання, деградація біорізноманіття, зростає біозагроза.

*Глобальні зміни клімату.* Нині атмосфера Землі розігрівається значно швидше, ніж у минулі століття. Різкі коливання температури на нашій планеті все більше залежать від глобального накопичення смогів. Учені доводять, що збільшення концентрації тільки двоокису вуглецю в атмосфері вдвічі, а це може бути десь у 2030–2080 рр., призведе до потепління клімату на нашій планеті в середньому на 25°C. На сьогодні підраховано, що атмосфера вже потеплішала на 0,5–1°C порівняно із середньорічним показником початку минулого століття. Глобальне потепління внаслідок парникового ефекту вже зараз має негативні наслідки для найбільш вразливих частин земної кулі, особливо для лісів степової зони.

Оксиди азоту та вуглеводні під дією сонячного світла в атмосфері утворюють озон і фотохімічний смог. Озон у верхній частині атмосфери утримує ультрафіолет, а в нижній частині атмосфери у великій концентрації він пошкоджує рослинні тканини, зменшує продуктивність сільськогосподарських рослин. Вуглекислий газ, який утворюється в результаті згоряння вугілля, природного газу й нафти, зменшує швидкість, з якою тепло залишає Землю й повертається назад у Космос. Навіть якщо на даному етапі запобігти надмірному виділенню вуглекислого газу, то швидкість його зниження буде досить малою, оскільки кожна молекула CO<sub>2</sub> зберігається в атмосфері приблизно 100 років.

Отже, атмосфера Землі має здатність пропускати короткохвильову сонячну радіацію, яку поглинає земна поверхня. Остання, нагріваючись, стає джерелом довгохвильового випромінювання, що значною мірою поглинається водяною парою та вуглекислим газом (атмосферою). Тому лише 10–20 % земного випромінювання при безхмарному небі надходять у космічний простір. Так утворюється *парниковий ефект* – властивість атмосфери регулювати променевий теплообмін Землі з космічним простором.

Намагаючись зменшити можливі негативні наслідки від зміни клімату, світова спільнота в особі ООН, що вважається універсальною міжнародною організацією та головним форумом для розгляду питань, які виходять за межі державних кордонів та не можуть бути вирішені жодною країною самотужки, видає спеціальні нормативно-правові акти з питань охорони клімату Землі.

Як початок цього процесу можна розглядати створення у 1873 р. на Віденському міжнародному метеорологічному конгресі Міжнародної метеорологічної організації та згодом, у 1950 р., – Всесвітньої метеорологічної організації ООН (ВМО), що як правонаступниця першої покликана здійснювати нагляд за станом атмосфери нашої планети. У 1985 р. ВМО прийняла участь у заснуванні Консультативної групи з парникових газів (КГПГ).

Через 22 роки після виникнення ВМО світовою спільнотою зроблено другий важливий крок у напрямі охорони клімату Землі, коли з 5 по 16 червня 1972 р. у столиці Швеції Стокгольмі проведено конференцію ООН з

питань навколишнього середовища. На ній прийнято Стокгольмську декларацію, що визначила 26 принципів охорони навколишнього середовища, та відповідний План дій зі 109 пунктів, а також створено Фонд навколишнього середовища. У розвиток положень Стокгольмської декларації Генеральною Асамблеєю ООН 15 грудня 1972 р. затверджено Програму ООН з навколишнього середовища (UNEP: United Nations Environment Programme), основна мета якої полягає в організації та проведенні заходів, спрямованих на його захист та поліпшення. До числа таких заходів слід віднести, зокрема, заснування на базі КГПГ у 1988 р. спільно з ВМО Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, покликаної оцінювати ризик глобальної зміни клімату під впливом антропогенного чинника, а також участь у створенні у 1991 р. Глобального екологічного фонду для фінансування екологічних програм.

Іншим важливим організаційним заходом, що виступає логічним продовженням Стокгольмської конференції, став проведений у 1992 р. у бразильському місті Ріо-де-Жанейро так званий „Саміт Землі”, на якому прийнято Ріо-де-Жанейрську декларацію з навколишнього середовища та розвитку, що визначає основні принципи екологічного права, та Рамкову конвенцію ООН зі зміни клімату, що у подальшому стала одним з керівних нормативно-правових актів у боротьбі з викидами парникових газів. Як додаток до Рамкової конвенції у японському місті Кіото у 1997 р. прийнято Кіотський протокол, спрямований на зменшення викидів парникових газів до атмосфери та стабілізацію рівня їх концентрації в ній з метою протидії глобальному потеплінню. У розвиток його положень на Конференції із клімату, що відбулась у 2015 р. у столиці Франції, прийнято Паризьку угоду, якою регулюються заходи зі зниження вмісту вуглекислого газу в атмосфері, починаючи з 2020 р.

Україна приєдналася до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, підписавши та ратифікувавши її відповідно 11 червня 1992 р. та 29 жовтня 1996 р. При цьому нашу державу віднесено до групи країн із перехідною економікою, що прийняли на себе особливі зобов'язання з обмеження викидів парникових газів до атмосфери. Приблизно в цей же час Україна стала учасницею Кіотського протоколу до Рамкової конвенції, підписавши та ратифікувавши його відповідно 15 березня 1999 р. та 4 лютого 2004 р. Приєднавшись до Паризької угоди, Україна, яка підписала та ратифікувала її відповідно 22 квітня та 14 липня 2016 р., таким чином, стала повноцінним учасником універсального міжнародно-правового механізму регулювання питань зміни клімату Землі.

У 2012 р., через 20 років після проведення „Саміту Землі”, у Ріо-де-Жанейро скликано Конференцію ООН зі сталого розвитку „Ріо+20”, на якій з метою запобігання зміні клімату внаслідок глобального потепління розглянуто такі заходи, як використання відновлювальних джерел енергії та ефективне управління лісними та водними ресурсами для зменшення викидів парникових газів та зниження їх концентрації у атмосфері.

Після підписання 7 червня 2014 р. Угоди про асоціацію з Європейським Союзом, ратифікованої 16 вересня 2014 р., участь України у міжнародних заходах із охорони навколишнього природного середовища стала насправді комплексною, оскільки Україна стала фактичним учасником обох рівнів міжнародно-правового механізму регулювання питань зміни клімату Землі, – універсального, запровадженого ООН, та регіонального, започаткованого ЄС. Зокрема, згідно зі статтею 338 Угоди, спільне співробітництво України та Союзу передбачає, у тому числі, просування так званого „Механізму спільного запровадження Кіотського протоколу” з метою зменшення викидів парникових газів шляхом реалізації проектів у сфері енергоефективності та відновлювальної енергетики.

*Руйнація озонного шару.* На висоті 20–30 км повітря містить підвищену кількість озону. Стратосферний озонний шар захищає людей і живу природу на Землі від ультрафіолетового та рентгенівського сонячного випромінювання. Озон в перекладі з грецької означає „пахучий”. Таку назву йому дав німецький хімік К. Шонбейн, який майже все життя працював у Швейцарії, був професором Базельського університету. У 1839 р. він описав хімічні методи отримання озону. Сам озонний шар відкрили у 1913 р. Ш. Фабрі та А. Буїсон. У 20-х роках 20 ст. дослідженнями озонного шару активно займався професор оксфордського університету Г. Добсон, на честь якого названа одиниця вимірювання товщини озонного шару – одиниця Добсона. Дослідник установив світову мережу нагляду за озонним шаром, яка працює з 1928 р. й досі.

Головними хімічними сполуками, які руйнують озонний шар, є фреони (в холодильній техніці та аерозолях). Кожен втрачений відсоток озону на планеті спричиняє 150 тисяч додаткових випадків сліпоты через захворювання на катаракту, на 2,6 % збільшує число ракових захворювань шкіри.

У результаті складних фотохімічних реакцій у повітрі, забрудненому вуглеводнями, пилом, сажею та окислами азоту під впливом сонячного світла й підвищеної температури та великої кількості озону, який виділяється при неповному згорянні автомобільного пального, в атмосфері формується смог.

Речовини, що руйнують озонний шар, в Україні використовуються майже в усіх галузях господарства. Ці речовини підприємства України не виробляють, а завозять ззовні, за винятком бромистого метилу та інших речовин, які використовуються в холодильній техніці та аерозолях.

Останнім часом вчені занепокоєні зниженням вмісту озону в атмосфері. Над Антарктидою виявлено „дірку”, де вміст озону на 40–50 % менший від звичайного. Вона збільшується з року в рік, досягаючи сьогодні розмірів цього материка. У вересні та жовтні над Антарктидою втрачається близько 70 % озону, що становить близько 3 % усього озону атмосфери. Аналогічна „дірка” була виявлена і в Арктиці, щоправда вона охоплювала значно меншу площу, і зниження рівня озону в ній було не настільки суттєве.

Першим міжнародним договором, який регулює питання моніторингу озонowego екрану, стала Віденська конвенція про охорону озонowego шару, яку було підписано в 1985 р. у Відні (Австрія). Цей міжнародно-правовий документ зобов'язує держави-учасниці проводити дослідження та систематичні спостереження за хімічними й фізичними процесами, які можуть впливати на озонний шар, за впливом змін стану озонowego шару на здоров'я людини, клімат та ін.

У 1987 р. у Монреалі було підписано міжнародну Угоду про зменшення та подальшу відмову від виробництва речовин, які руйнують озонний шар. Монреальський протокол про речовини, що виснажують озонний шар, – це міжнародний договір, створений для захисту озонowego екрану. Україна підписала й ратифікувала Монреальський протокол у 1988 р. Норми цього документа міститься перелік речовин і продуктів, які руйнують озонний шар. До них належать кондиціонери у легкових і вантажних автомобілях, холодильники, морозильні камери, льодогенератори, аерозольні продукти, фторполімери тощо.

Реалізація Віденської конвенції та Монреальського протоколу у Західній Європі успішно закінчилася. Там використання речовин, які руйнують озонний шар, скорочувалося навіть швидше, ніж це було передбачено у Протоколі. На жаль, тривалість перебування цих речовин в атмосфері означає, що навіть за таких прискорених темпів виводу зі споживання цих речовин озонний шар, можливо, повністю відновиться лише після 2050 р.

*Кислотні дощі.* Терміном „кислотні дощі” називають всі види метеорологічних опадів – дощ, сніг, сніг з дощем, град і туман – рН яких менше, ніж середнє значення рН дощової води, що зазвичай становить 5,6. Термін „кислотний дощ” вперше використав у 1872 р. англійський дослідник Р. Сміт, який досліджував смог у Манчестері. На той час теорію про кислотні дощі було відхилено, але сьогодні вже немає сумнівів у їх існуванні та впливі на флору та фауну.

Кислотний дощ утворюється в результаті реакції між водою й оксидом сірки, різними оксидами азоту. Ці шкідливі речовини викидаються в атмосферу автомобільним транспортом, в результаті діяльності металургійних підприємств та електростанцій, а також при спалюванні вугілля й деревини. Вступаючи в реакцію з водою атмосфери, вони перетворюються на розчини кислот – азотистої, азотної, сірчаної та сірчистої. Потім з опадами випадають на землю, завдаючи шкоди природним компонентам довкілля, врожаям, будівлям, пам'яткам культури, здоров'ю людей.

Кислотний дощ дуже негативно діє на водойми, підвищуючи кислотність води в них до такого рівня, що гине існуюча там флора й фауна. Із збільшенням кислотності починають гинути водні рослини, позбавляючи їжі тварин – більших жителів водойм. При кислотності приблизно рН 6 гинуть прісноводні креветки. Коли кислотність підвищуються ще більше,



гинуть донні бактерії, які розкладають органічні речовини й листя, й біосміття починає скупчуватися на дні. Потім гине весь планктон, що становить основу харчового ланцюга водойми. Коли кислотність досягає рН 4,5, гине риба, більшість жаб і комах. Підкислення води рік і озер серйозно впливає і на сухопутних тварин, тому що багато звірів і птахів входять до складу харчових ланцюгів, що починаються у водних екосистемах.

Уразливими до кислотних дощів є і ліси. Під дією сірчаного газу та сірчаної кислоти відбувається руйнування хлорофілу в листках, що погіршує фотосинтез, призупиняється ріст, порушується обмін речовин у клітинах. Окрім прямого ураження кислотою із відповідними наслідками, спостерігається також вторинне ураження комахами, паразитами та різними хворобами дерев і чагарників. Під час посухи через ушкоджене листя випаровується більше вологи. Якщо руйнується лісова екосистема, починається ерозія ґрунту, засмічення водоймищ, погіршення якості вод, повені стають катастрофічними.

Підкислення ґрунту азотнокислими дощами стимулює розвиток лісових шкідників. У результаті закислення в ґрунті відбувається розчинення живильних речовин, життєво необхідних рослинам; ці речовини виносяться дощами в ґрунтові води. Одночасно вилугуюються з ґрунту і важкі метали, що потім засвоюються рослинами, викликаючи в них хвороби. Використовуючи такі рослини в їжу, людина також одержує разом з ними підвищену дозу важких металів. Коли деградує ґрунтова фауна, знижуються врожаї, погіршується якість сільськогосподарської продукції, а це, як ми знаємо, спричиняє погіршення здоров'я населення. Під дією кислот з гірських порід і мінералів вивільняється алюміній, а також ртуть і свинець, що потім попадають у поверхневі й ґрунтові води. Алюміній здатний викликати хворобу Альцгеймера. Важкі метали, що знаходяться в природних водах, негативно впливають на нирки, печінку, центральну нервову систему, викликаючи різні онкологічні захворювання. Генетичні наслідки отруєння важкими металами можуть проявитися через 20 років і більше не тільки в тих, хто вживає забруднену воду, але й у їхніх нащадків. Вдихання вологого повітря, що містить діоксид сірки, особливо небезпечно для людей похилого віку, що страждають серцево-судинними й легневими захворюваннями; у деяких випадках може виникнути набряк легень. Шкідливо це і для здорових людей, оскільки  $SO_2$  і сульфатні частки мають канцерогенну дію. Установлено тісний взаємозв'язок між підвищенням смертності від бронхітів і зростанням концентрації діоксиду сірки в повітрі. Під час трагічного лондонського туману 1952 р. понад 4000 смертей було зумовлено підвищеним вмістом у вологому повітрі діоксиду сірки й сульфатних часток. Численні дослідження показали збільшення числа захворювань дихальних шляхів у районах, повітря яких забруднений діоксидом азоту  $NO_2$ . Потрапляючи в дихальні шляхи, він взаємодіє з гемоглобіном крові, утрудняючи перенесення кисню до органів і тканин, викликає респіраторні, астматичні й серцеві захворювання. У лютому 1972 р. у Японії з цієї причини

занедужало близько 70 000 чоловік, для багатьох з яких захворювання мало летальний результат. Небезпечні смоги відмічалися також в Москві в серпні 2010 р., у червні 2013 р. в Сінгапурі, у 10-ти містах південного сходу Китаю у грудні 2015 р., в 5-ти містах на півночі Китаю в грудні 2018 р., у Києві в квітні 2020 р., у столиці Індії в листопаді 2021 р., у багатьох сибірських містах в квітні 2022 р., у Канаді в червні 2023 р. та ін.

Кислотні дощі роз'їдають метали, фарби, синтетичні сполуки, руйнують архітектурні пам'ятники. Багато скульптур і будинки в Римі, Венеції й інших містах, пам'ятки зодчества, такі, як Акрополь в Афінах, Кельнський собор та інші, за кілька останніх десятиліть одержали значно більші ушкодження, ніж за весь попередній час. Під загрозою повного знищення в результаті дії кислотних опадів перебувають понад 50 тисяч скульптур скельного „Міста Будд” під Юньанем у Китаї, побудованого 15 століть тому.

Для боротьби з кислотними дощами необхідно, насамперед, спрямувати зусилля на скорочення викидів кислотоутворюючих речовин. А для цього потрібно використовувати на вугільних електростанціях вугілля з низьким вмістом сірчистих сполук або очищати його від сірки, встановлювати фільтри для очищення газоподібних продуктів, застосовувати альтернативні джерела енергії.

*Забруднення довкілля й опустелювання.* За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я пестицидами, які накопичилися в ґрунтах, продуктах харчування, повітрі, воді, отруєється 500 тисяч людей у рік, з них близько 5000 – із смертельними випадками. У другій половині 20 ст. людство вступило в смугу інтенсивного радіоактивного забруднення в результаті випробування атомної зброї, трагедій на атомних електростанціях, а також впровадження технологій, які під час експлуатації генерують додаткове іонізуюче випромінювання. Це викиди теплових електростанцій, польоти літаків, використання природних матеріалів із високим вмістом радіонуклідів, застосування міндобрив, випробування атомної зброї тощо.

Через значне забруднення земної поверхні різними антропогенними чинниками швидкими темпами відбувається процес втрати родючості ґрунтів, що, безперечно, призведе до опустелювання земель нашої планети. В цьому аспекті міжнародною прогресивною громадськістю світу схвалена Конвенція про опустелювання, яка була затверджена 17 червня 1994 року. Генеральна Асамблея ООН проголосила 17 червня „Всесвітнім днем боротьби із засухою”. Державам пропонується присвячувати Всесвітній день підвищенню інформованості про необхідність міжнародної співпраці в боротьбі з опустелюванням і наслідками засухи та про хід здійснення Конвенції по боротьбі з опустелюванням. Україна приєдналася до Конвенції у 2002 році.

*Деградація біорізноманіття.* Кількість різних біологічних видів на планеті нині складає 1,4 мільйони. В наступні 50 років на планеті може бути втрачено від чверті до половини біотичного різноманіття. На сьогоднішній

день більшість провідних екологів світу наголошує, що найвідчутніші кількісні зміни зачепили ліси. На планеті 34 біогеографічні області з найбільшим біорізноманіттям колись займали 15,7 % земної поверхні. (Область вважається різноманітною, якщо у ній зростає не менше 1500 аборигенних видів рослин). Сьогодні біорізноманіття поширене на 2,3 % земної поверхні.

Зменшення біорізноманіття зумовлюється рядом причин, серед яких: 1) втрата середовища існування; 2) розповсюдження екзотичного виду (наприклад, використання екзотичної риби для спортивних або продовольчих цілей стало причиною зникнення 18 різновидів риби в Північноамериканських ріках); 3) незаконне полювання й систематичне вирубування лісу для одержання енергії або виробництва деревного вугілля; 4) „взаємозалежний ефект” (вид, що розвивається сумісно з іншим, буде вимирати, якщо другий вид пари перебуватиме під загрозою зникнення; наприклад, коли останній мандрівний голуб помер на початку 1990-их рр., зникли два його паразити – два різновиди вошей); 5) забруднення й глобальна зміна навколишнього середовища; 6) зростання кількості населення (збільшуються обсяги використання природних ресурсів й ареали проживання, що посилює деградацію екосистем).

*Біозагроза.* Широкомасштабне вивільнення в довкілля генетично змінених організмів розпочалося в 1996 р. (США та Канада). Серед генетично змінених організмів 98 % склали генетично змінені сільськогосподарські рослини. Головним питанням біобезпеки при вивільненні генетично змінених сільськогосподарських рослин є питання можливості передачі внесених у них генів організмам місцевої флори, впливу на стабільність трофічних зв'язків. На жаль, в Україні використання продуктів біотехнології, зокрема генетично змінених організмів, не регламентується жодним спеціальним законом. Наявна система біобезпеки довкілля в Україні не регулює питання ввезення в країну й вивезення за її межі зареєстрованих у нашій державі генетично змінених організмів.

Як бачимо, такі явища, як опустелювання, деградація ґрунтів, зменшення кількості та якості біорізноманіття, збільшення частоти кислотних дощів, розвиток парникового ефекту й поява озонних дір в атмосфері, тобто глобальні негативні кліматичні й біотичні зміни розвиваються під впливом неконтрольованої, неузгодженої із законами життя природи антропогенної діяльності. Чим активніша ця діяльність, тим сильніша зворотна реакція природи. Яскравим прикладом можуть бути регіони великих міст, промислових та енергетичних центрів, де за комфорт існування люди розплачуються хворобами, стресами, неповноцінними дітьми, скороченням тривалості життя. Величезна кількість отруйних речовин виноситься поверхневими й ґрунтовими водами в ріки, звідти – в моря й океани. До них додаються забруднювачі, що переносяться вітрами. Як наслідок, у багатьох прибережних районах Європи, Азії, Америки, Африки за останні 50 років дуже погіршилися екологічні умови, зменшилася кількість

риби, молюсків, планктону, птахів, збільшилася кількість захворювань людей, почастишали явища „червоних” припливів, „цвітіння” води, що супроводжується загибеллю біоти від нестачі кисню і, таким чином, розширюються „мертві” зони.

Таким чином, погіршення стану більшості екосистем біосфери, значне зменшення біопродуктивності й біорізноманіття, катастрофічне виснаження ґрунтів і мінеральних ресурсів при одночасному небаченому зростанні забруднення всіх геосфер пов’язані з інтенсивним зростанням населення планети Землі та розвитком науково-технічного прогресу. До глобальної екологічної та соціально-економічної кризи, яка сьогодні загрожує існуванню нашої цивілізації, призвели кілька вибухів: демографічний, промисловий та вибух насильства над природою.

Усвідомлюючи загрозову ситуацію в біосфері та, відповідно, в соціосфері, провідні вчені, мислителі й політичні діячі більшості країн світу докладають величезних зусиль у пошуках виходу з цього кризового стану. Окремі вчені стверджують, що у наступні 20–30 років через зміни в навколишньому середовищі, спричинені людською діяльністю, світ може втратити більше мільйона видів рослин і тварин. Враховуючи той факт, що відбувається швидке скорочення всіх видів наявних ресурсів – лісів, ґрунтів, корисних копалин, чистої прісної води, повітря, риби, тварин тощо, вихід із критичної ситуації, що склалася, може бути лише один: реалізація в глобальному масштабі стратегії самообмеження, ресурсозбереження й запровадження нових технологій природокористування, які не суперечать законам нормального функціонування екосистем біосфери.

Отже, охорона природи повинна стати моральною категорією й користуватися пріоритетом за будь-яких політичних ситуацій і компромісів. Довкілля – природний капітал, без якого неможливий розвиток і задоволення потреб людини, створення комфортних умов для існування.

### **8.3. Екологічні проблеми України**

За природними умовами Україна є однією з найбагатших країн світу, що дає підстави з оптимізмом дивитися в майбутнє. Близько 95 % її території – рівнинна частина, на гірські системи Карпат і Криму припадає 5 %. Ліси займають близько 16 % території. Географічне положення України сприятливе в природно-ресурсному відношенні. За різноманітністю й багатством мінерально-сировинної бази Україна може забезпечити збалансований розвиток базових галузей промисловості й агропромислового комплексу.

Разом з тим, Україна є однією з найбільш неблагополучних в екологічному відношенні країн Європи. Чого варта лише одна аварія на ЧАЕС у 1986 році, внаслідок якої радіонуклідами було забруднено 8,7 % території України. Загальна площа сільськогосподарських угідь, забруднених радіонуклідами, складає 6,7 млн га. Зона відчуження займає 58 тис. га. Дані

радіологічного моніторингу останніх років свідчать про певну стабілізацію та зниження рівнів радіоактивного забруднення ґрунтів та, відповідно, сільськогосподарської продукції. Причинами цих змін є фізичний розпад радіонуклідів, їх фіксація й перерозподіл у середовищі, а також комплекс контрзаходів, спрямованих на зниження доз опромінення й створення радіоекологічного безпечних умов життя на забруднених територіях.

У критичному стані перебувають земельні ресурси та ґрунти України. Одночасно мають місце значні втрати угідь і відведення земель для несільськогосподарських потреб. Унаслідок екстенсивного розвитку сільського й лісового господарства, водних і хімічних меліорацій відбувається інтенсивний розвиток ерозійних процесів, ущільнення орного шару ґрунту, зниження його родючості, ослаблення стійкості природних ландшафтів України. Найбільше еродованих земель припадає на крайні східні та Одеську області. Фактично еродованість земель в Україні перевищує 50 %. Середньорічний змив ґрунту сягає близько 15 тонн/га. За останні десятиліття вміст органічної речовини в ґрунтах України зменшився на 0,3–0,4 %. Втрата родючості ґрунтів – це одна з ознак опустелювання.

Велике занепокоєння викликає стан водних ресурсів і способи їхнього використання. Це, насамперед, води рік, озер, боліт, ставків, водосховищ і підземні води. Найбільший рівень забруднення простежується в басейні Дніпра, зокрема на річках Горинь, Устя, Тетерев, Десна, Рось, Псел, Ворскла, Самара, Вовча.

Через науково необґрунтоване осушення боліт Полісся, починаючи з 50-их рр. 20 ст., змінилися умови існування реліктових рослин льодовикового періоду, що поставило їх на межу зникнення. Різке зниження рівня ґрунтових вод сприяє висиханню лісових масивів і збільшенню посушливості клімату. У результаті – зникнення боліт як цінних природних біогеоценозів, а ті, що залишилися, потребують охорони.

Інша, протилежна за змістом проблема – обводнення земель на півдні України. Через посушливі погодні умови, маловодний режим річок були збудовані канали, зрошувальні системи, через які на поля, сади, городи подавали воду з місцевих річок. Але вода майже всіх річок напівсолоня (солевміст складає 3–5 г/л). Це сприяло розвитку процесів штучного опустелювання на територіях Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької областей.

Великою проблемою є підвищення рівня ґрунтових вод у Придніпров'ї через збудовані величезні водосховища на Дніпрі. Через це виникли проблеми підтоплення великих територій у містах, селах і селищах. Унаслідок зарегулювання Дніпра зменшилася швидкість його течії, що сприяє „цвітінню” води через бурхливий розвиток синьо-зелених водоростей. Після відмирання на їх розкладання витрачається велика кількість розчинного кисню, якого не вистачає риbam, через що виникають заморні явища – гине багато риби, отруюється все живе.

Явище „цвітіння води” є характерним і для акваторій Чорного та Азовського морів. Головними речовинами-забруднювачами морського середовища залишаються нафтопродукти. Найчистішими щодо їх вмісту є район прибережних вод Великої Ялти та мису Тарханкут, найбільш забрудненими – бухти Севастополя. Рівень забруднення морської води в рекреаційних зонах Одеської області теж є високим і не відповідає гігієнічним вимогам. У стані екологічної кризи знаходиться нині Азовське море. У зв’язку із зниженим кисневим режимом природних шарів вод зменшується окислювальний потенціал, відбуваються дигресивні процеси в донних відкладах. Це море може спіткати доля Аралу.

Залишається гострою проблема забруднення поверхневих та підземних вод органічними речовинами, сполуками азоту, фенолами, нафтопродуктами, а також важкими металами.

Недотримання вимог експлуатації природних ресурсів, нераціональне ведення господарства призвели до негативних природних явищ – зсуви, ерозія ґрунтів, суфозія, дефляція, карст, селі, затоплення та підтоплення. Такими процесами охоплено майже третину території України.

Через неконтрольоване вирубування лісів на схилах гір у Карпатах ініціювалися негативні процеси – зсуви, провали. Штучно створені безлісні території не стримують гірські потоки, які утворюються після дощів, танення снігів – виникають величезні гірські грязьові потоки – селі, які руйнують населені пункти.

Велику небезпеку складають пожежі на лісових масивах, причиною яких часто є люди, особливо туристи в Карпатах, Криму. В результаті гине все живе, а швидкість процесів відновлення лісів дуже низька. Там, де відсутні ліси, порушується водний баланс, зменшується кількість атмосферних опадів.

Помітним є антропогенний вплив на надра. Незважаючи на зменшення останніми роками видобутку деяких видів корисних копалин, загальний екологічний стан довкілля в гірничодобувних регіонах погіршується. Активізувались екзогенні геологічні процеси. З початку 70-их років ступінь ураженості цими процесами зріс в 1,5–2 рази.

За даними державної статистичної звітності, на 2020 у спеціально відведених місцях чи об’єктах та на території підприємств країни накопичилося майже 16 млрд т відходів. Більшість загальних обсягів накопичення становлять відходи первинного гірничого і збагачувального циклу – розкривні і шахтні породи, шлами, інші продукти збагачення корисних копалин, які у вигляді териконів, відвалів, шламосховищ були накопичені в попередні роки. Характерна висока територіальна концентрація в гірничовидобувних регіонах. Фактичні обсяги накопичених відходів у багатьох регіонах країни перевищують відображені у звітності, оскільки збанкрутілі та неактивні підприємства, які раніше накопичили значні обсяги відходів, не залучені до державних статистичних спостережень. Основним способом поводження з побутовими відходами залишається вивезення й

захоронення. Для України, на відміну від європейських держав, є характерним низький рівень перероблення й утилізації твердих побутових відходів. Утилізація здійснюється на сміттєспалювальних заводах. В Україні в різний час функціонувало 5 таких заводів (Київ, Дніпро, Харків, Рівне та окупований сьогодні Севастополь). На разі фактично діє лише столичний завод „Енергія”, який працює з 1987 року.

Об’єкти накопичення відходів, зокрема спеціально відведені полігони для їх видалення чи захоронення, несанкціоновані сміттєзвалища перетворюються на потенційно небезпечні зони екологічних катастроф через невідповідність нормам безпеки. Зокрема, понад 20 % полігонів і звалищ твердих побутових відходів перевантажені або не відповідають нормам екологічної безпеки. Із загального обсягу понад 98 % припадає на відходи, утворені внаслідок економічної діяльності підприємств та організацій, решта – від домогосподарств.

Розвиток промисловості супроводжується інтенсивним забрудненням повітря. Через техногенну діяльність у повітря над Україною викидається щорічно близько 60 млн т шкідливих речовин. Найбільші викиди стаціонарними джерелами оксидів азоту, двоокису сірки та пилу здійснюють підприємства паливно-енергетичного комплексу. Одним з найсильніших забруднювачів атмосферного повітря в Україні є автотранспорт.

Частка шкідливих речовин над промислово розвинутими регіонами набагато більша. Екологічно забрудненими також є території всіх обласних центрів, міст обласного підпорядкування через велику концентрацію промислових об’єктів, транспорту. Загальна частка умовно сприятливих територій складає близько 10 % від загальної площі країни. Основними забруднювачами залишаються підприємства добувної та переробної промисловості, постачання електроенергії, газу, пари й кондиційованого повітря, викиди забруднювальних речовин яких становлять понад 90 % від загального обсягу. У розрізі видів економічної діяльності найбільша частка таких викидів припадає на постачання електроенергії, газу та води.

Серед населених пунктів найбільшого антропогенного навантаження (понад 100 тис. т забруднювальних речовин) зазнали міста Бурштин, кам’янське, Курахове, Кривий Ріг, Маріуполь. Основними хімічними компонентами, що потрапили в атмосферне повітря від стаціонарних джерел, є оксид вуглецю, діоксид сірки та інші сполуки сірки, метан тощо. З-поміж токсичних сполук, що виділялись у повітря за експлуатації пересувних джерел забруднення – оксид вуглецю, діоксид азоту, неметанові леткі органічні сполуки. Висока концентрація техногенних об’єктів сприяє не тільки збільшенню вмісту газів, твердих часточок і рідких речовин у повітрі, а й шумовому, вібраційному та електромагнітному забрудненню довкілля, що знижує комфортність проживання населення в урбосистемах.

Щороку Міністерство охорони навколишнього природного середовища України звітується перед державою, народом і головними міжнародними екологічними організаціями про стан довкілля на території країни у вигляді

доповідей різного характеру. Серед них найголовнішою є Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища – це зібрання відомостей про зміни в стані довкілля, які відбулися за один календарний рік.

У 2022 році світ зіткнувся з однією з найбільших екологічних катастроф внаслідок війни, що триває в Україні. Конфлікт, який розпочався у 2014 році, має руйнівний вплив на навколишнє середовище та здоров'я українського народу. Однією з найважливіших екологічних проблем в Україні під час війни стало забруднення повітря, води та ґрунту. Постійні бомбардування та обстріли міст і населених пунктів призвели до викиду великої кількості токсичних хімічних речовин у навколишнє середовище. Ці хімікати забруднили ґрунт, джерела води та повітря, спричинивши низку проблем зі здоров'ям місцевого населення, включаючи респіраторні захворювання, подразнення шкіри та різні види раку. Ще однією серйозною екологічною проблемою в Україні під час війни стало знищення лісів і місць проживання диких тварин. Оцінити збитки майну та лісовому господарству поки неможливо. У лісах уже є велика кількість ракет, що впали, а також нерозірваних боєприпасів. Як показує практика та регулярні зведення того ж ДСНС із інформацією про випадково знайдені авіабомби часів Другої світової, це становитиме потенційну небезпеку для людей протягом багатьох десятиліть. Постійні бомбардування та обстріли лісів завдали значної шкоди екосистемі, й багато видів рослин і тварин були змушені покинути свої домівки. В зоні активних бойових дій опинилися ареали деяких рідкісних і ендемічних видів і оселищ, що загрожує їхньому існуванню. Над зоною бойових дій проходить більша частина міграційних коридорів птахів. Усе це може стати причиною їх неспокою, виснаження через зміну маршрутів, рятуючись від обстрілів перельотами без можливості відпочити. Усе це значною мірою вплинуло на біорізноманіття України, а також на життєдіяльність місцевих громад, які залежать від природних ресурсів.

Війна також завдала значної шкоди інфраструктурі України: заводи, електростанції, нафтопереробні заводи тощо. Це призвело до розливів і витоків небезпечних матеріалів, таких як нафта, хімікати та радіоактивні речовини в навколишнє середовище. Це призвело до подальшого забруднення повітря, води та ґрунту, що спричинило довгострокові проблеми зі здоров'ям та навколишнім середовищем для населення України. На додаток до шкоди, завданої війною, конфлікт, що триває, також перешкоджає зусиллям, спрямованим на вирішення екологічних проблем у регіонах. Відсутність стабільності та безпеки ускладнила доступ екологічних організацій до територій, які потребують уваги, а обмежені ресурси, доступні для захисту довкілля, вимушено були перенаправлені на інші потреби, такі як охорона здоров'я та продовольча безпека. Незважаючи на ці виклики, в Україні докладаються певні зусилля для вирішення екологічних проблем. Важливо, щоб міжнародна спільнота продовжувала підтримувати ці зусилля задля забезпечення сталого майбутнього не тільки для України та її народу, а й усієї цивілізованої європейської спільноти.



## 8.4. Концепція сталого (стійкого) розвитку

Нагальним завданням, що стоїть нині перед цивілізацією, є проблема екологічної безпеки на планеті. Одним із шляхів її розв'язання може бути Концепція сталого розвитку суспільства, ідея якої була започаткована в діяльності ООН і з часом інтегрувалася в світовий соціальний та економічний простір.

Англійський термін „sustainable” (тривалий, стійкий, безперервний, такий, що підтримує) в словосполученні „sustainable development” вперше з'явився в доповіді „Всесвітня стратегія охорони природи” (1980 р.), що був представлений Міжнародним союзом охорони природи й природних ресурсів і був перекладений як „сталий (або стійкий) розвиток”. Цей термін набув поширення після публікації доповіді „Наше загальне майбутнє” (1987 р.), підготовленої Комісією ООН по довкіллю та розвитку („комісія Брундланд”). Висновки цієї доповіді були покладені в основу заключних рішень міжнародної конференції „Ріо-92”, де сталий розвиток визначався як такий, що забезпечує стабільне економічне зростання й не допускає деградаційних змін довкілля. Загальний висновок конференції такий: якщо нинішні тенденції до зростання чисельності населення, забруднення довкілля, виснаження природних ресурсів залишається незмінним, то на Землі протягом найближчих 100 років будуть досягнуті границі зростання.

Концепція сталого розвитку набуває значного поширення як одна з провідних глобальних проблем людства, що має міждисциплінарний характер і розглядається в багатьох аспектах і ракурсах. Найбільш істотні серед них такі:

- 1) усвідомлення потреби збереження природно-ресурсного потенціалу біосфери, природного середовища життєдіяльності суспільства; це головний фактор виживання цивілізації; всі попередні тенденції світового розвитку розглядають як нестійкі, а їхні продовження неминуче призведуть до соціально-екологічних катаклізмів; людство наближається до порогу „асиміляційної ємкості” біосфери, коли йдеться не лише про вичерпання ресурсів, але й неможливість повної й безпечної утилізації відходів життєдіяльності людства;
- 2) все більшої популярності набувають „концепції антизростання”; нестримне й неконтрольоване збільшення споживання загрожує швидким вичерпанням ресурсів і деградацією довкілля; йдеться про певні обмеження кількісного зростання й поступового переходу до нових якісних показників життя, що не мають обмежень;
- 3) все частіше звучить теза щодо „справедливого” розподілу світових ресурсів між „багатими” й „бідними”, між Північчю й Півднем; йдеться про загальну потребу підвищення рівня життя населення бідних країн, з одного боку, й про певні „самообмеження” та „раціоналізацію” споживання в багатих країнах.

Сталий розвиток трактують у вузькому та широкому розумінні. У вузькому розумінні акцент зосереджується на екологічних проблемах і збереженні біосфери. У широкому розумінні сталий розвиток – це новий тип функціонування цивілізації, нові параметри людського розвитку: соціальні, економічні, екологічні, культурні.

Досягнення сталого розвитку в широкому розумінні має такі основні напрями й аспекти.

*Економічний аспект:* господарська діяльність людства повинна орієнтуватися не на зростання споживання ресурсів біосфери, а на його раціоналізацію; подальший розвиток повинен виходити не зі збільшення матеріального виробництва, а з інтенсифікації господарства за рахунок інформаційних технологій.

*Демографічний аспект:* все більш помітну роль у стратегії економічного зростання відводять питанням народонаселення, зокрема необхідності регулювання його приросту в країнах із високим рівнем народжуваності та недостатньо високим економічним розвитком.

*Соціальний аспект:* сталий розвиток орієнтований на подолання великої різниці в рівнях доходів і якості життя між різними країнами, різними групами й прошарками населення.

*Екологічний аспект:* будь-яке господарське рішення повинно враховувати близькі й далекі його соціально-екологічні наслідки. Реальний природно-ресурсний потенціал біосфери обмежений. Тому необхідні певні „норми” й „обмеження” щодо його використання.

*Культурологічний аспект:* традиційні стереотипи й орієнтири життєдіяльності повинні замінюватися новими поглядами; потрібен перегляд „споживчого” підходу; потрібне розуміння єдності національно-регіональних цінностей і глобальних загальнолюдських пріоритетів.

*Прогностичний аспект:* ефективність управлінських рішень стане значно вищою, якщо вони спиратимуться на достовірне прогнозування процесів соціально-економічного розвитку.

Сталий розвиток – багаторівневе поняття. Його індивідуальний рівень виходить з того, що будь-які зміни довкілля спричинені діяльністю окремої людини. Потрібні радикальні зміни індивідуальної свідомості кожної людини щодо можливих наслідків своєї особистої діяльності. Будь-яка глобальна проблема людства обов’язково має і свій „індивідуальний вимір”.

Локальний рівень проблеми сталого розвитку зумовлений колективним характером життєдіяльності. Збалансовані взаємини господарства й природи акцентуються на рівні локальних соціальних інтеграцій – поселень, підприємств. Саме на цьому рівні формується екологічне підприємництво, екологічні інвестиції. Взаємодія населення – господарства – природи потребує певної регламентації й управління на національному й глобальному рівнях. Ці рівні інтегрують індивідуальні, групові й загальнолюдські аспекти сталого розвитку.

## 8.5. Концепція екологічної освіти в Україні

У найважливіших міжнародних документах останнього десятиріччя, присвячених проблемам навколишнього середовища й гармонійного розвитку людства велика увага приділяється екологічній культурі та свідомості, інформованості людей про екологічну ситуацію в світі, регіоні, на місці проживання, їх обізнаності з можливими шляхами вирішення різних екологічних проблем, з концептуальними підходами до збереження біосфери й цивілізації. Шлях до високої екологічної культури лежить через ефективну екологічну освіту.

Екологічна освіта на порозі 3-го тисячоліття стала необхідною складовою гармонійного, екологічно безпечного розвитку. Екологічне виховання та інформування населення, підготовка висококваліфікованих фахівців названі в програмних документах найвизначнішого міжнародного форуму 20-го ст. в Ріо-де-Жанейро (1992 р.), присвяченого навколишньому середовищу й сталому розвитку, одним із найважливіших і необхідних засобів здійснення переходу до гармонійного розвитку всіх країн світу. Це положення підкреслюється і в останніх міжнародних документах (міжнародний звіт „Ріо+5”, „Керівництво з підготовки національних доповідей про виконання країнами „Порядку денного на 21 сторіччя” та ін.).

Екологічна освіта України має вже достатньо тривалу історію – від появи у вищих навчальних закладах України перших навчальних курсів з питань екології, охорони навколишнього середовища та раціонального природокористування у середині 70-х років минулого століття, до розробки і затвердження Концепції екологічної освіти України (2001 р.) та розробки, затвердження і поступового впровадження плану реалізації цієї Концепції на 2002-2005 рр. Широке розуміння необхідності екологічної освіти і виховання в Україні почало приходити після здобуття нею незалежності. Важливим етапом у розвитку екологічної освіти в Україні була спільна постанова Державного комітету УРСР з охорони природи та Міністерства вищої і середньої спеціальної освіти УРСР „Про стан екологічної освіти в системі Мінвузу УРСР” (№11/4/210 від 24.04.1990 р.), якою була затверджена „Республіканська програма екологічної освіти у вищих та середніх спеціальних навчальних закладах Української РСР на період до 2005 року”. На виконання Програми значно розширилася мережа ВНЗ, у яких здійснюється підготовка фахівців-екологів, з’явилася низка нових, важливих у практичному значенні напрямів, які покликані забезпечити вирішення екологічних проблем у всіх сферах людської діяльності. Наступним важливим кроком став Указ Президента України від 12.09.1995 р. „Про основні напрями реформування вищої школи в Україні”, у якому було сформульовано завдання щодо створення вищезгаданої Концепції екологічної освіти і виховання в Україні.

Концепція екологічної освіти в Україні затверджена 20 грудня 2001 року. Концепція екологічної освіти є важливим регламентуючим

державним документом, у якому зазначені стратегічні напрямки й тактичні завдання розвитку екологічної освіти всіх верств населення від дитинства до старості з метою формування екологічної культури й свідомості громадян, навичок та фундаментальних екологічних знань. Вона враховує сучасний стан і перспективи розвитку суспільного знання, спрямована на перебудову змісту освіти відповідно до вимог часу, на формування екологічної культури як складової системи національного і громадського виховання усіх груп населення. Цей документ дає підставу розробляти й упроваджувати нові програми екологічної освіти і виховання як для дітей дошкільного і шкільного віку, так і для студентів профтехучилищ, технікумів, коледжів та ВНЗ, а також для керівників різних установ, фахівців різних профілів, галузей виробництва.

За цією концепцією державна політика в галузі екоосвіти повинна базуватися на таких принципах:

- 1) розповсюдження системи екоосвіти й виховання на всі верстви населення з урахуванням індивідуальних інтересів, інтересів соціальних, етнічних груп і професійних категорій;
- 2) комплексності екоосвіти й виховання;
- 3) неперервності процесу екологічного навчання в системі освіти, в тому числі підвищення кваліфікації та перепідготовки.

Основною *метою екологічної освіти* є формування екологічної культури окремих осіб і суспільства в цілому, формування навичок, фундаментальних екологічних знань, екологічного мислення та свідомості, що ґрунтуються на ставленні до природи як універсальної, унікальної цінності. Ця мета досягається шляхом реалізації таких *завдань*:

1. Формування екологічної культури всіх верств населення, що передбачає:
  - виховання розуміння сучасних екологічних проблем рідного краю, держави й світу, усвідомлення їхньої важливості й актуальності;
  - відродження кращих традицій українського народу у взаємовідносинах із довкіллям, виховання любові до рідної природи;
  - усвідомлення необхідності заміни технократичної ідеї розвитку суспільства на екологічну (гармонія співіснування живого й неживого);
  - усвідомлення необхідності самообмежень на шляху до подолання споживацького ставлення до природи;
  - розвиток особистої відповідальності за стан довкілля, формування умінь прогнозувати особисту діяльність і діяльність інших людей;
  - формування умінь приймати відповідальні рішення щодо проблем довкілля;
  - набуття знань про економічні, законодавчі та нормативно-правові принципи раціонального природокористування (основи регіональної та державної екополітики);
  - виховання поваги до власного здоров'я та вироблення навичок його збереження.

2. Підготовка фахівців-екологів для різних галузей господарства.
3. Удосконалення, узгодження термінології в галузі екологічних знань.

Екологічна освіта – це сукупність наступних компонентів: екологічні знання – екологічне мислення – екологічний світогляд – екологічна етика – екологічна культура. Кожному компоненту відповідає певний рівень (ступінь) екологічної зрілості: від елементарних екологічних знань, уявлень дошкільного рівня до їх глибокого усвідомлення й практичної реалізації на вищих рівнях. Умовно можна виділити наступні узагальнені рівні екологічної зрілості: початковий (інформативно-підготовчий), основний (базово-світоглядний), вищий, профільно-фаховий (світоглядно-зрілий).

Зміст безперервної екоосвіти та виховання повинен включати дві ланки:

1. *Формальну* (дошкільна, шкільна, позашкільна, професійно-технічна, вища та післядипломна освіта).
2. *Неформальну* (засоби масової інформації, церкви, громадські екологічні та просвітницькі об'єднання, партії тощо).

Основою для формування екологічних знань мають бути сучасні уявлення про: біосферу та її структурні одиниці, екосистеми, їх біотичну структуру, генетичні типи, принципи класифікації; живу речовину та її роль у біосферних процесах; закономірності кругообігів речовин, енергії та інформації; систему „людина – суспільство – біосфера – космос”; основні види антропогенного впливу на компоненти довкілля та їх негативні наслідки; основні глобальні, державні й регіональні екологічні проблеми та шляхи їх вирішення; економічні, законодавчі та нормативно-правові принципи раціонального природокористування; основи державної та регіональної екологічної політики тощо. Але будь які знання повинні супроводжуватися виховними моментами, особливо з раннього дитинства.

Екологічна освіта, як цілісне культурологічне явище, що включає процеси навчання, виховання, розвитку особистості, повинна спрямовуватися на формування екологічної культури, як складової системи національного й громадського виховання всіх верств населення України (у тому числі через екологічне просвітництво за допомогою громадських екологічних організацій), екологізацію навчальних дисциплін і програм підготовки, а також на професійну екологічну підготовку через базову екологічну освіту. Вирішення цих питань має забезпечити формування цілісного екологічного знання й мислення, необхідних для прийняття екологічно-обґрунтованих народногосподарських рішень на рівні підприємств, галузей, регіонів, країни загалом.

Згідно Закону України „Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року” від 28 лютого 2019 р. за № 2697-VIII, метою державної екологічної політики є досягнення доброго стану довкілля шляхом запровадження екосистемного підходу до всіх напрямів соціально-економічного розвитку України з метою забезпечення конституційного права кожного громадянина України на чисте та безпечне

довкілля, впровадження збалансованого природокористування і збереження та відновлення природних екосистем. Одним із основних засобів для досягнення цієї мети є підвищення якості освіти в інтересах збалансованого (сталого) розвитку, що дасть змогу встановити методологічні основи та запровадити безперервну екологічну освіту. Випереджаючими темпами має розвиватися всеохоплююча екологічна просвіта та виховання підростаючого покоління шляхом підтримки діяльності позашкільних закладів освіти, еколого-натуралістичних центрів та природничих секцій центрів дітей і юнацтва та профільних громадських організацій. Значне підвищення рівня екологічної освіти, просвіти та виховання громадян України створить умови для запровадження у повсякденне життя громадян моделей сталого споживання, активізує їхню роль у запобіганні забрудненню та здійсненні контролю за станом навколишнього природного середовища, сталому використанні природних ресурсів та відновленні природно-ресурсного потенціалу України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Александров Ю. В. Основи релятивістської космології. URL: <http://dspace.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/60/1/cosmol.pdf>
2. Атлас світу. Київ: ДНВП „Картографія”, 2004. 140 с.
3. Багров М. В. Боков В. О., Черваньов І. Г. та ін. Землезнавство: підручник /за ред. П. Г. Шищенка. Київ: Либідь, 2000. 464 с.
4. Безвершук Ж. О., Щербакова О. В. Культурологія: відповіді на питання екзаменаційних білетів: навч. посіб. Київ: Знання, 2010. 326 с.
5. Берегова Г. Д. Біологічні трактати Аристотеля: Посібник з біофілософії. Херсон: Айлант, 2015. 58 с.
6. Берегова Г. Д. Біологічні трактати Аристотеля: Посібник з біофілософії. Херсон: Айлант, 2015. 58 с.
7. Бичко А. К. Бичко І. В., Табачковський В. Г. Історія філософії. Київ: [б. в.], 2001. 408 с.
8. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С., Костіков І. Ю. Основи загальної екології. Київ: Либідь. 2005. 213 с.
9. Бобильов Ю. П. Концепції сучасного природознавства. Київ: Центр навч. л-ри, 2003. 244 с.
10. Васюкова Г. Т. Ярошенко О. І. Екологія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. Київ: Кондор, 2012. 524 с.
11. Висоцький М. В. Природознавство: науковий образ світу: текст лекцій; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. Київ: Київський університет, 2018. 143 с.
12. Влах М. Географічні метафори: сутність і роль у науковому пізнанні. *Львівська суспільно-географічна школа: історія, теорія, українознавчі студії*: матеріали Всеукр. наук. конф. з участю закорд. учених, присвяченої 70-річчю кафедри екон. і соц. геогр ЛНУ ім. І. Франка (м. Львів, 19–20 листопада 2015 р.)/[відп. ред.: проф. О. І. Шаблій]. Львів: ЛНУ, 2015. С. 90–98.
13. Влах М. Р. Історія географії: навч. посіб. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2014. 336 с.
14. Вовк С. М. Філософські основи природознавства: підручник: в 2 ч. Ч.1: Логіко-гносеологічні основи природознавства. Ч. 2: Онтологічні основи природознавства. Чернівці: [б. в.], 2002. 295 с.
15. Волинка Г. І. Картина світу ХХ століття: енциклопедизм як композиційний принцип. Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2009. 203 с.
16. Воронцова, Ж. В., Дьяков О. Г. Концепції сучасного природознавства: навч. посібник. Харків: ХДУХТ, 2012. 170 с.
17. Гриньова М. В., Паляниця О. В. Природознавство. Навчальний посібник для студентів педагогічних університетів. 3-тє вид. Полтава: ПНПУ, 2012. 252 с.

18. Гродзинський М. Д. Пізнання ландшафту: місце і простір: монографія у 2-х т. Київ: ВПЦ „Київський університет”, 2005. 431 с.
19. Гродзинський М. Д. Просторова гетерогенність і впорядкованість ландшафту *Наукові записки [Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського]*. Серія: Географія. 2013. Вип. 25. С. 26–31.
20. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посіб. Київ: Знання, 2004. 310 с.
21. Добронравова І. С. Конспекти лекцій з методичними вказівками з курсу „Новітня філософія науки” для студентів філософського факультету. URL: <http://www.philsci.univ.kiev.ua/biblio/Dobr/nov-lekci.htm>.
22. Життя на Марсі // Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
23. Зав'ялова Л. В. Екологія в Україні // Велика українська енциклопедія. URL: [https://vue.gov.ua/Екологія\\_в\\_Україні](https://vue.gov.ua/Екологія_в_Україні)
24. Закович М. М. Культурологія: українська та зарубіжна культура: навч. посіб. Київ: Знання, 2007. 567 с.
25. Ільніцька К. С., Краснобокий Ю. М., Миколайко В. В., Ткаченко І. А. Історія природознавства (короткий курс). Умань: Видавець „Сочінський М. М.”, 2021. 88с.
26. Історія світової культури: навч. посіб. / кер. авт. кол. Л. Т. Левчук. 3-тє вид., переробл. і доповн. Київ: Центр учб. л-ри, 2010. 400 с.
27. Карпов Я. С., Кисельник В. С., Кремень В. Г. Концепції сучасного природознавства. Київ: Вид. дім „Професіонал”, 2004. 490 с.
28. Кисельов Ю. О. Основи геософії: проблеми теорії та методології: монографія. Луганськ: ДЗ ЛНУ ім. Т. Шевченка, 2011. 208 с.
29. Климишин І. А. Деякі матеріали до теми „Концепції сучасного природознавства”. Івано-Франківськ, 2019. URL: <http://194.44.152.155/elib/local/r774.pdf>
30. Климчик О. М. Становлення екологічної освіти в Україні. *Сучасні проблеми екології*: тези XVI Всеукр. наук. on-line конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнар. участю, 10 квіт. 2020 р. Житомир: Житомирська політехніка, 2020. С. 11–12.
31. Ковальчук П. І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища: навч. посіб. Київ: Либідь, 2003. 208 с.
32. Колтачихіна О. Ноосферні ідеї В. І. Вернадського та сучасні космологічні моделі Всесвіту. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/49435/07-KoltachikhinaNEW.pdf?sequence=1>
33. Концепції сучасного природокористування: навч. посіб.: у 2 ч. / Чернів. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича; І. В. Кібич (уклад.). Чернівці: Рута, 2007. Ч. 1. 2007. 40 с.
34. Кривуля О. М. Філософія: навч. посіб. Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2010. 592 с.



35. Крижанівський О. П. Історія Стародавнього Сходу: навч. посіб. Київ: Либідь, 2002. 590 с.
36. Крисаченко В. С. Людина і біосфера. Основи екологічної антропології. Київ: Заповіт, 1998. 689 с.
37. Кучерявий В. П. Екологія. Львів: Світ, 2001. 500 с.
38. Кшняка І. С., Міщенко Б. А., Опанасюк А. С. Концепції сучасного природознавства: навч. посіб.: у трьох частинах. Суми: Вид-во СумДУ, 2010. Ч.2. 56 с.
39. Лантух Г. Всесвіт та його будова. *Краєзнавство. Географія. Туризм*. 2002. № 4. С.12–13.
40. Лапін В. М. Безпека життєдіяльності людини: навч. посіб. 6-е вид., переробл. і доповн. Київ: Знання, 2007. 332 с.
41. Ляпунова Н. М. Екологічна освіта – складова загальної системи освіти. *Екологічна безпека*. Вип. 1. 2008. С. 67–70.
42. Майкл Е. Пескін Деніел В. Шродер. Вступний курс квантової теорії поля Том І. Фейнманові діаграми і квантова електродинаміка. Переклад з англ. ПП „Видавництво ТАХІОН”, 2012. 326 с.
43. Мартинюк М. Т., Бондаренко С. І., Браславська О. В. Інтегративний функціонально-галузевий підхід як чинник прогнозування і побудови моделей педагогічної природничо-наукової освіти: монографія /за ред. М. Т. Мартинюк, М. В. Декарчук. Умань: ФОП Жовтий, 2013. 174 с.
44. Михайличенко О. В. Історія науки і техніки: навч. посіб. Суми: СумДПУ, 2013. 346 с.
45. Мовчан С. П., Чаплигін О. К. Методологічні принципи та проблеми сучасного природознавства: навч. посіб. [для студ. вищих навч. закл.]. Харків: ХНАДУ, 2008. 264 с.
46. Мудрак І. Д. Історія держави і права зарубіжних країн: курс лекцій. Ірпінь: [б. в.], 2001. 232 с.
47. Мягченко О. П. Основи екології: підручник. Київ: Цент учб. л-ри, 2010. 312 с.
48. Наука і цінності людського буття / [Альчук М. П., Бойченко М. І., Вишинський С. Д. та ін.]; за заг. ред. д-ра філос. наук, проф. В. П. Мельника. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. 550 с.
49. Немець К. А., Немець Л.М. Теорія і методологія географічної науки: методи просторового аналізу: навч. посіб. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. 170 с.
50. Носон А. В. Застосування методів формалізації у геоекоекологічних дослідженнях. *Вісник Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка*. 2005. С. 48.–49.
51. Орлов О. Л. Міжнародно-правове регулювання питань зміни клімату Землі: проблеми та перспективи. Суми, 2020. 43 с. URL:<http://dspace.onua.edu.ua/bitstream/handle/11300/12645/Zemlia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
52. Павловська Т. С. Концепції сучасного природознавства: практикум.

- Луцьк: Вежа-Друк, 2018. 72 с.
53. Павловська Т. С., Бецелюк В. В. Робочий зошит для виконання самостійної роботи з курсу „Концепції сучасного природознавства”: метод. розробка для студ. геогр. ф-ту. Луцьк: Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2011. 56 с.
  54. Павловська Т. С., Григор’єва Н. В. Кросворд як інструмент засвоєння та перевірки природничих знань. *Педагогічний орієнтир*. Локачі, 2013. Вип. 19. С. 17–18.
  55. Павловська Т. С., Рудик О. В. Концепції сучасного природознавства [текст]: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. /за ред. проф. І. П. Ковальчука. Луцьк: Вежа-Друк, 2013. 196 с.
  56. Петлін В. М. Інформація в організованості природних територіальних систем: монографія. Київ: Видавничий центр КНУ імені Тараса Шевченка, 2017. 420 с.
  57. Польшаков В. І. Богдан М. В. Концепції сучасного природознавства: навч. посіб. Київ: Центр навч. л-ри, 2004. 178 с.
  58. Причепій Є. М., Черній А. М., Гвоздецький В. Д., Чекаль Л. А. Філософія: посіб. для студ. вищ. навч. закладів. Київ: Вид. центр „Академія”, 2001. 576 с.
  59. Просяник О. П. До проблеми розмежування наукової теорії, методології та філософії науки у світі діяльнісного підходу. *Теоретичні й прикладні проблеми сучасної філології*: зб. наук. праць. Слов’янськ: Вид-во Б. І. Маторіна, 2019. Вип. 8, Ч.1. С. 51–56.
  60. Реформа управління відходами триває: розпочато обговорення технічних вимог до сміттєспалювальних установок в Україні // Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/reforma-upravlinnia-vidkhodamy-tryvaie-rozpochato-obhovorennia-tekhnichnykh-vymoh-do-smittiespaljuvalnykh-ustanovok-v-ukraini>
  61. Рубель В. А. Історія цивілізацій Доколумбової Америки: навч. посіб. Київ: Либідь, 2005. 504 с.
  62. Садовий М. І., Трифонова О. М. Трифонова. Сучасна фізична картина світу: [навч. посібн. для студ. пед. вищ. навч. закл.]. Кіровоград: ПП „Центр оперативної поліграфії „Авангард”, 2016. 180 с.
  63. Садовий М. І., Трифонова О. М., Стадніченко С. М. Формування сучасної наукової картини світу засобами системи наскрізних понять. *Наукові записки*. Серія: Педагогічні науки. Кіровоград, 2014. Вип. 132. С. 65–70.
  64. Система екологічної освіти в Україні URL: <https://kntiis.od.ua/sites/default/files/files/sistema%20ekologichnoi%20osvity.pdf>
  65. Смаровоз О. В., Пригоряну Н. В., Садовий М. І. Використання інформаційно-комунікативних технологій при вивченні курсу „Концепції сучасної наукової картини світу”. *Фізика. Технології*.

- Навчання*: зб. наук. пр. студ. і молод. наук. Кіровоград, 2015. Вип. 13. С. 179–183.
66. Смольков О. А. Філософія: навч. посіб. Львів.: „Магнолія Плюс”; Вид. СПД ФО „В. М. Піча” 2005. 460 с.
  67. Твердохлебов Г. А. Діалектика еволюції тваринного світу. Сутність діалектичного протиріччя. URL: <http://www.tverd4.narod.ru/st04.htm>.
  68. Толчевська О. Є. Розвиток уявлень про простір і час в історії географії. URL: <http://www.geoguide.com.ua/articles/articles.php?art=2>
  69. Трифонова О. М. Концепція сучасної наукової картини світу у вищих навчальних закладах. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова*. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. Київ, 2014. Вип. 47. С. 288–295.
  70. Трифонова О. М., Садовий М. І. Наукова картина світу ХХІ століття: інтегративність природничих і технічних наук: навчальний посібник. Кропивницький: ПП „Ексклюзив-Систем”, 2019. 332 с.
  71. Філософія: навч. посіб.: курс лекцій / за ред. проф. І. Ф. Надольного. 5-е вид., стер. Київ: Вікар, 2006. 516 с.
  72. Хитрук В. Синергетичний підхід як засіб фундаменталізації фахової підготовки майбутніх учителів природознавства у процесі вивчення фізики і астрономії. URL: [file:///C:/Users/%D0%95%0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B0/Downloads/znpudpu\\_2015\\_2\(2\)\\_52.pdf](file:///C:/Users/%D0%95%0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B0/Downloads/znpudpu_2015_2(2)_52.pdf)
  73. Храмов Ю. О. Фізика. Історія фундаментальних ідей, теорій та відкриттів. Київ: Фенікс, 2012. 816 с.
  74. Чорний І. П., Рошкулець Р. Г. Філософія: навч. посіб. Чернівці: Рута, 2008. 216 с.
  75. Штойко П. І. Концепції природознавства: навч. посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка. 2011, 456 с.
  76. Що зробило людство за останні 10 років: 16 видатних наукових відкриттів // Економічна правда. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2019/12/27/655349/>
  77. Юрченко Л. І. Екологія: навч. посіб. Київ: Професіонал: Центр учб. л-ри, 2009. 304 с.
  78. Який вплив війни на екологію // Автоекоприлад. URL: <https://eco.aep.kiev.ua/novini/vpliv-vijni-na-ekologiyu/>
  79. Якімцов В. Еволюція сучасної наукової картини світу. URL: [file:///C:/Users/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B0/Downloads/ae\\_2018\\_11\\_3-4\\_17.pdf](file:///C:/Users/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B0/Downloads/ae_2018_11_3-4_17.pdf)

Навчально-методичне видання

**Павловська** Тетяна Сергіївна  
**Ковальчук** Іван Платонович  
**Рудик** Олександр Володимирович

Концепції сучасного природознавства:  
курс лекцій

Друкується в авторській редакції  
Верстка *Т. С. Павловської*

Формат 60x84 1/16. Обсяг 10,46 ум. друк. арк., 10,21 обл.-вид. арк.  
Наклад 100 пр. Зам. 133. Виготовлювач – Вежа-Друк  
(м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. +380669362549).  
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України  
ДК № 4607 від 30.08.2013 р.