

ЗАКАРПАТСЬКИЙ УГОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ФЕРЕНЦА РАКОЦІ ІІ

Науково-дослідний центр імені Фодор Іштвана

Кафедра біології та хімії

Коложварі Степан – Гаднадь Іштван – Когут Ержебет

ІСТОРІЯ БІОЛОГІЇ, ХІМІЇ ТА НАУК ПРО ЖИТТЯ

ЧАСТИНА І

Перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

A Освіта

(галузь знань)

A4 Середня освіта

Біологія та здоров'я людини

(освітня програма)



Берегове, 2026

ЗАКАРПАТСЬКИЙ УГОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ФЕРЕНЦА РАКОЦІ ІІ

Науково-дослідний центр імені Фодор Іштвана

Кафедра біології та хімії

Коложварі Степан – Гаднадь Іштван – Когут Ержебет

ІСТОРІЯ БІОЛОГІЇ, ХІМІЇ ТА НАУК ПРО ЖИТТЯ

ЧАСТИНА І

Перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

А Освіта

(галузь знань)

А4 Середня освіта

Біологія та здоров'я людини

(освітня програма)



Берегове, 2026

Ця книга надає всебічний огляд історії розвитку біологічних і хімічних наук через діяльність найвидатніших учених. У ній показано, як формувалися основи сучасної біології та хімії від давніх часів до сьогодення. Видання пропонує не лише історичний, але й науковий аналіз взаємозв'язків між біологічними, хімічними та медичними відкриттями. Особлива увага приділяється еволюції наукового мислення та становленню дослідницьких підходів. Стиль викладу є доступним, проте ґрунтується на академічній точності, що робить книгу придатною для використання як навчальний матеріал у закладах вищої освіти. Рекомендовано студентам освітнього рівня бакалавра (BSc), особливо тим, хто цікавиться історичними та практичними аспектами біології, хімії й наук про довкілля.

Рекомендовано до видання в електронній формі (PDF) рішенням Вченої ради Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II (протокол № 77 від 2026 року)

Підготовлено до видання в електронній формі (PDF) кафедрою біології та хімії спільно з Видавничим відділом Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II

Розробник методичних вказівок:

Коложварі Степан – доктор філософії, доцент кафедри біології та хімії Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Гаднадь Іштван – доктор філософії, доцент кафедри біології та хімії Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Когут Ержебет – доктор філософії, доцент, завідувач кафедри біології та хімії Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Рецензенти:

Чома Золтан – доктор філософії, зам. зав. кафедри, доцент кафедри біології та хімії Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Можар Атілла – доктор філософії, науковий старший співробітник, HUN-REN Балатонський Лімнологічний Науково-Дослідний Інститут, Тіхань

За зміст методичних вказівок несе відповідальність розробник.

Відповідальні за випуск:

Ержебет КОГУТ – доктор філософії, доцент, завідувач кафедри біології та хімії Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Олександр ДОБОШ – начальник Видавничого відділу ЗУУ імені Ференца Ракоці II.

Видавництво: Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II (адреса: пл.

Кошута 6, м. Берегове, 90202. Електронна пошта: egyetem@kme.org.ua)

© Степан Коложварі, Гаднадь Іштван Когут Ержебет, 2026

© Кафедра біології та хімії ЗУУ імені Ференца Ракоці II, 2026

©Науково-дослідний центр імені Фодор Іштвана, 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	6
1. НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ	7
2. УГОРСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК.....	9
3. ПОХОДЖЕННЯ ТА ІСТОРИЧНЕ ФОРМУВАННЯ ПОНЯТЬ БІОЛОГІЇ ТА ХІМІЇ	12
3.2. Зародження поняття «біологія»	12
3.3. Походження та історичне підґрунтя слова «хімія»	12
4. ПРИРОДНИЧІ ЗНАННЯ ПЕРВІСНОЇ ЛЮДИНИ.....	15
5. ПРИРОДНИЧІ ТА МЕДИЧНІ ЗНАННЯ АНТИЧНИХ ЦИВІЛІЗАЦІЙ	17
5.1. Месопотамія	17
5.2. Єгипет	18
5.3. Наукова та філософська спадщина Стародавньої Греції	21
5.4. Науковий центр Стародавньої Александрії	24
5.5. Розвиток природничих наук у Римській імперії.....	26
5.5.1. Гален і медицина	27
5.5.2. Римські технічні та біологічні досягнення	27
5.5.3. Фарбування текстилю	28
6. ІСТОРІЯ КИТАЙСЬКОЇ ТА ІНДІЙСЬКОЇ НАУКИ.....	29
7. ДОБА АЛХІМІЇ	31
7.1. Александрійська алхімія	31
7.2. Вплив алхімії на розвиток хімії	32
7.3. Арабська алхімія та середньовічна наука	32
8. АВЩЕННА ТА СЕРЕДНЬОВІЧНА НАУКОВА МЕДИЦИНА	34
9. СЕРЕДНЬОВІЧНА ЄВРОПЕЙСЬКА НАУКА.....	36
10. ВЕЛИКІ ЕНЦИКЛОПЕДИСТИ ТА АЛХІМІЯ НАПРИКІНЦІ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ	38
10.1. Альберт Великий (Albertus Magnus, 1193–1280).....	38
10.2. Роджер Бекон (Roger Bacon, 1214–1294).....	38
11. МЕДИЦИНА ДОБИ ВІДРОДЖЕННЯ.....	40
11.1. Необхідність та суспільні перешкоди розтину	40
11.2. Анатомія Відродження	41
11.3. Леонардо да Вінчі та наука Відродження	42
11.4. Парацельс та революція медицини Відродження	44
12. ЗАРОДЖЕННЯ СУЧАСНОЇ БІОЛОГІЇ	46
12.2. Андреас Везалій (Andreas Vesalius)	46
12.3. Габріель Фаллопій (Gabriel Fallopio, 1523–1562).....	48
12.4. І. Бартоломмео Євстахій (Bartolommeo Eustachio, бл. 1513–1574)	50
12.5. Амбруаз Паре (Ambroise Paré, 1510–1590)	50
13. НАРОДЖЕННЯ НАУКИ ФІЗІОЛОГІЇ.....	52
13.1. Вільям Гарвей (William Harvey, 1578–1657).....	53
14. БОРОТЬБА ВІТАЛІСТИЧНОЇ ТА МЕХАНІСТИЧНОЇ ТЕЧІЙ У НАУЦІ	55
14.1. Джованні Альфонсо Бореллі (Giovanni Alfonso Borelli, 1608–1679).....	56
14.2. Йоганн Баптист ван Гельмонт (Joannes Baptista van Helmont, 1579–1644)	56
14.3. Франц де ла Бое (Franz de la Boë, 1614–1672)	57
15. ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТОК МІКРОСКОПІЇ	59
16. РОЗВИТОК ХІМІЧНИХ ДОСЯГНЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ У ЄВРОПІ	62
16.1. Ятрохімія.....	62
16.2. Розвиток гірничої хімії	64
16.3. Роберт Бойль (Robert Boyle, 1627–1691).....	65
17. ПЕРЕХІД МІЖ АЛХІМІСІЮ ТА СУЧАСНОЮ ХІМІСІЮ У XVII–XVIII СТОЛІТТЯХ.....	68
17.1. Найважливіші течії	68
17.2. Діяльність Георга Ернста Штала (Georg Ernst Stahl, 1660–1734)	70
17.3. Помилкові уявлення в природничих науках	71
18. ТЕОРІЯ САМОЗАРОДЖЕННЯ.....	74
18.1. Франческо Реді (Francesco Redi, 1626–1697).....	75
18.2. Джон Турбервіл Нідгем (John Turbeville Needham, 1713–1781).....	76
18.3. Ладзаро Спалланцані (Lazzaro Spallanzani, 1729–1799)	76
19. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ВИДІВ	78
19.1. Джон Рей (John Ray, 1628–1705).....	78
19.2. Карл фон Лінней (Karl von Linné, Carolus Linnaeus, 1707–1778).....	79

19.3.	Жорж-Луї Леклерк де Бюффон (Georges-Louis Leclerc Buffon, 1707–1788).....	80
19.4.	Еразм Дарвін (Erasmus Darwin, 1731–1802).....	81
19.5.	1.2. Жан-Батист Антуан де Ламарк (Jean-Baptiste Antoine de Lamarck, 1744–1829).....	82
20.	ЕВОЛЮЦІЙНА ТЕОРІЯ ТА ЇЇ ПЕРЕДУМОВИ.....	84
20.1.	Діяльність Джеймса Геттона (James Hutton, 1726–1797).....	84
20.2.	Діяльність Вільяма Сміта (William Smith, 1769–1839).....	85
20.3.	Жорж Леопольд Кюв'є (Georges Leopold Cuvier, 1769–1832).....	86
20.4.	Діяльність Чарльза Лайелла (Charles Lyell, 1797–1875).....	87
20.5.	Походження видів – народження теорії еволюції.....	88
20.6.	Діяльність Альфреда Рассела Уоллеса (Alfred Russel Wallace, 1822–1913).....	90
20.7.	Діяльність Річарда Оуена (Richard Owen, 1804–1892).....	91
20.8.	Ернст Генріх Геккель (Ernst Heinrich Haeckel, 1834–1919).....	92
20.9.	Жак Буше де Кревкер де Пертес (Jacques Boucher de Crèvecœur de Perthes).....	93
21.	ЗВ'ЯЗОК БІОХІМІЇ ТА ЖИТТЯ	95
21.1.	Рене Антуан Фершо де Реомюр (René Antoine Ferchault de Réaumur)	95
21.2.	Стівен Гейлз (Stephen Hales, 1677–1761)	95
21.3.	Джозеф Прістлі (Joseph Priestley, 1733–1804).....	96
21.4.	Ян Інгенхаус (Jan Ingenhousz, 1730–1799)	97
21.5.	Антуан Лоран Лавуазьє (Antoine Laurent Lavoisier, 1743–1794).....	97
21.6.	Розмежування органічних та неорганічних речовин	98
22.	РОЗВИТОК ЕМБРІОЛОГІЇ.....	100
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	102

ПЕРЕДМОВА

З появою людських цивілізацій природничі знання невинно накопичувалися, і кожне відкриття відкривало нові шляхи до глибшого розуміння природи. Дослідження в галузях біології, хімії, медицини та генетики не лише уможливили розкриття законів життя і природи, але й докорінно змінили повсякденне життя людини. Метою створення цієї навчальної допоміжної літератури є надання хронологічного та тематичного огляду розвитку наукової думки, починаючи від зародження хімії та концепції атома, через біологічні теорії, і аж до боротьби за здоров'я людини та проти інфекційних захворювань.

У першій частині документа ми можемо простежити розвиток хімії, формування атомної теорії, стехіометрії та періодичної системи елементів. Праці Ріхтера, Дальтона та Авогадро заклали основи сучасної хімії та уможливили наукову систематизацію, ключем до якої слугувала логіка взаємозв'язків між атомами, молекулами та елементами.

У галузі біології та медицини результати цитології, ембріології та мікробіології пролили світло на закони організації життя. Завдяки дослідженням Пуркінє, Шляйдена, Шванна, Бера, Земмельвайса та Пастера стало зрозумілим не лише розвиток клітини та ембріона, але й було ідентифіковано збудників інфекційних захворювань, що дало змогу розробити профілактичні заходи та вакцини.

Розвиток генетики та еволюційної теорії також привернув увагу до глибших взаємозв'язків у природі. Відкриття Менделя, Гуго де Фріза та Вальтера Флеммінга розкривають моделі успадкування та роль хромосом, тоді як праці Дарвіна та Воллеса, а також Геккеля забезпечують теоретичні рамки для поступової зміни організмів і природного добору. Вивчення формування та розвитку людського виду дає можливість інтерпретувати наше власне походження та адаптацію до навколишнього середовища в межах наукового мислення.

Видання представляє взаємопов'язану історію наукових відкриттів, підкреслюючи, що знання – це не низка ізольованих фактів, а система послідовних спостережень, експериментів і теорій, яка постійно формує наш світогляд і наше життя. За допомогою зібраних тут знань читач може отримати вичерпне уявлення про те, як розгорнулася сучасна природнича наука через експериментування, аналіз та критичне мислення.

1. НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ



Мал. 1. Будівля президії Національної академії наук України у Києві

Національна академія наук України (НАНУ) є найважливішою науковою установою країни, яка відіграє вирішальну роль у всіх сферах досліджень та інновацій. Її витоки сягають початку XX століття, коли по всій Європі створювалися наукові організації, покликані керувати національним науковим життям, розвивати його та налагоджувати міжнародні зв'язки. Україна в той час переживала політичні та соціальні перетворення, проте наукова еліта усвідомлювала необхідність створення централізованої організації, здатної об'єднати науковців країни та забезпечити довгостроковий розвиток.

Офіційне заснування Академії відбулося 14 листопада 1918 року, коли гетьман Павло Скоропадський підписав установчий документ у Києві. Перші Загальні збори відбулися 27 листопада, на яких міжнародно визнаний геолог і геохімік Володимир Вернадський був обраний першим президентом установи. Вернадський був ученим, відомим не лише в Україні, а й у всьому світі. Його праці заклали основи геохімії та біогеохімії, а його науковий авторитет значно сприяв швидкому визнанню нової академії. Ключову роль у підготовці до заснування відіграв також міністр освіти М. П. Василенко, який виступав за зміцнення культурної та наукової інфраструктури держави.

Початкова організаційна структура Академії була побудована навколо трьох основних напрямків: історія та філологія; фізика та математика; а також суспільні науки. Вже тоді була сформульована мета щодо всебічного представлення установою повного

спектру наук. Однак протягом наступних років політичні зміни також серйозно вплинули на життя Академії. Установа пережила кілька перейменувань. З 1918 по 1921 рік вона називалася Українська академія наук, з 1921 по 1936 рік – Всеукраїнська академія наук, а з 1936 року до 1991 року функціонувала як Академія наук Української Радянської Соціалістичної Республіки. Після розпаду Радянського Союзу, у 1991 році, вона знову стала самостійною національною установою, а з 1994 року носить назву Національна академія наук України.

Основним принципом роботи організації є те, що вона функціонує за державним фінансуванням, але має науково незалежне управління. Академія самостійно визначає напрямки своїх досліджень, організаційну структуру та питання кадрового забезпечення.

НАНУ поділяється на три основні секції: фізико-технічних і математичних наук; хімічних і біологічних наук; а також суспільних та гуманітарних наук. Вона охоплює чотирнадцять наукових напрямків: від математики й астрономії до наук про Землю, біохімії, аж до мовознавства та історичних наук. Академія керує загальнонаціональною мережею. Під її егідою діють п'ять регіональних наукових центрів у Львові, Одесі та інших містах, а також сімдесят сім наукових рад, п'ятнадцять постійних комітетів і двадцять чотири наукові товариства.

Протягом своєї історії Академія досягла численних визначних результатів. У 1920-х і 1930-х роках, крім фундаментальних досліджень, вона відігравала важливу роль у науковому обґрунтуванні промислових і сільськогосподарських розробок. Під час Другої світової війни кілька її інститутів було евакуйовано, але наукова робота навіть тоді не припинялася.

НАНУ є важливим учасником міжнародної співпраці. З 1996 року вона є членом ALLEA, Федерації європейських академій наук, і бере активну участь у спільних європейських дослідницьких проєктах. У 2018 році було відзначено сторіччя установи масштабними урочистостями. В останні роки науковці Академії досягли значних успіхів також у прикладних дослідженнях. У 2022 році було реалізовано понад 370 нових розробок, серед яких були фармацевтичні, інформаційні та інженерні рішення. Через воєнні обставини особливо зросла підтримка оборонних досліджень. На цю сферу було виділено на 20 відсотків більше коштів порівняно з попередніми роками. Отже, НАНУ понад століття відіграє визначальну роль у науковому та культурному житті України. Її історія тісно переплетена з політичними віхами країни, проте їй завжди вдавалося зберегти свою основну місію: сприяти розвитку науки, підтримувати дослідження та активно інтегруватися в міжнародну наукову спільноту.

2. УГОРСЬКА АКАДЕМІЯ НАУК



Мал. 2. Головна будівля Угорської академії наук у Будапешті

Угорська академія наук (МТА) є найважливішою установою угорського наукового життя, яка з 1825 року відіграє визначальну роль у вітчизняних та міжнародних дослідженнях, формуванні наукового публічного життя та підвищенні соціального визнання науки. Заснування Академії стало однією з найважливіших подій угорської доби реформ XIX століття. Воно слугувало справі національної освіти та науки, а водночас і зміцненню національної ідентичності.

Ініціатива пов'язана з Пожонським державним зібранням 1825 року, де граф Іштван Сечені (Széchenyi István), видатний діяч угорської реформістської політики, пожертвував свій річний дохід на створення наукового товариства. Його приклад наслідували інші магнати та шляхта, завдяки чому незабаром було створено фінансову базу. Згідно з постановою державного зібрання, прийнятою 3 листопада 1825 року, було засновано «Угорське наукове товариство», яке пізніше, у 1845 році, отримало назву Угорська академія наук (МТА).

Спочатку головною метою Академії було плекання, розвиток та сприяння науковому використанню угорської мови. У середині XIX століття, коли угорська мова ще не була загальноприйнятою у всіх галузях науки, особливо важливим завданням вважалося створення професійної термінології та переведення наукової освіти на національну основу. Крім того, МТА з самого початку підтримувала природничі

дослідження, стимулювала розвиток історичних наук та мистецтв, а також організовувала вітчизняну наукову спільноту.

Важливою віхою в житті товариства стало будівництво штаб-квартири Академії у другій половині XIX століття. Палац у стилі неоренесансу, відкритий у 1865 році, який і сьогодні є однією з найвизначніших будівель на березі Дунаю, став центром угорської науки. Будівля була реалізована за ініціативи Сечені та за підтримки інших меценатів, і з того часу є символічним місцем угорського наукового життя.

Бурхливі політичні та соціальні зміни XX століття, звичайно, також наклали свій відбиток на діяльність Академії. Внаслідок Першої світової війни, а потім Тріанонського мирного договору значна частина угорської наукової спільноти опинилася за межами країни. У міжвоєнний період МТА стала своєрідним притулком для національного культурного життя, хоча наукова робота часто відбувалася у складних фінансових умовах. Після Другої світової війни, у 1949 році, Академію було реорганізовано за радянським зразком: вона перейшла під безпосереднє державне управління, а мережа науково-дослідних інститутів підпорядковувалася МТА. У цей період наукова автономія була значно обмежена, але організація все ж відігравала важливу роль у продовженні досліджень.



Мал. 3. Співробітники кафедри біології та хімії, а також Науково-дослідного центру природничих наук імені Іштвана Фодору Закарпатського угорського інституту ім. Ференца Ракоці II у Будапештській штаб-квартирі Угорської академії наук у травні 2025 року

Після зміни режиму, з 1989 року, Академія відновила свою самостійність. Знову зміцнилася її місія бути головним організатором угорського наукового життя, який одночасно представляє наукову спільноту, підтримує дослідження та виконує консультативну роль у політичному прийнятті рішень. Членами МТА стають найвидатніші угорські науковці шляхом обрання. Окрім дійсних, членів-кореспондентів та зовнішніх членів, є також почесні члени, які є видатними вченими, що проживають за кордоном.

Сьогодні діяльність Академії охоплює широкий спектр. Вона має численні наукові відділення, які покривають повний діапазон природничих, технічних, суспільних та гуманітарних наук. Окрім виховання наукових кадрів, вона також бере активну участь у виконанні громадських завдань, наприклад, готує офіційні заяви та позиції з актуальних соціальних, економічних або екологічних питань.

Цікаво, що за свою історію МТА обрала членами багатьох всесвітньо відомих вчених. Серед них, наприклад, Альберт Сент-Дьордьї (Szent-Györgyi Albert), лікар-біохімік, лауреат Нобелівської премії, відомий як першовідкривач вітаміну С, або Євген Вігнер (Wigner Jenő) та Янош Нейман (Neumann János), які були визначальними постатями фізики та математики XX століття. Водночас Академія є однією з найважливіших установ для плекання угорської мови та культури: її лінгвістичні праці відіграли ключову роль у стандартизації угорської мови та формуванні правил правопису.

Таким чином, Угорська академія наук вже понад півтора століття є центром угорського наукового життя. Протягом своєї історії вона завжди вважала своєю найважливішою місією служіння національній освіті, розвитку науки та суспільному благу. Її роль і сьогодні є подвійною: з одного боку, це забезпечення наукових досліджень та підготовка професійних кадрів, з іншого – соціальне використання наукових результатів.

3. ПОХОДЖЕННЯ ТА ІСТОРИЧНЕ ФОРМУВАННЯ ПОНЯТЬ БІОЛОГІЇ ТА ХІМІЇ

3.2. Зародження поняття «біологія»

Термін «біологія» походить від поєднання грецьких слів біос (bios, «життя») та логос (logos, «наука, вчення, слово»). Отже, його значення – «наука про життя». Хоча спостереження та вивчення живих організмів викликали серйозний інтерес ще в античні часи (досить згадати монументальну зоологію Аристотеля або ботанічні праці Теофраста), назва «біологія» як самостійної наукової дисципліни увійшла у вжиток значно пізніше, під час доби Просвітництва та розквіту сучасної природничої науки.

Вперше слово «біологія» використав німецький філософ Міхаель Крістоф Ганов (Michael Christoph Hanov) у 1766 році в назві однієї зі своїх книг. Однак тоді це поняття не набуло загального поширення, а сприймалося, скоріше, як мовний експеримент. У сучасному розумінні, як назва науки, що вивчає живу природу в цілому, слово набуло широкого вжитку лише на початку XIX століття.

Його незалежно один від одного ввели троє вчених:

- Карл Фрідріх Бурдах (Karl Friedrich Burdach) у 1800 році,
- Готфрід Рейнгольд Тревіранус (Gottfried Reinhold Treviranus) у 1802 році,
- а також французький природознавець Жан-Батист Ламарк (Jean-Baptiste Lamarck) також у 1802 році.

У своїй праці *Biologie; oder Philosophie der lebenden Natur* (1802) Тревіранус визначив біологію як дослідження законів живої природи. Ламарк у своїй роботі *Hydrogéologie* також використав термін «біологія» для всебічного вивчення живого світу. З того часу поняття швидко поширилося та все більше витісняло попередні назви, що стосувалися окремих галузей, як-от «природознавство» або «натуралістичні науки».

Протягом XIX століття біологія була поставлена на міцну методологічну основу за зразком фізики та хімії. Завдяки розвитку мікроскопа, появі еволюційної теорії та розквіту цитології, біологія стала самостійною, широкомасштабною науковою дисципліною, що досліджує всі аспекти живого світу.

3.3. Походження та історичне підґрунтя слова «хімія»

Походження поняття «хімія» є набагато складнішим і дискусійнішим, ніж походження біології. Значення та вживання цього слова формувалося протягом довгих століть, часто переплітаючись із релігійними, філософськими та містичними традиціями.

Єгипетське походження: Згідно з одним із найпоширеніших пояснень, слово «хімія» походить від варіанту назви Єгипту. Землю стародавніх єгиптян, через чорний, родючий ґрунт у дельті Нілу, також називали «Кемі» або «Хем» (Kemi або Khem). Його значення: «чорна земля». Звідси походять пізніші грецькі та арабські запозичення. Арабський префікс «аль-» у слові «алхімія» (al-) є означеним артиклем, тому «аль-хімія» означало «наука єгиптян».

Грецьке та арабське посередництво: У часи греків і римлян термін «хімія» поступово став асоціюватися з мистецтвом перетворення металів, особливо мистецтвом виготовлення золота. Пізні грецькі алхіміки часто пов'язували слово «хімія» з поняттями «чорні склади», «таємні сили», що свідчить про те, що хімія тривалий час вважалася частиною прихованого, герметичного знання. Звідси походить і термін «герметичний», який пов'язаний із легендарною постаттю божественної мудрості, Гермесом Трисмегістом.

Виготовлення золота та алхімія: У Середньовіччі хімія тісно переплелася з алхімією. Метою алхімії було перетворення металів, насамперед отримання золота, а також знаходження «еліксиру життя», напою безсмертя. Таким чином, *chemia* довгий час означало мистецтво виготовлення золота та срібла. Хоча алхімія часто поставала в містичному вбранні, її експерименти все ж зробили внесок в основи сучасних хімічних знань, наприклад, у розробку методів дистиляції та кристалізації.

Китайські паралелі: Цікаво, що дослідники походження слова «хімія» знайшли також споріднені вирази у китайських традиціях. У південнокитайському діалекті слово «чін» (*chin*, «виробник золота») вимовлялося як «кім-я» (*kim-ja*), що через мовну схожість можна порівняти з терміном «алхімія». Це свідчить про те, що ідея перетворення металів та бажання отримати золото були всесвітньо поширеними культурними прагненнями.

Перші згадки: Одне з найдавніших відомих письмових згадок слова «хімія» датується 336 роком н. е. Тоді його використовував у своїх працях Юлій Матерн Фірінікус (*Julius Maternus Firinicus*), сицилійський астролог, який жив за часів імператора Костянтина Великого. Це доводить, що термін був присутній вже в пізній період античного світу, хоча його зміст ще не був чітко відокремлений від філософських і магічних спекуляцій.

У той час як термін «біологія» став назвою наукової дисципліни в сучасному розумінні в результаті доби Просвітництва та наукової революції XIX століття, історія слова «хімія» пройшла набагато довший і звивистіший шлях. У понятті «хімія»

одночасно присутні спогади про родючу землю стародавнього Єгипту, містичні традиції грецької та арабської алхімії, а також універсальна мрія про отримання золота. Історія обох термінів добре ілюструє, що наукова мова та поняття формуються не одразу, а в результаті тривалого процесу розвитку, і що за сьогоднішніми, точними значеннями ховається багате культурне та філософське минуле.

4. ПРИРОДНИЧІ ЗНАННЯ ПЕРВІСНОЇ ЛЮДИНИ

У процесі вивчення способу життя первісної людини стає дедалі очевиднішим, що досвід та практичні знання, необхідні для щоденного виживання та збереження спільнот, виходили далеко за рамки простого полювання та збирання. Хоча первісна людина не мала свідомо сформульованих природничих теорій, її емпіричні біологічні, екологічні, хімічні, літологічні (петрографічні) та технологічні знання заклали основи наукового розвитку пізніших цивілізацій. Накопичений у той час досвід пронизував усі сфери життя, починаючи від харчування та захисту від хвороб, аж до культурної діяльності, як-от мистецтво чи різні способи орієнтації. Її додаткові біологічні, хімічні, літологічні та екологічні знання збереглися не лише в теоретичних спостереженнях, а й у численних археологічних пам'ятках. Ці знахідки і сьогодні доводять, що знання, засновані на досвіді, приносили реальні, практичні результати та забезпечували виживання громад.

Детальне знання рослин і тварин відображено в наскельних малюнках, що зображують сцени полювання, наприклад, у знаменитій печері Ласко у Франції чи печері Альтаміра в Іспанії. Це були не просто витвори мистецтва. Малюнки, ймовірно, мали також магичне, ритуальне значення, що слугувало успішному полюванню. Точне анатомічне зображення тварин свідчить про те, що первісні люди детально знали будову тіла та поведінку здобичі. Археологічні докази використання барвників також походять із наскельних малюнків. Наприклад, червоні та чорні кольори печери Альтаміра були



Мал. 4. Наскельний живопис у печері Ласко (Lascaux, Франція)



Мал. 5. Наскельний живопис у печері Альтаміра (Altamira, Іспанія)



Мал. 6. Реконструкція житла первісної людини, зробленого з кісток і шкір (Музей природознавства у Відні, Австрія)

виготовлені з оксиду заліза (охри) та сажі, які змішували з тваринним жиром або рослинними соками для отримання більш стійкого пігменту.

Також можна знайти сліди емпіричних знань про ферментацію. Згідно з археологічними дослідженнями, вже в епоху неоліту готували ферментовані напої, наприклад, медовуху або фруктові вина. У керамічних фрагментах поселення Цзяху (Jiahu, близько 7000 р. до н. е.) у Китаї були виявлені залишки ферментованого меду, рису та фруктів, що свідчить про свідоме використання процесу бродіння.

Технологія кам'яних знарядь є, мабуть, найбільш прямим доказом літологічних знань первісної людини. Наприклад, обсидіан був особливо затребуваним, оскільки з нього можна було відколювати надзвичайно гострі леза. Вже в кам'яному віці сформувалися торговельні шляхи обсидіану: знаряддя з обсидіану, що походив з Анатолійського плато, знаходили на відстані сотень кілометрів, що вказує на організований обмін. Це доводить, що люди не лише знали властивості гірських порід, але й були здатні використовувати їх у економічних цілях.

Про орієнтування в природі свідчать і ранні кам'яні споруди. Вони, ймовірно, служили не лише релігійним цілям, але й функціонували як астрономічні орієнтири. Камені, вирівняні відповідно до сонцестояння, свідчать про те, що люди вже тоді спостерігали за рухом небесних тіл і пов'язували циклічні явища зі своїм повсякденним життям. Спостереження за зоряним небом і рухом Сонця могло допомагати у міграціях, адаптації до пір року та визначенні часу збору врожаю. Згідно з археологічними даними, палеолітичні спільноти, ймовірно, також спостерігали за фазами Місяця, що могло допомагати в плануванні полювання та збору рослин.

Археологічні докази адаптації до навколишнього середовища включають сліди поселень, які часто розташовувалися поблизу джерел води, у захищених печерах або на височинах. Екологічні знання відображені в місцях рибальства, де громади пристосовували своє життя до сезонних міграцій видів риб.

Ці археологічні приклади доводять, що емпіричні знання людини були не просто інстинктивною адаптацією, а системою знань, що використовувалася дедалі свідоміше. Барвники наскельних малюнків, торгівля обсидіаном, сліди ферментації чи астрономічне орієнтування – усе це свідчить про те, що людство вже в доісторичні часи було здатне систематизувати та застосовувати закони природи. Ці знання пізніше лягли в основу наукового формулювання біології, хімії, геології та екології.

5. ПРИРОДНИЧІ ТА МЕДИЧНІ ЗНАННЯ АНТИЧНИХ ЦИВІЛІЗАЦІЙ

Стародавні східні цивілізації, особливо Месопотамія та Єгипет, були колисками не лише культури, релігії та писемності, але й ранніх форм природничих знань. Хоча їхня наукова методологія ще не ґрунтувалася на експериментальних засадах у сучасному розумінні, їхній практичний досвід, спостереження та технічні інновації заклали довгострокову основу для розвитку хімії, медицини, фармакології та біології.



Мал. 7. Ворота Іштар

5.1. Месопотамія

Приблизно 3500 року до н. е. шумери та вавилоняни вже використовували різні ємності для виготовлення парфумів, які спочатку виконували кухонні функції. Виробництво парфумів слугувало не лише гігієнічним чи естетичним цілям, але й відігравало важливу роль у релігійних ритуалах. Запахам приписували магічну та сакральну силу.

У месопотамській культурі особливе значення мало пивоваріння. Ферментовані напої із зерна часто вживали під час ритуальних обрядів і навіть використовували з лікувальною метою. Однак спочатку пиво було каламутним і гірким напоєм з осадом, який пили через соломинку, щоб уникнути неприємних частинок. Спостереження за ферментацією можна розглядати як важливу передумову пізніших хімічних знань.

У медицині широко застосовувалися рослинні екстракти, наприклад, аніс, імбир та рицина, які використовувалися при проблемах з травленням, болях або інфекціях. Крім того, для лікування очних захворювань застосовувалися сполуки міді, сурми та миш'яку. Хоча ці препарати могли бути небезпечними, емпірично вони виявлялися ефективними для полегшення певних інфекцій або запалень.

Месопотамці також добре розумілися на виготовленні косметики. Вже приблизно 5000 року до н. е. вони використовували підводки для очей, виготовлені з сажі, сульфіду сурми (антимоніту) та сульфіду свинцю (галеніту). Ці засоби для макіяжу мали

не лише косметичне, але й релігійне та магічне значення, а також певною мірою захищали очі від сонячного світла та інфекцій.

Також було поширене виробництво поташу. Вилуговуванням деревної золи у воді отримували карбонат калію та гідрокарбонат калію, які використовувалися для чищення, прання та раннього миловаріння. Звідси походять назви «луг» і «калій». Серед мийних засобів рослинного походження був відомий екстракт мильнянки лікарської (*Saponaria officinalis*).

Месопотамія та прилеглі регіони вважаються колискою металургії. Обробку міді знали вже приблизно 5500 року до н. е., і мідь, яку видобували на Кіпрі близько 2500 року до н. е., дала назву латинському *cuprum*. Сплави міді створили нові можливості: бронза (сплав 80–85% міді та 15–20% олова) була твердішою за чисту мідь і дозволяла виготовляти довговічну зброю та інструменти. Використання бронзи поширилося в Месопотамії близько 3500 року до н. е., наприклад, у місті Ур.

Латунь (сплав міді та цинку) стала відома пізніше, близько 1000 року до н. е., переважно в Китаї, але її також використовували перські правителі, як-от Дарій, як символ їхнього багатства. Залізо стало відомим як «небесний метал», оскільки перші шматки заліза, знайдені близько 4200 року до н. е., походили з метеоритів. Пізніше виплавка та обробка заліза здійснили революцію у військовій справі та економіці.

Олово також відігравало важливу роль, оскільки було необхідним для виробництва бронзи. Близько 2250 року до н. е. на Кассітеридах (британське узбережжя Корнуолл) видобували каситерит (оксид олова), який відновлювали до металевого олова за допомогою вугілля. У Лідійському царстві (близько 685 року до н. е.) було викарбувано першу відому монету зі сплаву золота та срібла, що свідчить про важливість металургії та економічних інновацій.

Спадщина природничих наук ранніх античних цивілізацій добре демонструє, що витоки хімії, медицини та біології народилися не з теоретичних спекуляцій, а з практичних потреб, виробництва харчових продуктів, релігійних ритуалів, обробки металів та лікування. Хоча їхні знання часто мали магічне та релігійне забарвлення, їхні спостереження та технічні інновації мали значний вплив на розвиток пізніших цивілізацій.

5.2. Єгипет

Культура Стародавнього Єгипту була глибоко пронизана релігійними та магічними віруваннями. Медицина, хімія та природничі науки тут також були тісно

переплетені з повсякденним життям і вірою в потойбіччя. У зв'язку з релігійними обрядами та похованнями, бальзамування стало однією з найбільш розвинених форм єгипетської хімії. Для консервації тіл використовувалися різні смоли, олії, солі та рослинні екстракти. Ця практика також передбачала знання анатомії та патології, оскільки єгипетські бальзамувальники знали розташування та роль внутрішніх органів.

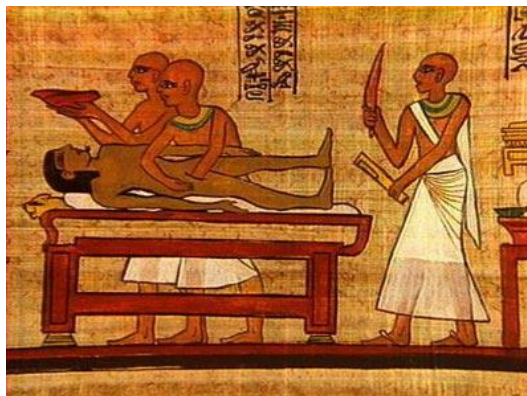
У повсякденному житті єгиптян важливу роль відігравали виготовлення вина, пивоваріння та виробництво оцту, для чого використовувалися процеси бродіння. Виготовлення тіста для хліба також сприяло ранньому спостереженню за роботою дріжджових грибків.

Косметика також мала велике значення в Єгипті. Засоби для очей, мазі та парфуми виконували не лише косметичну, але й лікувальну та магічну роль. Косметика часто містила мінеральні інгредієнти, які в деяких випадках могли забезпечувати захист від сонячного світла та інфекцій.

У світі єгипетської релігії явища природи трактувалися як прояв волі потойбічних сил. Ворожіння, заботони та жертвні обряди супроводжували їхнє повсякденне життя, водночас вони опосередковано сприяли розвитку біологічних, анатомічних та хімічних знань.

Наукові та технічні досягнення Стародавнього Єгипту були видатними не лише у сфері релігії та мистецтва, але й у хімічній практиці.

Вже близько 2500 року до н. е. було відоме лужне валяння (содове прання), за допомогою якого видаляли жирові забруднення з одягу та тканин. Суть процесу полягала в тому, що жири вступали в реакцію з лужним розчином соди, внаслідок чого



Мал. 8. Процес муміфікації у Єгипті



Мал. 9. Єгипетські скляні посудини



Мал. 10. Ваді-ан-Нагрун

утворювався милоподібний розчин. Хоча це ще не було справжнім милом у сучасному розумінні, його очищувальна дія була схожою.

Джерелом соди були натронові озера. Після розливу Нілу вода, що залишалася у мілководних озерах, шляхом природного випаровування залишала білі кристали. Ці кристали містили природну соду, яка складалася переважно з карбонату натрію та гідрокарбонату натрію. Сода була настільки важливою речовиною, що мала значну комерційну цінність не лише у Стародавньому Єгипті, але й аж до XVIII століття.

Натрон також мав релігійне та сакральне значення. В єгипетській мові вираз «NTR» означав «божественний» або «найчистіший». Звідси походить пізніша назва «нетер» (neter) або «нітріу» (nitriu), яка збереглася у грецькому слові «нітрон» (nitron), а згодом у «натрон» (natron) і, нарешті, в сучасній хімічній назві «натрій» (sodium). Це також добре ілюструє, що частина хімічної термінології походить від давньоєгипетських практик.

Єгиптяни створили одну з найдавніших у світі культур виробництва скла. Вже приблизно 3500 року до н. е. вони вміли виробляти склоподібні матеріали шляхом сплавлення основних мінеральних компонентів. Три основні інгредієнти:

- Пісок (діоксид кремнію)
- Вапняк (карбонат кальцію)
- Сода (карбонат натрію)

Сплавлення цих речовин при високій температурі створювало напівпрозорий, склоподібний матеріал. Серед перших справді прозорих скляних предметів – той, що був знайдений у гробниці фараона Тутанхамона (близько 1340 року до н. е.).

Проте єгиптяни не задовольнялися лише прозорим склом: вони також виготовляли різне кольорове скло. Наприклад, синє скло отримували шляхом додавання солей міді або кобальту. Кольорове скло слугувало не лише для прикрас та декоративних предметів, але й було матеріалом для релігійних об'єктів та сакральних амулетів.

Видатних результатів вони досягли й у сфері емалювання. До скла додавали та сплавляли різні мінерали, наприклад, малахіт (основний карбонат міді), створюючи так звану єгипетську синю емаль. Цей матеріал відіграв важливу роль не лише в мистецтві, але й в архітектурі, наприклад, як покриття для декоративних елементів, плитки та статуй.

Хімічні знання єгиптян проявлялися не як самостійна наука, а як частина релігійного та практичного життя. Через очисну силу натрону жерці вважали його священною речовиною, і він також відігравав незамінну роль у ритуалах бальзамування.

Скло та кольорові емалі посилювали релігійну символіку, оскільки кольорам приписували містичне значення.

Практика єгипетської хімії є прикладом того, як люди використовували природні ресурси для служіння повсякденному життю, релігії та мистецтву. Лужне валяння, очисна та релігійна роль натрону, а також технології виробництва скла та емалювання – все це сприяло розвитку цивілізації. Ці знання не лише полегшували життя сучасників, але й забезпечили міцну основу для подальшого хімічного розвитку.



Мал. 11. Посмертна маска
Тутанхамона

5.3. Наукова та філософська спадщина Стародавньої Греції

Стародавня Греція відіграла видатну роль у формуванні наукового мислення. Попри політеїзм грецького суспільства, шанування антропоморфних богів та міфологічний світогляд, поступово з'явилися раціональне спостереження та науковий раціоналізм. Починаючи з VI століття до н. е. в іонійських містах, на узбережжі Егейського моря (на території сучасної Туреччини), діяли мислителі, які намагалися пояснити природні явища не божественними втручаннями, а певними закономірностями.

Фалес (Thales, 624–546 рр. до н. е.) був першим, хто проголосив: Всесвіт змінюється не згідно з миттєвою примхою богів чи демонів, а підкоряється законам. Цим він відкрив шлях до наукового дослідження природних явищ.

Поява наукового раціоналізму

Суть грецького наукового раціоналізму полягала в тому, щоб вивчати явища природи та функціонування живих організмів заради них самих, через спостереження та аналіз, а не з метою ворожіння чи релігійних цілей. Близько 500 року до н. е. Алкмеон вже проводив серйозні анатомічні дослідження:

Вивчав нерви ока та функціонування слухового проходу.

Відкрив роль євстахієвої труби, а також розвиток курчати в яйці, заклавши основи ранніх досліджень ембріології.

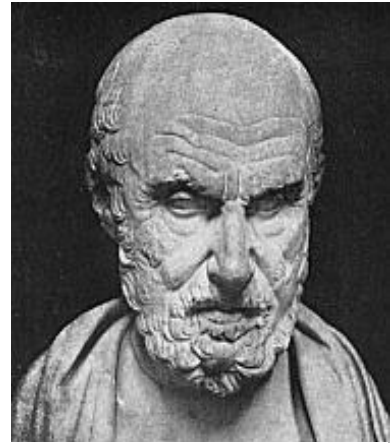
Цей період є першим значним практичним застосуванням спостереження та логічного мислення в галузі біології та медицини.

Антична анатомія та медицина

Гіппократ (Hippokratész, 460–375 рр. до н. е.), батько медицини, розпочав свою роботу в храмі Асклепія, яка спочатку мала релігійний характер, але з часом він відокремив медицину від філософії та міфології. Гіппократ наголошував на важливості спостереження та раціонального мислення для розуміння функціонування людського тіла.

Corpus Hippocraticum складається з праць кількох авторів і детально описує численні хвороби, наприклад, пологову гарячку, пневмонію та епілепсію.

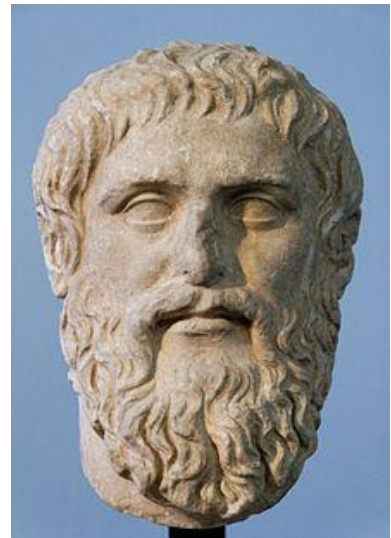
На думку Гіппократа, завдання лікаря полягає не в божественному втручанні, а в сприянні природним процесам зцілення, підтримці механізмів самовідновлення організму. Цей підхід заклав основи раціональної медицини, яка намагалася зрозуміти людське тіло та хвороби науковим шляхом.



Мал. 12. Гіппократ

Аристотель та натурфілософія

Аристотель (384–322 рр. до н. е.), вчитель Олександра Македонського та засновник Лікею в Афінах, був засновником натурфілософії та зоології. Він намагався систематизувати види тварин: чотириногі, птахи, риби тощо, хоча його система іноді була громіздкою (наприклад, класифікація дельфіна). На його думку, природа є ієрархічною, ступінчастою, що прямує у розвитку організмів до людини, яка є вершиною творіння, оскільки людина здатна мислити.



Мал. 13. Аристотель

За Аристотелем, світ можна поділити на чотири основні частини:

1. Неживий світ: Сонце, море, повітря.
2. Рослинний світ: Існує і розмножується.
3. Тваринний світ: Існує, розмножується і рухається.
4. Людина: Існує, розмножується, рухається і мислить.

Подальша категоризація тварин:

- Тварини без червоної крові: губки, молюски, комахи, раки, восьминоги.

- Тварини з червоною кров'ю: риби, плазуни, птахи, ссавці.

Аристотель зосередився на галузі зоології, менше досліджуючи рослинний світ.

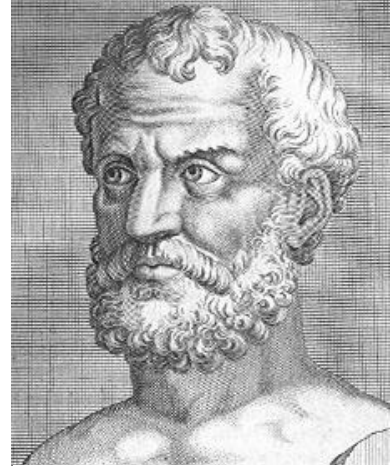
Теофраст і заснування ботанічної науки

Теофраст (Theophrastosz, 373–288 pp. до н. е.) був керівником школи Аристотеля і компенсував недоліки свого вчителя у вивченні рослинного світу. Він заснував ботаніку, описавши близько 500 видів рослин, включаючи багато лікарських трав.

У своїй праці він детально описав вирощування, живцювання, садіння пагонів, щеплення та розрізнення диких і культурних сортів груш.

У своїй роботі «Вступ до світу рослин» він також обговорював зв'язок між торгівлею та релігією: смолу та ладан спочатку відносили до храмів богів, а потім передавали торговцям.

Теофраст також цікавився геологією; деякі назви мінералів, які він використовував (наприклад, алебастр, аметист, кіновар, кварц), використовуються й досі.



Мал. 14. Теофраст

Грецька філософія про природу матерії

Грецькі філософи досліджували природу матерії спекулятивним шляхом, оскільки фізичних експериментів вони не проводили. Виникло дві визначальні теорії:

Демокріт (Demokritos, 455–370 pp. до н. е.): Матерія складається з частинок, атомів (atomos = неподільний).

Аристотель (Aristoteles): Матерія є безперервною і складається з чотирьох першоелементів: вогню, води, повітря та землі. Зміна співвідношення цих елементів призводить до зміни якості матерії (наприклад, у золоті багато вогню і мало землі).

Теорія Аристотеля визначала середньовічне мислення протягом століть і стала основою алхімічних уявлень про те, що матерію можна перетворити (наприклад, отримати золото зі ртуті) лише шляхом зміни співвідношення елементів.

5.4. Науковий центр Стародавньої Александрії

Стародавня Александрія стала одним із найважливіших наукових центрів античності, особливо у III та II століттях до н. е. Місто процвітало під владою династії Птолемеїв і завдяки знаменитій Александрійській бібліотеці та пов'язаному з нею Мусейону набуло видатного значення у науках, зокрема в медицині та анатомії. У цьому центрі грецька філософська традиція поєднувалася з практичними дослідженнями, таким чином Александрія стала однією з найважливіших баз тогочасної наукової діяльності.

Герофіл (Hérophilosz, близько 335–280 pp. до н. е.) був однією з найвидатніших постатей александрійської медицини, який застосовував проривні методи у дослідженні людського тіла. Він був першим, хто проводив систематичні розтини на людях, чим кардинально змінив біологічне та медичне мислення.

Герофіл радикально відійшов від поглядів Аристотеля, який вважав мозок лише органом для охолодження крові. Герофіл стверджував, що мозок є осідком розуму, центром знань, мислення та відчуття.

- Розрізнення великого та мозочка: Герофіл чітко усвідомив, що великий мозок і мозочок виконують різні функції та мають різну анатомічну будову.
- Звивистість кори головного мозку: Він зауважив, що кора головного мозку людини значно звивистіша, ніж у тварин, і пов'язав це з розвиненістю інтелекту.
- Розрізнення чутливих та рухових нервів: Герофіл намітив основне функціонування нервової системи, розрізняючи чутливі та рухові нерви, тим самим передбачивши подальший розвиток нейронаук.

Робота Герофіла не обмежувалася нервовою системою:

- Розрізнення артерій і вен: Він спостерігав, що артерії пульсують, а вени – ні, і на цій основі розрізняв роль цих двох типів судин.
- Дослідження внутрішніх органів: Він вивчав печінку, селезінку, тонкий кишківник та детально займався жіночими і чоловічими репродуктивними органами, досліджуючи функціонування матки, яєчників та простати.

Ці відкриття заклали основи пізніших анатомічних та фізіологічних знань, і робота Герофіла є зразковим поєднанням спостереження, розтину та логічного аналізу як ранньої форми наукового методу.

Однією з найбільших цінностей александрійського наукового життя було те, що воно поєднало філософську спекуляцію та практичне спостереження. Тоді як більшість

грецьких класичних філософів досліджували природу спекулятивним шляхом, Герофіл та його сучасники застосовували емпіричні методи, тим самим вийшовши на новий рівень наукового раціоналізму.

Тексти, зібрані в Александрійській бібліотеці, уможливили доступ до античних знань, наприклад, праць Аристотеля, Гіппократа, Алкмеона та інших, що дозволило дослідникам поєднувати класичні теорії з новими спостереженнями. Це середовище сприяло науковим інноваціям, особливо в галузі анатомії, фізіології та медицини.

Анатомічна та фізіологічна діяльність Герофіла була революційною у багатьох аспектах. Хоча його досягнення були забуті на довгий час у Середньовіччі, його праці були знову відкриті в епоху Відродження і значно сприяли формуванню сучасної анатомії та фізіології.

5.5. Розвиток природничих наук у Римській імперії

Римська імперія займає особливе місце в історії наук, оскільки в цей період попередні грецькі наукові досягнення були зібрані та систематизовані, але самостійний експериментальний розвиток значною мірою сповільнився. Прагматична точка зору римлян була зосереджена насамперед на практичному застосуванні, тому наукові дослідження часто служили потребам повсякденного життя, медицини, сільського господарства та архітектури. У галузі біології та природознавства римляни успадкували та передали далі класичні грецькі знання, водночас створюючи енциклопедичні праці, які визначали європейське наукове мислення протягом століть.

Розвиток біології в Римській імперії здебільшого обмежувався збиранням описів попередніх, переважно грецьких століть.

Авл Корнелій Цельс (Aulus Cornelius Celsus, близько 30 р. н. е.): У своїй книзі зібрав грецькі медичні знання, які вважалися фундаментальними працями аж до Нового часу. Цельс особливо наголошував на практичній стороні медицини.

Педаній Діоскорид (Dioszkoridész Pedaniosz): Засновник фармакології, грецький лікар у римській армії. Він перевидав працю Теофраста, розширивши її, додавши інформацію про лікувальні властивості окремих рослин. Завдяки його діяльності використання лікарських рослин отримало наукову основу, і були закладені основи фармакології.

Гай Пліній Секунд (Gaius Plinius Secundus, 23–79 рр. н. е.) був видатною постаттю римських енциклопедистів. У своїй 37-томній праці *Naturalis Historia* (Природнича історія) він зібрав тогочасні грецькі та римські наукові знання. Хоча багато тверджень були неперевіреними, праця є історично видатною, оскільки Пліній у кожному томі вказував авторів, яких він використовував. Це перша збережена бібліографія в історії європейської науки, яка створила прецедент для правил наукового дискурсу.



Мал. 15. Гай Пліній Секунд

Пліній приділяв велику увагу ставленню до людини: на його думку, роль живих істот не була самоціллю, а була джерелом їжі, ліків або моральних настанов. Він загинув під час виверження Везувію, але його праця визначала наукове мислення протягом століть.

Структура Naturalis Historia

Праця детально структурована:

1. Книга – Вступ, зміст і перелік джерел.
2. Книга – Космологія, небесні тіла та атмосферні явища.
- 3–6. Книги – Географія, опис відомого світу.
7. Книга – Антропологія, людське тіло та життєві процеси.
- 8–11. Книги – Зоологія, світ сухопутних, водних, птахів та комах.
- 12–19. Книги – Ботанічні описи.
- 20–27. Книги – Ліки, виготовлені з лікарських рослин.
- 28–32. Книги – Ліки, виготовлені з тварин і людей.
- 33–37. Книги – Мінералогія та мистецтво.

Пліній також детально описав матеріали для фарбування текстилю: фарбування квасцями за допомогою алізарину, фарбування протравою за допомогою індиго та виробництво дорогоцінного античного пурпуру з пурпурового равлика.

5.5.1. Гален і медицина

Елій Гален (Aelius Galenus, 130–200 pp. н. е.): Римський вчений грецького походження, лікар гладіаторів, найвідоміший лікар античності. Його внесок був значним у формування анатомії, фізіології, патології, фармакології та неврології. Суспільство відкидало розтин людських тіл, тому Гален здобував свої знання шляхом розтину свиней, овець, собак та мавп. Він визнав, що мавпи анатомічно схожі на людину, але функціонування людського тіла міг інтерпретувати лише на теоретичному рівні.



Мал. 16. Елій Гален

Його медичне розуміння визначалося теорією гуморалізму (теорією рідин тіла), яку він систематизував за Гіппократом і поділяв людей на різні темпераменти. Гален був останнім великим лікарем античності, чий вплив тривав протягом Середньовіччя і визначав європейську медицину аж до епохи Відродження.

5.5.2. Римські технічні та біологічні досягнення

Практичні наукові розробки римлян також були значними. Близько 150 року до н. е. римський цемент твердів навіть під водою, що стало основою для інженерних та архітектурних знань.

Вітрувій (Vitruvius, 70 р. до н. е. – 10 р. н. е.): Батько архітектури, який пояснював випалювання вапна, гасіння вапна та тужавлення розчину практичним застосуванням фізичних властивостей матеріалів.

Металургія: Через потреби армії розвивалося виробництво бронзи та заліза, а використання ртуті (гідраргірум) дозволило видобувати золото з амальгам. Ці технологічні розробки опосередковано підтримували також розвиток біології та медицини, наприклад, у сфері виробництва медичних інструментів та вилучення ліків.

5.5.3. Фарбування текстилю

У давнину фарбування текстилю вимагало серйозних знань і досвіду. Римляни використовували різні природні матеріали для фарбування, які мали не лише декоративне, але й соціальне та символічне значення. Під час протравного фарбування алізарином іони алюмінію, що містилися у галунах, давали з алізарином червоний барвник, який стійко зв'язувався з волокнами текстилю. Кубове фарбування індиго використовувало безбарвний лейко-індиго, який ставав добре відомим, яскраво-синім кольором, окислюючись на повітрі. Індиго був дешевим і широко використовуваним барвником. Проте найбільшим престижем користувався пурпуровий барвник, який виготовляли із секрету залози молюска голчастого мурекса (*Murex brandaris*). Процедура була надзвичайно трудомісткою та дорогою: молюсків розчавлювали, секрет нагрівали у великих металевих чанах протягом кількох днів з додаванням солі, а відтінок кольору змінювали за допомогою сечі. За словами Плінія, на один грам барвника було потрібно близько 12 тисяч молюсків. Через свою надзвичайну дорожнечу та пишний колір пурпур став символом влади, гідності та авторитету, і його носіння було зарезервовано для правителів та найвищих чинів суспільства. Таким чином, римське фарбування текстилю було не просто ремеслом, а було тісно переплетено з усім економічним, соціальним та культурним життям. Якість і рідкість барвників визначали ранг і статус того, хто їх носив, тому кольори відігравали ключову роль не лише у повсякденному житті, але й у політичній та релігійній символіці.



Мал. 17. *Murex brandaris*



Мал. 18. Індиго

6. ІСТОРІЯ КИТАЙСЬКОЇ ТА ІНДІЙСЬКОЇ НАУКИ

Наукові та технічні досягнення східних цивілізацій в античності були видатними і значно сприяли світовому науковому розвитку. У Китаї вже близько 2630 року до н. е. розпочали розведення шовкопряда, що сприяло не лише економічному життю, але й розвитку технологічних знань. Гірнична справа та металургія також були на високому рівні. Близько 1160 року до н. е. у Китаї винайшли плаваючий магнітний компас, який здійснив революцію в мореплавстві, тоді як 750 року до н. е., за часів імператора Пінг Ванга, відбулася перша задокументована виплавка та лиття заліза. Схожі значні досягнення були і в індійській металургії. У 850 році до н. е. в Індії був створений знаменитий стовп із кованого заліза, який не іржавіє й досі, що свідчить про технічні знання та матеріалознавство того часу.

Окрім цих досягнень, Китай вже у 210 році до н. е. виробляв порцеляну з каоліну, видобутого з гори Каолінг, що стало однією з основ світової торгівлі. Важливою віхою стало й винайдення паперу: у 105 році до н. е. китайський винахідник Цай-лунь виготовив перший папір, який за арабського посередництва потрапив до Європи з VI століття. Пізніше винайдений у VIII столітті порох спочатку служив піротехнічним цілям, а до X століття став засобом ведення війни, наприклад, у формі запалювальних сумішей.

Китайська та індійська алхімія була тісно пов'язана з медициною, у багатьох випадках практичне застосування металів і мінералів використовувалося для лікування хвороб. Наприклад, близько 1500 року до н. е. китайці рекомендували для лікування зобу щитоподібну залозу вівці або попіл певних морських водоростей (через вміст йоду). Хоча виготовлення золота було частиною алхімічних прагнень, медичне застосування було першочерговим. Цікаво, що у 144 році до н. е. в Китаї вже існував указ, який забороняв «виробників золота», що свідчить про несхвалення владою спекулятивних чи економічних експериментів. Одним з найвідоміших китайських алхіміків був Ге Хун (Ко Hung, 281–361 pp.), який у своїй збірці практичних рецептів описав виробництво металевої ртуті та різних ліків.

У китайському хімічному мисленні центральну роль відігравали п'ять першоелементів: вогонь, вода, земля, дерево та метал. Ці п'ять елементів вивчалися у взаємозв'язку природи та людського тіла і часто групувалися на основі принципу протилежності. Завдяки протиставленню їнь (жіночність, ртуть та металевість) і ян (мужність, сірка та неметалеві властивості) вже тоді можна було розпізнати одну з

основоположних ідей хімічної спорідненості, яка знайшла практичне застосування у принципі сірка–ртуть. Загалом, китайська та індійська наука не лише означала технічний та промисловий розвиток, але й створила інтегровану систему хімії, алхімії, медицини та філософського мислення. Ці східні наукові традиції пізніше потрапили до Європи за арабського посередництва та через торговельні шляхи, ставши основою для середньовічного та нового наукового розвитку.

7. ДОБА АЛХІМІЇ

Виникнення алхімії є особливим етапом в історії науки, де зустріч грецького філософського мислення, єгипетських практичних технік і східного містицизму породила пошуки «філософського каменю» та ідею виготовлення золота. Згідно з натурфілософією Аристотеля про перетворення матерії, матерія складається з чотирьох першоелементів: вогню, води, повітря та землі. Змінюючи їхнє співвідношення, можна перетворювати матеріальну якість. Ці філософські основи, практика єгипетської металообробки та східні містичні традиції поєдналися в алхімічних прагненнях, які протягом наступних двох тисяч років продовжували незліченна кількість майстрів, віруючих та шахраїв.

Мета алхімії була насамперед економічною та духовною: обіцянка збагачення через виробництво золота, а також отримання вічного життя за допомогою «Води життя». Хоча філософський камінь ніхто не знайшов, розвиток хімії під час цих експериментів був значним. Співвідношення практичних описів і містичних елементів змінювалося з часом та за різними характерами: одні були чесними майстрами, інші – наївними чи відданими віруючими, тоді як треті навмисно вводили в оману послідовників.

На розвиток алхімії також впливало політичне та культурне середовище. У 395 році н. е. Східна Римська імперія відокремилася від Західної Римської імперії, яка розпалася у 476 році н. е. внаслідок нападів варварських племен, включаючи Одоакра. Єгипет пізніше потрапив під владу Візантійської імперії, яка забезпечила збереження алхімічних традицій. У VII столітті араби завоювали Єгипет, перейняли і розвинули місцеві хімічні знання. Ці знання за арабського посередництва, через Іспанію та Сицилію, потрапили до християнської Європи, починаючи з VIII століття, підготувавши ґрунт для розвитку середньовічної європейської хімії.

7.1. Александрійська алхімія

Александрійська алхімія є одним із найдавніших відомих алхімічних напрямків. Наприклад, збереглися Лейденський та Стокгольмський папіруси, що датуються III–IV століттями н. е. Вони були знайдені у 1828 році в гробниці в Фівах, а на початку XIX століття шведський віце-консул Ж. д'Анастазі (J. d'Anastazy) вивіз їх до Європи. У 1885 році їх переклали, і виявилось, що тексти містять хімічні описи, пов'язані з виробництвом барвників, імітацій дорогоцінних каменів та металів.

Александрійські алхіміки вже застосовували основні операції очищення та перетворення речовин: розчинення, випарювання, кристалізація, фільтрування, дистиляція та сублімація. Дистиляція спочатку проводилася простим методом: дистилят вичавлювали з вовни, розміщеної над киплячою посудиною.

Зосім (Zozimosz, близько 350–420 pp. н. е.): Один із найвідоміших ранніх алхіміків, який створив апарат для подвійної дистиляції, що використовувався майже тисячу років. Прилад відомий під назвою «амбікос» (ambikos), від якого походить арабське «аль-амбік» (al-ambik), а потім і пізніша назва «колба» (lombik).

Алхімікиня Марія (Mária alkimistanō): З її роботою пов'язане винайдення водяної бані (bain-marie), яка була одним із перших прикладних засобів для регулювання температури у хімічних та медичних виробництвах.

7.2. Вплив алхімії на розвиток хімії

Хоча виробництво золота та знаходження секрету вічного життя залишилися безуспішними, під час алхімії було досягнуто значних успіхів у практичних та теоретичних знаннях хімії. Вже детально описувалися очищення, розчинення металів та виробництво нових речовин. Практичні експерименти алхімії безпосередньо призвели до формування пізніших хімічних методів і стали основою лабораторних практик. Техніки дистиляції, сублімації та кристалізації застосовувалися у середньовічних європейських хімічних лабораторіях, а потім склали основу хімії Відродження та Нового часу.

Доба алхімії в історії науки – це період, коли містицизм, філософія та практика зустрілися, і протягом тисяч років експериментування були розроблені ті процедури, які сьогодні є основами сучасної хімії. Отже, алхімія була не лише таємним виготовленням золота, але й ключовим етапом у розвитку наукового мислення та експериментування.

7.3. Арабська алхімія та середньовічна наука

У арабському світі наукові дослідження та алхімія відіграли визначну роль у перші століття Середньовіччя, головним чином завдяки перейманню та подальшому розвитку грецьких і східних традицій. Одним із найвідоміших арабських алхіміків був Абу Абдаллах Джабір ібн Хайян (722–815 pp.), чия легендарна діяльність відома як Корпус Джабіра. Праця, що складається з понад тисячі томів, узагальнює алхімічні знання того часу, хоча ймовірно, що Джабір працював над книгами спільно з кількома колегами. Спочатку Корпус містив технічні описи, але пізніше він дедалі більше доповнювався містичними та філософськими елементами.

Одним із найважливіших нововведень Корпусу Джабіра було запозичення принципу сірка–ртуть із китайської алхімії. Ця теорія описувала перетворення матерії: срібло можна перетворити на золото за допомогою особливого «еліксиру», і розчин так отриманого золота нібито має омолоджуючий ефект. У XIII столітті латинський переклад Корпусу Джабіра був виданий під назвою «Гебер» (Geber), у якому вперше описано виробництво різних мінеральних кислот. До них належать, наприклад, виробництво сірчаної кислоти з галунів, азотної кислоти з реакції селітри та сірчаної кислоти, а також виробництво царської води (суміш соляної та азотної кислот).

В арабському світі інші видатні вчені також сприяли розвитку хімії. Абу Юсуф аль-Кінді (801–873 pp.) у своїй праці «Книга хімії парфумів і дистиляції» вже сумнівався у можливості виготовлення золота, тоді як Абу Бакр Мухаммад ібн Закарія ар-Разі (865–923 pp.), латинізований як Разес (Rhases), повністю відокремив містику від практичних рецептів. Він, наприклад, описав процес виготовлення лугу, отримуючи гідроксид натрію з реакції соди та гашеного вапна. Арабський лікар і філософ Абу Алі аль-Хуссейн ібн Абдаллах ібн Сіна (986–1037 pp.), відомий на Заході як Авіценна (Avicenna), хоча й був скептично налаштований щодо можливості перетворення речовин, але за певних обставин навіть він вважав можливим аристотелівське перетворення матерії.

Арабські алхіміки також визначили поняття численних речовин і сполук. Наприклад, сульфід сурми, аль-Кохлу (al-Kohlu), пізніше використовував Парацельс для пояснення сутності вина, тоді як поняття алкоголю перейняв і застосував Лавуазьє у термінології сучасної хімії.

Однак у Середньовіччі науковий розвиток у Європі уповільнився. У системі християнських ідей природа відійшла на другий план на користь загробного спасіння, і багато античних відкриттів було забуто. Арабські вчені відіграли ключову роль у цей період, оскільки з поширенням мусульманської релігії та арабською військовою експансією вони отримали доступ до давньогрецьких та латинських книг. Ці праці були перекладені арабською мовою, зберігаючи наукові знання, які пізніше потрапили до християнської Європи через Іспанію та Сицилію.

Таким чином, арабська наукова традиція стала основою не лише алхімії, але й усього середньовічного наукового мислення. Зустріч грецької філософії, східного досвіду та арабської наукової логіки створила ту інтелектуальну посередницьку традицію, яка забезпечила збереження та подальший розвиток античних знань і хімічних практик у рамках європейського Відродження та сучасної хімії.

8. АВІЦЕННА ТА СЕРЕДНЬОВІЧНА НАУКОВА МЕДИЦИНА

Одним із найвидатніших мусульманських вчених Середньовіччя був Авіценна, або Ібн Сіна (Абу Алі аль-Хусейн ібн Абдаллах ібн Сіна), який справив непересічний вплив як на медицину, так і на натурфілософію. У своїй діяльності Авіценна опрацював основи грецької медицини, зокрема спадщину Гіппократа та Цельса, детально документуючи при цьому власні спостереження та досвід. Його найвідоміша медична праця – «Канон лікарської науки» (*Canon Medicinae*), що складається з п'яти книг, кожна з яких поділена на численні розділи, систематизуючи необхідні для тогочасної наукової медицини фізіологічні, патологічні та фармакологічні знання.



Мал. 18. Canon Medicinae

Авіценна особливо аналізував причини виникнення здоров'я та хвороб. На його думку, на здоров'я впливають два основні чинники: *res naturales* (природні речі), тобто стан органів і частин тіла, та *res non naturales* (неприродні речі), які включають екологічні чинники та чинники способу життя, як-от повітря, їжа, напої, сон, фізична активність та душевний стан. Він підкреслював, що чинники, які контролюються людиною, тобто неприродні речі, є особливо важливими для збереження здоров'я. Крім того, він займався впливом погоди та пір року на людину.

У сфері медичної діагностики Авіценна здійснив видатні нововведення. Він розрізняв кілька типів пульсу, наприклад, «хвилеподібний», «схожий на біг газелі», «черв'ячний» або «мурашино-рухомий» пульси, які він використовував для діагностики різних захворювань. У його медичних працях також наголошувалася охорона здоров'я: він детально описував дієтичні рекомендації, фізичні вправи, поради щодо відпочинку та врахування душевного стану, оскільки усвідомлював важливість психічних чинників у підтримці здоров'я.

Він також описав методи знеболення. За Авіценною, чутливі частини тіла можна лікувати охолодженням або відповідними хімічними засобами. Він рекомендував кілька речовин рослинного та тваринного походження, таких як ромашка, насіння льону, гіркий мигдаль, яєчний білок, які допомагають зменшити біль. Загалом він перерахував понад 800 лікувальних речовин в алфавітному порядку, серед яких були засоби рослинного,

тваринного та мінерального походження. Як попередник антибіотиків, він застосовував грибкові культури для лікування гнійних ран.

Авіценна приділяв особливу увагу функціонуванню внутрішніх органів, зокрема захворюванням очей, і детально описав симптоми та пов'язані з ними патологічні форми, такі як порушення сну, епілепсія, розлади пам'яті, абсцес мозку, апоплексія мозку. Крім того, він займався проблемами акушерства та догляду за немовлятами, включаючи перев'язування пуповини, купання, очищення отворів тіла та сповивання. Він також детально обговорював гінекологічні, хірургічні процедури, захворювання кісток, інфекції та антидоти.

«Канон» Авіценни протягом тривалого часу служив підручником з медицини в європейському Середньовіччі, а його автор був названий «князем лікарів». Його праця була опублікована більш ніж у 30 виданнях, а найкращий латинський переклад був виконаний у 1652 році. Діяльність Авіценни не лише зміцнила основи середньовічної медицини, але й підкреслила важливість наукового спостереження та практичного досвіду, забезпечуючи таким чином зв'язок між наукою та практичною медициною протягом наступних століть.

9. СЕРЕДНЬОВІЧНА ЄВРОПЕЙСЬКА НАУКА

Науковий розвиток Середньовічної Європи був тісно пов'язаний із засвоєнням наукової спадщини арабського світу. Через Хрестові походи, а також відвоювання іспанських територій, окупованих арабами, європейці змогли ознайомитися з тогочасною арабською наукою. Видатну роль у цьому процесі відіграв Герард Кремонський (Gerardus Cremonensis, 1114–1187), який жив на відвоєнованих іспанських територіях, вивчив арабську мову та переклав із арабської на латину численні праці Гіппократа, Галена та Аристотеля. Завдяки його роботі ці грецькі та арабські медичні, філософські та природничі знання стали доступними для європейських вчених. Пізніше Альберт Великий (Albertus Magnus) опрацював праці Аристотеля, а Тома Аквінський інтегрував філософію Аристотеля в християнський культурний простір, сприяючи гармонізації грецько-раціонального мислення та християнської теології.

Зв'язок між християнськими країнами та ісламським світом, чи то війна, торгівля, чи дипломатія, уможливив перейняття наукових ідей і технік. Вже у X столітті знання арабських чисел, геометрії та алхімії поступово дісталися Європи. Під час перших Хрестових походів європейські лицарі привозили зі Сходу арабські алхімічні знання, які спочатку ґрунтувалися переважно на містичних та магічних вченнях.

Водночас середньовічне європейське суспільство також мало практичні потреби: для армії та сільського господарства були потрібні метали, що стимулювало розвиток металургії. За зразком арабських коледжів в Європі також виникли перші коледжі та університети, які розвинулися з церковних шкіл. Наприклад, Салернський коледж функціонував вже в XI столітті, Болонський університет (Bolognai egyptem) засновано у 1119 році, а Оксфордський університет – у 1167 році.

Проте, відносини між наукою та церквою спочатку були складними. Вчення Аристотеля важко сприймалися християнською церквою; у 1209 році в Парижі навіть заборонили публічні дискусії щодо них. Однак з часом ідеї Аристотеля все більше інтегрувалися в церковну освіту і врешті-решт стали визначальною частиною середньовічного європейського інтелектуального життя.

Першими практиками європейської алхімії були переважно ченці та церковні діячі, а деякі папи також цікавилися наукою. XIII–XIV століття були розквітом злиття алхімії та наук: у цей період з'явилися перші великі енциклопедисти, які збирали наукові та практичні знання. До них належали Теофіл (Theophilus), Альберт Великий (Albertus Magnus), Тома Аквінський, Роджер Бекон (Roger Bacon) та Раймунд Луллій (Raymundus

Lullus). У їхніх працях, окрім алхімічних експериментів, з'явилася логіка, філософія, фармакологія та фізичне експериментування, що підготувало ґрунт для пізнішої наукової революції Відродження.

Наукове життя Середньовічної Європи багато в чому завдячує східній та арабській науці. Алхімія, філософські студії та практична медицина – усе це сприяло формуванню наукової культури, яка лягла в основу пізнішого Відродження та сучасної науки.

10. ВЕЛИКІ ЕНЦИКЛОПЕДИСТИ ТА АЛХІМІЯ НАПРИКІНЦІ СЕРЕДНЬОВІЧЧЯ

У XIII–XIV століттях видатну роль у розвитку європейської науки відіграли великі енциклопедисти, які збирали, систематизували та доповнювали арабські, грецькі та латинські наукові знання.

10.1. Альберт Великий (Albertus Magnus, 1193–1280)

Альберт Великий був надзвичайно різнобічним вченим і видатним лектором, який багато років викладав у Паризькому університеті. Він залишив незмінний слід у кількох наукових дисциплінах: займався філософією, природничою наукою та хімічним експериментуванням. Близько 1250 року він відкрив арсен (миш'як) і, прийнявши аристотелівську теорію першоелементів (земля, вода, повітря, вогонь), також інтегрував принцип сірка–ртуть арабських алхіміків.

Альберт Великий вперше використав поняття хімічної спорідненості), яке описує реакційну здатність різних речовин. Крім того, йому приписують опис нітратної кислоти (HNO_3), яку він назвав «розділювальною водою», натякаючи на її здатність відділяти срібло. Альберт Великий вважав, що найлегше отримати золото зі срібла, і провів численні експерименти для вивчення можливостей виготовлення золота.

10.2. Роджер Бекон (Roger Bacon, 1214–1294)

Роджер Бекон, францисканський чернець і алхімік, прагнув поєднати християнські та ісламські природничі науки. Його відомий вислів: «Природа – найкращий учитель, досвід – єдине джерело і вирішальна перевірка всіх знань».

Бекон експериментував з механізмом горіння: він виявив, що у закритій посудині горіння припиняється, чим наблизився до розуміння ролі повітря. Він першим у Європі написав про виготовлення та дослідження пороху, і хоча багато хто вважає його відкривачем пороху, Альберт Великий також наводив схожі рецепти, а Бертольдус Нігер (Bertholdus Niger, францисканський чернець XIV ст.) звернув увагу на вибуховий ефект пороху під час випадкового вибуху.

Практика алхімії була не лише науковим, але й політичним і соціальним питанням. Папські укази забороняли виготовлення золота у монастирях та для ченців, оскільки ця діяльність була дорогою і часто пов'язувалася з містичними та магічними

практиками. Як наслідок, найкращі умови для занять алхімією склалися при дворах світських володарів, де науку практикували разом з астрологією та медициною.

До найвідоміших астрологів належав Мішель де Нострадамус (Michel de Nostradamus, 1503–1566), який у 1556 році першим отримав бензойну кислоту, будучи таким чином одночасно вченим, астрологом та фармацевтом.

Виготовлення золота вимагало доказів. Під час експериментів часто застосовувалися оманливі рішення, наприклад, розбиття дна посудини з подвійним дном або використання спеціальної мішалки, нагрітої під час змішування. Алхіміків іноді тримали в полоні, катували або страчували, якщо шахрайство викривали.

У XIII–XVI століттях частина алхімії стала самозаглибленою: через навмисно туманні та таємничі описи самі алхіміки не завжди розуміли власні записи. Починаючи з XVI століття, дедалі більше людей перестали сприймати алхіміків серйозно, і наївна віра в містицизм та перетворення матерії поступово відійшла на другий план на користь експериментування та наукового спостереження.

11. МЕДИЦИНА ДОБИ ВІДРОДЖЕННЯ

Епоха Відродження розпочалася наприкінці Середньовіччя і характеризувалася фундаментальним зростанням ідей гуманізму. У центрі гуманізму стояла людина, а пізнання людського тіла і душі набуло ключового значення. Цей світогляд докорінно змінив ставлення до медицини. Античні грецькі та римські наукові тексти, особливо праці Гіппократа, Галена та Аристотеля, були заново відкриті, і вчені прагнули отримати з них сучасні знання.

11.1. Необхідність та суспільні перешкоди розтину

У період Відродження під час дослідження випадків смерті та важких захворювань дедалі частіше виникала потреба у розтині тіла. Лише таким чином лікарі часто могли встановити точну причину смерті: наприклад, у разі внутрішньої кровотечі, хвороби серця чи інфекції зовнішні симптоми самі по собі не надавали достатньої інформації.

Однак розтин наштотхувався на соціальні та релігійні перешкоди. У християнській церкві через святість тіла тривалий час заборонялося розтинати людське тіло. Через це лікарі часто мали лише теоретичні знання, але не мали можливості здобути практичний досвід. Хірурги, навпаки, вивчали будову тіла на практиці, але їхня робота була менш соціально визнаною і не мала наукового теоретичного підґрунтя. Як наслідок, у добу Відродження часто існувала прірва між теорією та практикою.

Найважливіші медичні навчальні заклади того періоду діяли у Болоньї та Салерно.

Болонья була одним із найбільших центрів медичної освіти при університетах, де студенти переважно вивчали тексти Галена.

Салерно стало відомим завдяки знаменитій Салернській медичній школі, де античні традиції поєднувалися з практичною медициною.

У цих закладах студенти вивчали функціонування організму, симптоми та методи лікування хвороб, але рідко могли проводити власний розтин, тому наукові знання часто ґрунтувалися на античних текстах, а не на безпосередньому спостереженні.

У добу Відродження розмежування ролей лікарів та хірургів було визначальним. Лікарі мали теоретичні знання і зосереджувалися на діагностиці, ліках та теоретичних засадах. Натомість хірурги здобували знання під час розтину та фізичних втручань, але їхня робота мала нижчий соціальний престиж.

Ця дуальність перешкоджала розвитку науки: теоретичні знання часто залишалися спекулятивними, тоді як практичний досвід не піддавався науковій систематизації. Наприклад, помилки античного Галена залишалися чинними протягом століть, оскільки розтини не проводилися, а дослідження функціонування людського тіла відбувалося на теоретичному рівні.

Однак у XV–XVI століттях, під впливом гуманістичного світогляду Відродження, розтин знову став прийнятним. Встановлення причини смерті, дослідження інфекцій та травм ставало дедалі важливішим. Відродження розтину принесло фундаментальні зміни у розвиток анатомії та медицини.

У період Відродження точне знання будови тіла стало основою медицини. Вчені, наприклад, Андреас Везалій, сміливо розтинали людське тіло та переглядали помилки античних авторів. Його праця *De humani corporis fabrica* (Про будову людського тіла) революціонізувала анатомічні знання, зробивши практичне спостереження основою медицини.

Медицина Відродження була періодом напруги між теорією та практикою. Теоретичні знання розвивалися, але практичне експериментування та розтин лише поступово завойовували простір. Епоха передбачила розквіт сучасної анатомії та медицини і заклала основи наукових відкриттів наступних століть.

Поєднання гуманізму та практичних досліджень, а також переосмислення античних текстів, дозволило медицині Відродження відіграти ключову роль у підготовці наукової революції. Лікарі того часу усвідомили, що знання функціонування тіла є життєво необхідним не лише на теоретичному, але й на практичному рівні для здоров'я та лікування.

11.2. Анатомія Відродження

Одним із найважливіших нововведень у медицині доби Відродження було піднесення анатомічних досліджень. У цей період розтин тіла знову став прийнятним, хоча соціальні та релігійні перешкоди все ще ускладнювали роботу. Винятком був Мондіно де Луцці (Mondino de Luzzi, 1275–1326), італійський анатом, який не лише викладав анатомічні знання, але й сам проводив розтини. Робота Мондіно була особливо важливою, оскільки він став відомим як відроджувач анатомії та опублікував кілька анатомічних праць, які поєднували античні традиції з його власними спостереженнями.

На початку Відродження вчення античних грецьких і римських авторів, насамперед Галена та Гіппократа, все ще залишалися визначальними. Ці праці виявилися

помилковими в багатьох деталях, наприклад, щодо механізму кровообігу або нервових шляхів мозку. Хоча анатоми вже підозрювали неправильність античних догм, протягом тривалого часу їм не вдавалося науково довести ці хибні уявлення, оскільки практика розтину та ґрунтовне дослідження людського тіла були обмежені.

Мондіно та його сучасники, однак, розпочали критику античності та розбудову анатомії, заснованої на спостереженні, що передбачило пізніші анатомічні знання, які революціонізував Везалій.

Розвиток мистецтва Відродження також значною мірою сприяв науковому розвитку анатомії. Для художників і скульпторів того часу, наприклад, Леонардо да Вінчі та Мікеланджело, реалістичне зображення людини було ключовим. Для того щоб мати можливість пропорційно та достовірно відобразити тіло, їм були необхідні детальні та глибокі анатомічні знання.

Леонардо да Вінчі виконав розтин кількох людських тіл, створивши детальні малюнки кісток, м'язів, суглобів та судинної системи.

Анатомічні ілюстрації та схеми, створені художниками, мали видатну наукову цінність, оскільки вони допомагали візуалізувати будову тіла, будучи корисними і для медицини.

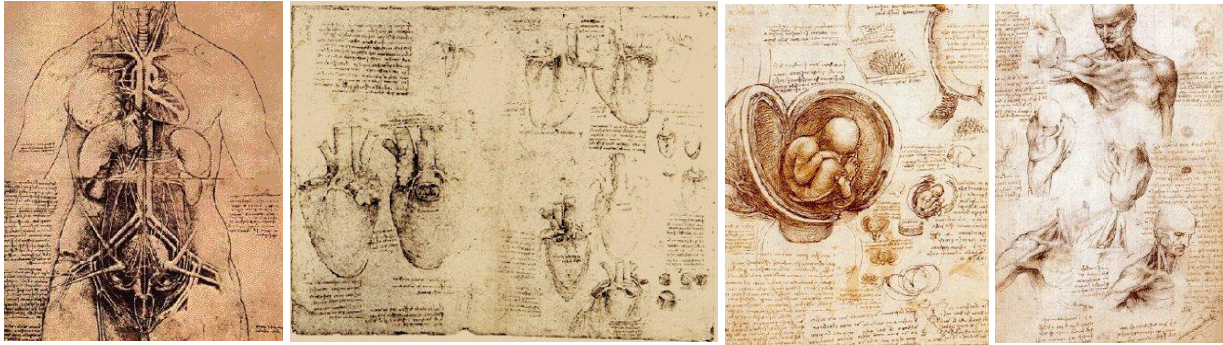
Ілюстрації художників Відродження і сьогодні вважаються віхою в історії анатомії, оскільки вони служили не лише естетиці, але й функціонували як наукова документація.

Одним із ключових елементів медицини Відродження було висування на перший план наукового мислення, заснованого на спостереженні. Художники та вчені однаково поклалися на безпосереднє спостереження, на противагу середньовічній практиці, коли тексти античних авторів були єдиним еталоном. Ця зміна світогляду заклала основи формування сучасної анатомії та сприяла пізнішим медичним відкриттям, наприклад, точному розумінню кровообігу та функціонування внутрішніх органів.

Діяльність Мондіно де Луцці відіграла роль не лише у відродженні анатомії, але й стимулювала розвиток науки Відродження. Він прагнув критично вивчати вчення античності та надавати більш точне уявлення про людське тіло на основі власних розтинів. Завдяки його працям та навчанню пізніші анатоми, наприклад Андреас Везалій, змогли розвинути наукове розуміння будови людського тіла та закласти основи сучасної анатомії та медицини.

11.3. Леонардо да Вінчі та наука Відродження

Леонардо да Вінчі (Leonardo da Vinci, 1452–1519) був не лише художником, скульптором та інженером, але й одним із найвидатніших дослідників анатомії доби Відродження. Протягом своєї діяльності він проводив розтини як людських тіл, так і тварин, документуючи свої спостереження з надзвичайною деталізацією. Науковий світогляд Леонардо ґрунтувався на спостереженні та практичному досвіді, що суперечило середньовічній медицині, орієнтованій на текст.



Мал. 1. Анатомічні малюнки Леонардо да Вінчі

Леонардо детально вивчав будову людських кісток та суглобів, їхнє розташування та функціонування. Через свої малюнки він задокументував не лише структуру скелета, але й механізм руху м'язів і суглобів. Цим він уможливив для пізніших анатомів отримання більш точного уявлення про функціонування тіла.

Особливу увагу він приділяв також внутрішнім органам. Він замальовував око, будову мозку, серце та систему кровообігу, а також дихальну систему. На його малюнках добре видно детальну судинну систему та точне спостереження за функціонуванням серця, що передбачало пізніші фізіологічні дослідження. Леонардо досліджував не лише людське тіло, але й розтинав різних тварин, щоб зрозуміти анатомічні подібності та відмінності порівняно з людиною. У цій роботі він створював малюнки птахів, зокрема для вивчення механізму польоту. Ці спостереження безпосередньо пов'язані з його інженерним інтересом. Він працював над проєктами машини, яка могла б уможливити політ для людини. Леонардо також вивчав і малював життєві процеси рослин, беручи до уваги їхню структуру, форми росту та вплив екологічних факторів. Це широке спостереження слугувало основою як для фізіологічного, так і для художнього зображення. Він не задовольнявся вивченням античних чи середньовічних праць, а проводив задокументовані дослідження, засновані на безпосередньому досвіді. Його анатомічні малюнки мали не лише художню цінність, але й були науково новаторськими. Його досягнення сприяли поширенню наукового мислення Відродження та заклали

основи сучасної анатомії, фізіології та медицини. Леонардо да Вінчі зразково поєднав мистецтво та науку, довівши, що візуальне зображення та практичне спостереження можуть бути тісно пов'язані з науковим дослідженням.

11.4. Парацельс та революція медицини Відродження

Наукове оновлення Відродження було вражаючим не лише у мистецтві та анатомії, але й у медицині. У цей період розгорнулася діяльність Парацельса (Paracelsus, 1493–1541), швейцарського лікаря та алхіміка, який приніс радикально новий підхід у лікування. Повне ім'я Парацельса було Теофраст Бомбаст фон Гогенгайм (Theophrastus Bombastus von Hohenheim). Під час своїх подорожей різними куточками Європи він ознайомився з лікарськими рослинами, мінералами та різними народними методами лікування. Цей досвід збагатив його практичні знання та дозволив розробити альтернативні методи лікування на противагу звичайній, часто жорстокій медичній практиці того часу.



Мал. 2. Парацельс (Theophrastus Bombastus von Hohenheim)

Хоча Парацельс також відомий як алхімік, він бачив сенс алхімії не у виготовленні золота, а в допомозі медичній практиці. Він вважав, що природу та речовини слід використовувати для покращення здоров'я людини, а алхімія може надати інструмент для виробництва ліків.

Парацельс відкинув тодішні методи лікування ран, що ґрунтувалися на брутальності, зокрема припікання гарячою олією та ампутацію гангренозних кінцівок. Він вірив, що рани здатні загоюватися самі, якщо їх належним чином тримати в чистоті та захищати від інфекції. Цим він революціонізував лікування ран і став попередником сучасних антисептичних процедур.

Парацельс сам готував свої ліки і використовував переважно мінеральні речовини замість рослин. Цей підхід став значним нововведенням у тодішній медицині, яка ґрунтувалася на рослинних засобах, описаних Галеном та Авіценною. Він часто критикував античних авторів і відкрито виступав проти традиційних доктрин: наприклад, на головній площі Базеля він спалив книги Авіценни та Галена.

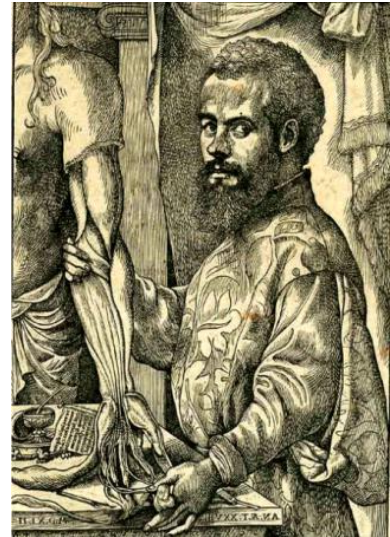
Знаменитий вислів Парацельса: «Лише доза робить речовину отрутою» – є основною ідеєю сучасної токсикології. Це означає, що дія будь-якої речовини, чи то ліки, чи то отрута, залежить від дозування. Це усвідомлення уможливило формування науково

обґрунтованого дозування ліків, і Парацельс став відомим як батько токсикології. Діяльність Парацельса поєднала основний практичний досвід, експериментування та природничо-науковий світогляд. Його новаторський дух і бунтівний характер революціонізували медицину Відродження, підготувавши шлях для формування сучасної фармакології та медицини.

12. ЗАРОДЖЕННЯ СУЧАСНОЇ БІОЛОГІЇ

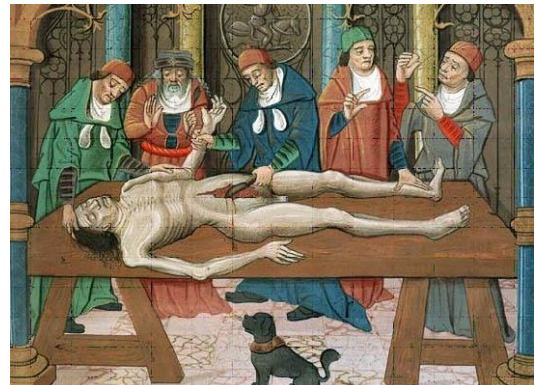
12.2. Андреас Везалій (Andreas Vesalius)

Однією з найважливіших віх у науковому мисленні Відродження стало точне анатомічне картування людського тіла. Видатну роль у цьому відіграв Андреас Везалій (Andreas Vesalius, 1514–1564), лікар голландського походження, який приніс докорінно новий підхід у анатомічні дослідження. Везалій виходив із галеновської традиції, але більш відкритий, емпіричний підхід, набутий під час навчання в Італії, дозволив йому робити самостійні спостереження під час розтинів і не покладатися лише на твердження античних авторів.



Мал. 22. Андреас Везалій

Везалій ознайомився в Італії з працями Мондіно де Луцці, який проводив публічні розтини як попередник анатомії Відродження. Це надихнуло Везалія самостійно проводити розтини, на відміну від попередньої практики, коли лікар теоретично керував розтином, але фактичне дослідження проводили хірурги. Ця практика дозволила Везалію особисто перевіряти та фіксувати будову людського тіла і надавати точніші описи, ніж будь-хто до нього.



Мал. 23. Публічний розтин Якоба Каррера фон Гебвайлера

У 1543 році Везалій опублікував свою знамениту працю *De Corporis Humani Fabrica* («Про будову людського тіла»), яка була першою всебічною, у сучасному розумінні, анатомічною монографією. Перевага книги полягала в тому, що вона була видана друком, завдяки чому могла поширюватися у великій кількості і передавати читачам точні, детальні анатомічні знання. Ілюстрації для книги створив Ян Стівензон ван Калкар (Jan Steenvoon van Calcar), які були надзвичайно точними та реалістичними зображеннями людського тіла.

Fabrica прояснила численні попередні непорозуміння. Наприклад, Везалій довів, що людська нижня щелепа складається з однієї частини, на противагу твердженню Галена, який на основі туш тварин припускав дві частини. Він детально описав клиноподібну кістку, три частини грудини, п'ять-шість хребців крижової кістки, будову

внутрішнього вуха, а також канал між венами плода і пуповиною (ductus venosus). Він спостерігав сполучення очеревини зі шлунком, селезінкою та прямою кишкою, детально обговорював будову воротаря шлунка, розмір сліпої кишки, і надав найбільш точний на той час опис мозку.

Везалій також проводив публічні розтини, наприклад, у 1543 році на тілі сумнозвісного базельського злочинця Якоба Каррера фон Гебвайлера (Jakob Karrer von Gebweiler). За допомогою хірурга Франца Єккельманна він витягнув кістки мертвого тіла і зібрав скелет, який пізніше подарував Базельському університету. Цей скелет можна побачити й сьогодні, і він є однією з найстаріших анатомічних препаратів у світі, живим доказом анатомічного навчання та досліджень.



Мал. 24. Препарований скелет Якоба Каррера фон Гебвайлера

De Corporis Humani Fabrica видатна не лише своєю точністю, але й наочними ілюстраціями. Робота Везалія змінила методи викладання та дослідження анатомії і стала одним із наріжних каменів сучасної біології та медицини. Обставини його смерті є легендарними: раніше вважалося, що він втік від інквізиції на Святу Землю, але, за сучасними дослідженнями, він насправді став жертвою корабельної аварії.



Мал. 25. Малюнки Яна Стівенсона ван Калкара в анатомічній книзі Везалія

Новаторська робота Везалія заклала основи сучасної біології, що базується на спостереженні, експериментуванні та точності документації, і його приклад наслідували численні пізніші анатоми та лікарі у XVI–XVII століттях. Завдяки поєднанню наукового

дослідження та практичного досвіду Везалій став однією з найбільших постатей у розвитку медицини Відродження та біології.

12.3. Габріель Фаллопій (Gabriel Fallopio, 1523–1562)

Його часто згадують просто як Фаллопія (Fallopius). Він був видатним анатомом XVI століття, а як учень Андреаса Везалія став важливою фігурою сучасної анатомії. Фаллопій народився у Павії і в молодості почав вивчати медицину, пізніше продовжив навчання у Падуї, де ознайомився з діяльністю Везалія, одного з найвідоміших лікарів того часу. Вплив Везалія фундаментально визначив наукову кар'єру Фаллопія, оскільки вчення його вчителя та праця *De humani corporis fabrica* були для нього зразковими: вони стимулювали анатомічне спостереження, самостійне проведення розтинів та детальне, точне зображення людського тіла.



Мал. 26. Габріель Фаллопій

Діяльність Фаллопія була зосереджена насамперед на дослідженні репродуктивних органів людини та репродуктивній анатомії. У його час знання про цю частину людського тіла були ще вкрай неповними, і в традиційних анатомічних джерелах, що збереглися з Середньовіччя, циркулювало багато хибних уявлень. Фаллопій регулярно проводив розтини людських трупів, і завдяки цьому надзвичайно детально вивчив жіночі та чоловічі репродуктивні органи. У своїй роботі він вперше точно описав канал, що веде від яєчника до матки, який сьогодні називається фаллопієвою трубою (*tuba uterina*). Це відкриття фундаментально змінило розуміння репродуктивної системи людини та сприяло пізнішому науковому дослідженню безпліддя і механізму жіночого розмноження.

Фаллопій досліджував репродуктивні органи не лише з морфологічної, але й з функціональної точки зору: він спостерігав структуру та сполучення фаллопієвої труби з яєчником і порожниною матки, детально описав будову стінки та зафіксував анатомічні співвідношення природних отворів і каналів.

Наукова діяльність Фаллопія була значущою не лише завдяки його анатомічним спостереженням, але й завдяки формуванню тогочасного медичного мислення. Він був одним із перших анатомів, який послідовно виступав проти вчень Галена, які з часів Середньовіччя часто трактувалися як догма. Слідом за Везалієм, Фаллопій також підкреслював, що будова людського тіла не завжди збігається з результатами розтинів,

проведених на тваринах, і що хибні твердження, які часто зустрічаються в середньовічних анатомічних текстах, необхідно спростовувати на основі спостережень. Метод Фаллопія був надзвичайно систематичним: він точно документував кожен розтин і створював детальні нотатки, які включали як функціональні, так і морфологічні аспекти людського тіла.

Він також поширив свою анатомічну діяльність на багато інших сфер. Він вивчав будову голови та мозку, анатомію органів слуху, розташування кісток і суглобів, а також розгалуження кровоносних судин та нервів. Фаллопій особливо наголошував на анатомічному дослідженні органів чуття, оскільки усвідомлював, що розуміння зору, слуху та рівноваги є фундаментальним для пізнання функціонування людини. Видатним було також його порівняльне дослідження чоловічих і жіночих аспектів репродуктивної анатомії: він вивчав яєчка, канали яєчок та сполучення чоловічих статевих органів, які точно документував та ілюстрував.

Робота Фаллопія була значущою і з точки зору практичної медицини. Його точні спостереження сприяли розвитку акушерства та гінекології, оскільки уможливили правильне розуміння анатомії фаллопієвої труби, матки та яєчників. Крім того, Фаллопій заклав важливі основи у вивченні інфекцій та репродуктивних розладів. Його спостереження та описи пізніше послужили основою для розвитку сучасної репродуктивної медицини, акушерства, гінекології та лікування безпліддя.

Визначною характеристикою праць Фаллопія є точність і деталізація. Створені ним малюнки та нотатки дозволили пізнішим анатомам та лікарям будувати свої дослідження на надійній основі. Хоча його життя було коротким (він помер у 39 років), його наукова спадщина довгостроково визначила розвиток анатомії та репродуктивної медицини. Завдяки його діяльності точне знання репродуктивних органів є сьогодні невід'ємною частиною медичної освіти, а відкриття фаллопієвої труби фігурує як вічна заслуга в історії анатомічних досліджень.

Загалом, Габріель Фаллопій був не лише послідовником Везалія, але й одним із найвидатніших представників анатомічних спостережень Відродження, який значною мірою сприяв формуванню сучасної медицини точним описом людського тіла, особливо детальним дослідженням репродуктивної системи. Його точні, ґрунтовні спостереження, ілюстрації та анатомічні аналізи уможливили створення нової анатомічної науки, яка ґрунтувалася на вченнях Галена, але також виправляла його помилки, і стала основою для пізнішої практичної медицини та розвитку репродуктивної медицини.

12.4. 1.2. Бартоломмео Євстахій (Bartolommeo Eustachio, бл. 1513–1574)

Його часто згадують як Євстахія (Eustachius). Він був видатною фігурою італійської анатомії XVI століття. Хоча він був ознайомлений з роботою Везалія, Євстахій у багатьох відношеннях виступав його опонентом, оскільки дотримувався анатомічних доктрин, закладених Галеном. Його особливо характеризувало ґрунтовне спостереження людського тіла та точний опис видимих структур, і у своїй роботі він прагнув документувати кожен деталь, яку спостерігав під час власних розтинів.



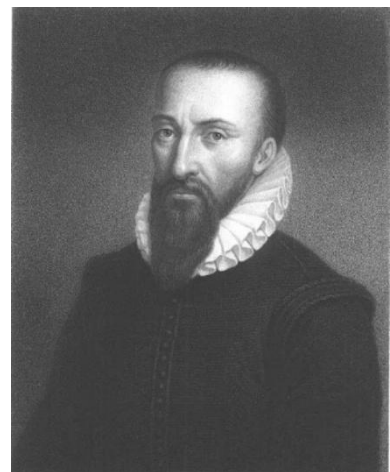
Мал. 27. Бартоломмео Євстахій

У своїх дослідженнях Євстахій зосередився на анатомічній будові людського вуха та органів слуху, приділяючи особливу увагу сполученням внутрішнього та середнього вуха. Одним з його найзначніших відкриттів була трубка, що з'єднує слуховий канал із горлом, яку вже згадував античний грецький вчений Алкмеон, але яку Євстахій заново відкрив та детально описав. Ця трубка сьогодні відома як євстахієва труба і має фундаментальне значення для розуміння фізіології слуху та механізму вирівнювання тиску між вухом і горлом.

Точність та анатомічні спостереження Євстахія були видатними та сприяли детальному, точному розумінню органів слуху, скелета та людського тіла. Хоча він залишався вірним традиціям Галена, його робота все ж значно розширила тогочасні анатомічні знання та послужила основою для пізніших анатомічних досліджень. Завдяки його життєвій праці наука анатомія збагатилася, а точний опис структури органів слуху й досі є основою отології та аудіології.

12.5. Амбруаз Паре (Ambroise Paré, 1510–1590)

Амбруаз Паре – видатна постать французької хірургії, якого вважають батьком сучасної хірургії. Його кар'єра розпочалася у світі учнів-перукарів, а потім він приєднався до армії, де набув досвіду лікування вогнепальних поранень як перукар-хірург. Паре значно змінив жорстокі та болісні методи лікування, що застосовувалися раніше, які часто включали припікання гарячою олією або ампутацію. Замість цього він



Мал. 28. Амбруаз Паре

використовував мазі для дезінфекції ран та зупиняв кровотечу перев'язуванням судин, що значно частіше призводило до одужання, ніж попередні методи.

У діяльності Паре поєднувалися інновації та практичні рішення. Він впровадив значні нововведення не лише у хірургії, але й у акушерстві та протезуванні. Він винайшов різні протези та вдосконалив акушерські процедури, наприклад, техніки, що застосовувалися під час складних пологів. Свій досвід він завжди перевіряв на практиці, а його робота формувалася під впливом досвіду, набутого на військових полях битв, де швидкі та ефективні втручання рятували життя.

Амбруаз Паре відіграв також визначну роль у поширенні знань серед перукарів-хірургів, які не володіли латиною. Він підготував французькомовний витяг зі знаменитої анатомічної праці Везалія, уможливаючи таким чином практичним фахівцям ознайомитися з будовою людського тіла та основами анатомії. На початку своєї кар'єри він був учнем Жака Дюбуа (Jacques Dubois) і працював просектором, тобто розтиначем, що надало йому можливість безпосередньо вивчати будову тіла.

У 1545 році Паре опублікував книгу під назвою *La méthode de traicter les plays faictes par hasquebutes* (Метод лікування ран, завданих аркебузами), в якій узагальнив методи лікування вогнепальних поранень. У цій праці він описав свій власний досвід і перевірені методи лікування, значно сприяючи розвитку хірургії. Досягнення Паре ілюструють тісний зв'язок між практикою та наукою, і завдяки його діяльності хірургія була поставлена на наукову основу, ставши попередником сучасної хірургії.

13. НАРОДЖЕННЯ НАУКИ ФІЗІОЛОГІЇ

Розвиток фізіології, зокрема розуміння кровообігу, був тривалим і складним процесом від античних грецьких часів до Відродження. Античні грецькі лікарі, наприклад Гіппократ і Гален, мали численні хибні припущення щодо функціонування органів, оскільки практичне спостереження було обмеженим, а розтини часто стримувалися релігійними чи соціальними заборонами. Ці припущення були особливо неточними щодо функціонування серця та судин. Наприклад, грецькі джерела не знали точно шляху крові та ролі серця. Вони вважали, що кров утворюється в серці і тече туди-назад до всіх частин тіла, тоді як артерії транспортують повітря, тому їх називали «повітряними судинами». Під час дослідження мертвих тіл кров знаходили лише у венах, тому помилково припускали, що артерії переносять не кров, а повітря до органів.

Герофіл, член Александрійської школи, хоча й усвідомив, що артерії насправді транспортують кров, і цим зробив значний крок у розумінні кровообігу, але він ще не знав точного функціонування капілярів та мікроциркуляції. Зв'язок між артеріями та венами, а також спрямованість крові були лише частково зрозумілими: на основі спостережень вважалося, що кров тече в одному напрямку, до серця, на противагу вченню Галена, який припускав потік крові туди-назад у тілі. Хоча система Галена на довгий час визначила анатомічні та фізіологічні знання, практичні дослідження, наприклад розтини та експерименти на живих тваринах, постійно виявляли помилки в його теорії.

Вчені Відродження, особливо Фабрицій (Fabricius), додатково уточнили анатомічні знання та наблизилися до розуміння кровообігу в сучасному сенсі. Фабрицій викладав в Падуанському університеті і детально досліджував клапани вен. Він спостерігав, що ці клапани лише сповільнюють потік крові та запобігають зворотному току, але ще не усвідомив, що ці пристрої є ключовими елементами односпрямованості кровообігу. Його робота стала одним із найважливіших кроків у фізіологічних дослідженнях Відродження, оскільки вона наблизила лікарів та анатомів до розуміння реальної структури та функціонування кровообігу.

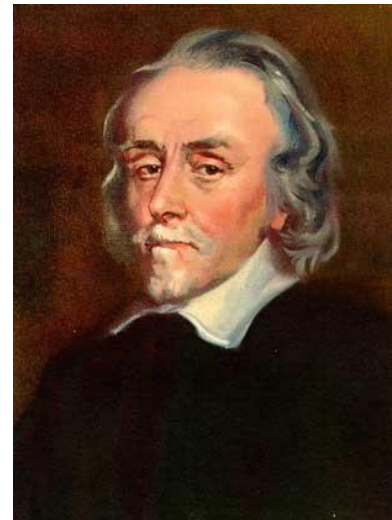
З точки зору розвитку важливо, що в епоху Відродження вчені покладалися вже не лише на класичні тексти, але й будували свої спостереження на дослідженні живих і мертвих тіл. Ці експерименти та спостереження пізніше призвели до відкриття Вільяма Гарвея у 1628 році, який точно описав коло кровообігу, насосну функцію серця, а також зв'язок між венами та артеріями. В основі роботи Гарвея лежало те, що анатоми

Відродження, наприклад Фабрицій, вже теоретично та практично розпізнали такі анатомічні структури, як венозні клапани, і зрозуміли їхню функцію.

Розуміння кровообігу було тривалим процесом, у якому свою роль відіграли і хибні припущення античності, і середньовічні непорозуміння, і детальні анатомічні дослідження Відродження. Праці Герофіла та Галена дали основу, але для розуміння точного функціонування знадобилися століття практичних спостережень та розтинів. Спостереження Фабриція, особливо щодо венозних клапанів, стали ключовим кроком, який врешті-решт дозволив Гарвею описати повну систему кровообігу і закласти основи науки сучасної фізіології.

13.1. Вільям Гарвей (William Harvey, 1578–1657)

Вільям Гарвей був засновником сучасної фізіології та науки про кровообіг. Як англійський лікар, він був учнем Фабриція, який викладав у Падуї, і на нього справили великий вплив анатомічні дослідження останнього, особливо розуміння функціонування венозних клапанів. Повернувшись до Англії, Гарвей продовжив дослідження серця та кровообігу власними експериментами, метою яких було довести, що кров не тече туди-назад, як стверджували попередні теорії, наприклад, вчення Галена, а рухається в організмі в одному напрямку.



Мал. 29. Вільям Гарвей

Гарвей спостерігав, що в серці та венах є односпрямовані клапани. Ці клапани дозволяють крові текти з вен до серця, але запобігають зворотному току у вени. Те саме стосується і артерій: кров, що виходить із серця, не може повернутися до артерій через клапани. Під час своїх експериментів він перев'язував різні судини і спостерігав, що якщо він перев'язує артерію, ділянка, що знаходиться ближче до серця, набрякає від крові, тоді як, якщо він перев'язує вену, набряк виникає на протилежному боці від серця. Ці спостереження однозначно довели, що потік крові є спрямованим: вона рухається з вен до серця, а звідти через артерії до різних частин тіла, і ніколи не повертається назад.

Гарвей підкріпив свої експерименти та висновки також математичними міркуваннями. Він розрахував, скільки крові перекачує серце за хвилину та годину, і дійшов висновку, що кількість крові, перекачаної серцем за годину, може втричі перевищувати масу тіла людини. На підставі цього стало очевидно, що кров неможливо

постійно відновлювати і знову утворювати як використану. Отже, кров має рухатися в постійному, круговому потоці, тобто серце завжди перекачує ту саму кров із вен в артерії і назад через вени. Існування крихітних, невидимих сполучних судин (капілярів), необхідних для цього, Гарвей вважав таким же прийнятним припущенням, як у часи Галена – ідею про невидимі отвори в серцевому м'язі.

У 1628 році Гарвей зібрав свої експерименти та спостереження і опублікував їх у своїй короткій, всього 70-сторінковій книзі *De Motu Cordis et Sanguinis* («Про рух серця і крові»). Книга, попри свій обсяг, була революційною: вона однозначно спростувала прийняті протягом століть догми кровообігу, представлені Галеном, і відкрила шлях для сучасної фізіології. Робота Гарвея надала точний опис механізму кровообігу, довівши, що кров циркулює у замкненій системі, яка накачується серцем, а клапани в судинах забезпечують напрямок та ефективне функціонування.

Дослідження Гарвея принесли прорив не лише у фізіології, але й докорінно змінили практичну сторону медицини. Його робота уможливила розвиток експериментів і діагностичних методів, пов'язаних із системою кровообігу, а також сприяла тому, що пізніші анатоми та хірурги точніше зрозуміли функціонування органів та механізми захворювань. Розуміння кровообігу дозволило лікарям ставити більш точні діагнози, проводити більш ефективне лікування та закласти основи сучасних медичних досліджень.

14. БОРОТЬБА ВІТАЛІСТИЧНОЇ ТА МЕХАНІСТИЧНОЇ ТЕЧІЙ У НАУЦІ

У науковому мисленні XVII століття віталістична та механістична течії представляли два принципово різні підходи до функціонування життя. Віталісти стверджували, що сутність живого організму докорінно відрізняється від неживої матерії. Вони вважали, що життя не можна пояснити лише за допомогою фізичних та хімічних законів, але існує особлива «життєва сила» (*vitalis principium*), яка визначає специфічне функціонування живих істот. Віталісти наголошували, що вивчення неживого світу не може повністю привести до розуміння життя, оскільки функціонування живого організму має іншу якість, ніж фізичний світ. На противагу цьому, механісти вважали, що явища життя, хоча й надзвичайно складні, в основному можуть бути пояснені згідно з фізичними та хімічними законами. На їхню думку, якщо приділити належну увагу та час вивченню закономірностей неживого світу, то завдяки цьому можна зрозуміти й функціонування живих організмів, оскільки вони, по суті, є складними механізмами, які діють за тими ж основними принципами, що й простіші системи фізичного світу. Таким чином, механістичний погляд описував життя як свого роду складну машину, в якій кожен процес і функція можуть бути пояснені математично, у фізичних та хімічних взаємозв'язках. Рене Декарт (René Descartes), видатний філософ XVII століття, поширив механістичний погляд і на людське тіло. Він порівнював людське тіло з машиною, яка, по суті, ідентична тілам тварин, за винятком того, що людина має розумові та духовні здібності. У цьому аспекті Декарт також представляв віталістичну позицію, оскільки він не намагався пояснити розум і душу механічно. Він вважав, що розум і душа пов'язані з тілом, але цей зв'язок реалізується через шишкоподібну залозу (епіфіз) мозку, яку на той час знаходили виключно у людини. Таким чином, шишкоподібна залоза служила точкою зустрічі віталістичного та механістичного підходів, дозволяючи теоретично моделювати зв'язок між механістичним тілом і немеханістичною душею. Цей дуалістичний світогляд фундаментально визначив розвиток наук про життя у XVII столітті. Механісти сприяли фізіологічним та анатомічним дослідженням, оскільки розглядали живі організми як машини, які можна досліджувати математично та експериментально, тоді як віталістична течія привертала увагу до специфічної якості біологічних процесів, внутрішнього порядку організму та ролі «життєвої сили». Контраст і діалог між цими двома течіями поступово привели до формування сучасної біології, яка пізніше черпала з обох підходів: механістичних спостережень та експериментальних методів, а також віталістичних інтуїцій та усвідомлення складності організму.

14.1. Джованні Альфонсо Бореллі (Giovanni Alfonso Borelli, 1608–1679)

Італійський фізіолог був одним із видатних представників наукового мислення XVII століття, який дотримувався механістичного погляду Декарта і досліджував людське тіло як складний механізм. Бореллі вважав, що функціонування людського тіла може бути пояснене, головним чином, згідно з законами фізики та механіки, і немає необхідності шукати особливі, віталістичні сили у явищах життя. Досліджуючи разом м'язову та скелетну системи, він дійшов висновку, що ці елементи утворюють складну систему важелів. М'яз, як джерело сили, у взаємодії з кістками здійснює рух тіла точно за тими ж фізичними законами, що й механізми важелів, виготовлені з дерева.

Метод Бореллі дозволив застосувати механічну аналогію до різних частин тіла, наприклад, до функціонування легень та шлунка. Він досліджував механіку дихання через еластичність легень та рух грудної клітки, беручи до уваги основні закони фізики, наприклад, взаємозв'язок тиску та сили. Рух шлунка та процеси травлення він також інтерпретував з механічної точки зору, розглядаючи тіло як внутрішній механізм.

Діяльність Бореллі стала значним кроком у поширенні механістичного погляду на фізіологію. Математичні та фізичні аналогії, застосовані ним під час дослідження м'язово-скелетної системи та інших органів, дозволили кількісно, вимірюваним чином інтерпретувати функціонування тіла. Таким чином, Бореллі сприяв формуванню сучасних наук про життя та заклав основи науки біомеханіки, яка пізніше стала однією з фундаментальних галузей кінезіології та фізіології.

14.2. Йоганн Баптист ван Гельмонт (Joannes Baptista van Helmont, 1579–1644)

Він був фламандським лікарем і хіміком, який вважається одним із найвидатніших емпіричних мислителів у розвитку наук про життя XVII століття. У своїх експериментах він досліджував взаємозв'язок рослин і ґрунту, і у своєму знаменитому експерименті з вербою посадив молоду вербу у визначену кількість ґрунту, поливаючи її виключно водою протягом п'яти років. Наприкінці експерименту дерево збільшилося на 164 фунти, тоді як вага ґрунту зменшилася лише на дві унції. З



Мал. 30. Йоганн Баптист ван Гельмонт

цього він зробив висновок, що додатковий матеріал дерева отримує не з ґрунту, а з води.

Хоча Ван Гельмонт не врахував ролі повітря у фотосинтезі, його експерименти мали видатне значення для розуміння обміну речовин і росту рослин.

Крім того, Ван Гельмонт провів новаторську роботу з дослідження газоподібних речовин. Він створив термін «газ» і відкрив особливий газ, який назвав «spiritus sylvestris» (тобто «лісовий дух»). Пізніше з'ясувалося, що цим газом є діоксид вуглецю (CO_2), який насправді є основним компонентом джерела вуглецю, необхідного для побудови рослин. Цим Ван Гельмонт значно сприяв розумінню хімічної природи газів та розкриттю основ рослинного метаболізму.

Його діяльність, таким чином, поєднує механістичний світогляд XVII століття з емпіричним, експериментальним методом, що стало віхою у формуванні сучасної біології та розумінні фізико-хімічних процесів. Експерименти Ван Гельмонта, особливо його спостереження щодо водного та вуглецевого обміну рослин, послужили основою для пізніших, точніших досліджень фотосинтезу і добре ілюструють, наскільки експериментальний підхід просунув наукове мислення вперед у часи віталістичних та механістичних суперечок.

14.3. Франц де ла Бое (Franz de la Boë, 1614–1672)

Його часто згадують як Франциска Сільвія (Franciscus Sylvius). Він був визначальною фігурою в науці про життя XVII століття, який працював як послідовник Йоганна Баптиста ван Гельмонта. Сільвій досліджував функціонування організму з точки зору хімічних процесів і розглядав людський організм як свого роду «хімічну кухню». Він вважав, що процеси, які відбуваються під час травлення, є аналогічними хімічним реакціям, наприклад, бродінню, яке можна вивчати і в лабораторних умовах. На основі цього уявлення Сільвій був одним із перших фізіологів, які намагалися зрозуміти функціонування людського тіла з хімічної точки зору, і пізніші дослідження підтвердили, що травлення справді є низкою хімічних процесів.



Мал. 31. Франц де ла Бое

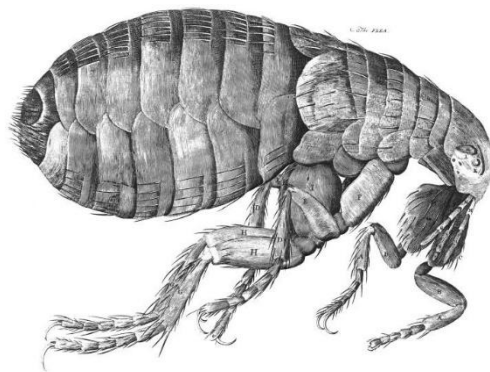
Сільвій також припускав, що основою здоров'я є належний баланс хімічних речовин в організмі. Якщо цей баланс порушується, організм захворює, а завдання лікування – відновити цей баланс. Цим мисленням Сільвій заклав основи пізнішої

хімічної медицини та науки клінічної хімії, і його діяльність стала важливим попередником сучасної фізіології та фармакології.

Завдяки його роботі в медицині XVII століття почав формуватися новий, експериментальний та аналітичний світогляд, який, поряд з механістичними та віталістичними поглядами, висунув на перший план дослідження хіміко-фізіологічних процесів. Спостереження Сільвія сприяли тому, щоб розуміння функціонування тіла відбувалося не лише на анатомічній та механістичній основі, але й з точки зору хімічних реакцій, підготувавши таким чином методологію сучасних фізіологічних та медичних досліджень.

15. ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТОК МІКРОСКОПІЇ

Винайдення мікроскопа на початку XVII століття докорінно змінило науку біологію, уможлививши відкриття мікроскопічного світу, який раніше залишався невидимим для людського ока. Вже античні греки виявили, що за допомогою різних вигнутих дзеркал і скляних куль, наповнених водою, можна збільшувати об'єкти, проте ці експерименти були лише прелюдією до



Мал. 32. Зображення блохи в книзі Роберта Гука *Micrographia*

корекції зору та розуміння оптичних явищ. У першій половині XVII століття вчені та винахідники в Нідерландах почали експериментувати з посиленням збільшення, насамперед завдяки виробникам окулярів, таким як родина Янссенів. Захарій Янссен та його син Ганс Янссен були першими, хто побудував прилади, які містили дві лінзи і вже могли забезпечити значне збільшення. Ці примітивні мікроскопи запропонували нові можливості для природничо-історичних та анатомічних досліджень і поступово почали поширюватися в Європі. Успіх астрономічних телескопів, які використовував Галілей у 1609 році, також стимулював розвиток мікроскопів, оскільки інтерес до збільшення та оптичної точності швидко зростав в обох сферах.

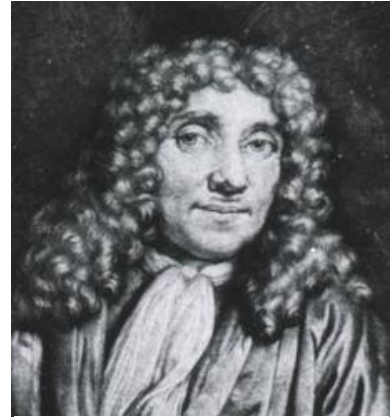
До перших наукових мікроскопічних відкриттів належить діяльність Роберта Гука (Robert Hooke). У 1665 році Гук опублікував свою знамениту працю *Micrographia* («Мікрографія»), яка була першою науковою роботою, що містила мікроскопічні спостереження та була багато ілюстрована, зображуючи мікроскопічну структуру корка. Гук спостерігав, що корок складається з мікроскопічних частинок, які він назвав «клітинами», оскільки вони нагадували йому чернечі клії. Це відкриття мало фундаментальне значення для формування цитології, оскільки вперше зробило видимими основні будівельні блоки живої та неживої матерії. Робота Гука була значущою як у розвитку наукового мислення, так і у візуальному зображенні, оскільки детальні малюнки дозволили іншим дослідникам відтворювати спостереження.

Антоні ван Левенгук (Antonie van Leeuwenhoek), голландський торговець тканинами, також значно сприяв розвитку мікроскопії. Левенгук не був офіційним вченим, його біологічні та оптичні інтереси розпочалися як хобі, але протягом життя він

зробив надзвичайні відкриття. Замість попередніх багатолінзових мікроскопів Левенгук використовував крихітні, ідеально відшліфовані лінзи, якими досягав збільшення до 200 разів. Він ретельно налаштовував ці прилади та проводив свої спостереження з надзвичайним терпінням та наполегливістю. За допомогою свого мікроскопа Левенгук вперше побачив і описав еритроцити, потік крові, структуру капілярів, поперечно-смугасті м'язові волокна, а також сперматозоїди. Під час дослідження зразків каналізаційної води він відкрив перші одноклітинні організми, так звані найпростіші, цим відкривши шлях для формування мікробіології. Левенгук виготовив близько п'ятисот мікроскопів, хоча збереглося менше десяти з них, і кожен забезпечував надзвичайне збільшення та точність порівняно з вимогами епохи. Свої спостереження він документував у детальних листах, які публікувало Лондонське королівське товариство (Royal Society), і хоча сам він не був добрим креслярем, він наймав ілюстраторів, щоб візуально фіксувати побачене.

Марчелло Мальпігі (Marcello Malpighi), італійський фізіолог, також відіграв значну роль у застосуванні мікроскопа. Досліджуючи рослини, комах та легені жаб, він відкрив капіляри (волосоносні судини), які з'єднують артерії з венами. Відкриття Мальпігі доповнило попередню теорію кровообігу Вільяма Гарвея і вперше дозволило точно, на мікроскопічному рівні зрозуміти кровообіг. Цим шлях крові від артерій до вен, опосередкований капілярами, став чітко та детально описаним.

Розвиток мікроскопа продовжувався і у XVIII столітті та сприяв подальшому уточненню біології. Наприклад, Отто Фрідріх Мюллер (Otto Friedrich Müller) проводив спостереження за бактеріями та іншими мікроскопічними організмами, але перші справжні, детальні описи бактерій стали можливими лише з появою ахроматичних лінз на початку XIX століття. Одним із значних



Мал. 33. Антоні ван Левенгук



Мал. 34. Один із мікроскопів Антоні ван Левенгука



Мал. 35. Марчелло Мальпігі

недоліків ранніх мікроскопів було те, що лінзи розкладали біле світло на кольорові кільця (хроматична аберация), що затуманювало тонкі деталі. Цю проблему вирішив Джозеф Джексон Лістер (Joseph Jackson Lister) у XIX столітті, коли виявив, що при застосуванні відповідної системи лінз можна чітко та ясно досліджувати мікроскопічні структури.

Винайдення та постійний розвиток мікроскопа уможливили зародження багатьох галузей біології. Цитологія, мікробіологія, гістологія та мікроскопічна анатомія – усі вони безпосередньо ґрунтувалися на застосуванні мікроскопа. Діяльність Роберта Гука, Антоні ван Левенгука та Марчелло Мальпігі не лише збагатила біологічні знання, але й принесла фундаментальні методологічні зміни у наукове дослідження: безпосереднє, емпіричне спостереження стало основою доказів, які підтверджували або спростовували теорії. Отже, мікроскоп був не просто новим інструментом, а ключем до революційного перетворення наукового мислення, що відкрило нові перспективи у розумінні життя та живих організмів.

16. РОЗВИТОК ХІМІЧНИХ ДОСЯГНЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ У ЄВРОПІ

16.1. Ятрохімія

Ятрохімія, або медична хімія, розквітла у XVI–XVII століттях і була, по суті, практичною, лікувальною гілкою алхімії. Ця наукова дисципліна застосовувала хімічні процедури до людського тіла, наголошуючи на виробництві ліків та механізмі їхньої дії. Розвитку ятрохімії сприяло глибше знання металів та мінералів, що стало можливим завдяки багатим покладам європейських гірничодобувних регіонів.

Наприклад, Рудні гори Саксонії були відомі своїми гірничими традиціями ще з античності, а піднесення видобутку срібла після 1453 року дало новий поштовх для дослідження та використання металів. У цій галузі переплелися гірничі мова та хімічна термінологія: талер, натхненний словом «Таль» (Thal, «долина»), позначав продукт місцевих срібних копалень. Під час експериментів з металами виникли численні цікаві моменти та словосполучення. Наприклад, з нікелевої руди не вдалося отримати мідь, яку назвали «Купфернікель» (Kupfernickel), тобто «мідний чорт».

З кобальтової руди також не отримали міді, тому гірники приписували невдачу «кобольдам» або злим гірським духам. Вольфрам гірники назвали «вовчою піною» (Wolfram), оскільки він, немов вовк вівцю, нібито поглинав олово. Ці історії відображали не лише розпізнавання металів, але й розвиток хімічного мислення.

Видатну роль у ятрохімії відіграв Андреас Лібавій (Andreas Libavius, 1540–1616), також відомий як Андреас Лібау, який був одним із найважливіших німецьких хіміків та лікарів. У своїх експериментах Лібавій прагнув виробляти численні сполуки та значно сприяв стандартизації лабораторних методів. Серед іншого, він отримав ацетон, а також соляну кислоту у газоподібній формі, довівши тим самим, що хімічні речовини, виготовлені різними способами, можуть мати ідентичні властивості. Особливо важливим було його дослідження виробництва сірчаної кислоти, яку він отримував двома способами: по-перше, дистиляцією зеленого купоросу, по-друге, реакцією сірки та селітри (нітрату калію). Ці експерименти служили не лише для виробництва сполук, але й для дослідження надійності та відтворюваності лабораторних процедур.

Проте діяльність Лібавія не обмежувалася лише лабораторними хімічними процедурами. У 1606 році вийшла його знаменита праця *Alchymia* («Алхімія»), яка була однією з перших хімічних книг, написаних з практичної точки зору. *Alchymia* детально описувала використання хімічних інструментів, а також способи отримання різних металів і сполук. Завдяки ілюстраціям книги тогочасні читачі могли ознайомитися з

конструкцією та функціонуванням лабораторного обладнання, включаючи дистиляційні апарати, колби, трубки та інше базове обладнання, необхідне для хімічного експериментування. Його робота сприяла стандартизації хімічної освіти і підготувала ґрунт для створення пізніших хімічних кафедр. Одним із перших прикладів цього був університет в Альтдорфі, заснований у 1602 році, де хімічна освіта вже здійснювалася в офіційних рамках.

Наукова методологія ятрохімії висувала на перший план практичне лабораторне експериментування, чим відрізнялася від містичного та таємничого підходу алхімії. Лібавій, наприклад, детально описав, як виготовляти сполуки з різних металів і як безпечно з ними поводитися, таким чином, застосування хімічних інструментів і робочих процесів у контрольованому середовищі стало загальноприйнятим. Ілюстрації в книзі були не просто декоративними, а служили навчальній меті: вони демонстрували, як можна відтворити різні експерименти, і таким чином передача знань стала незалежною від окремих майстрів.

Подальше значення ятрохімії полягало у її тісному зв'язку з медичною практикою. Окрім дослідження металів та мінералів, ятрохіміки також займалися хімічним перетворенням речовин рослинного та тваринного походження. Їхньою метою було виробництво нових ліків та розуміння того, як можна застосовувати хімічні процеси для лікування людського організму. Таким чином, робота Лібавія та його сучасників фундаментально формувала не лише науку хімію, але й медицину, підготувавши розвиток сучасної фармакології та фармацевтики. Шляхом документування лабораторних методів і хімічних інструментів ятрохіміки забезпечили, щоб науковий досвід міг бути переданий та відтворений, що склало основу пізнішої наукової методології.

Підсумовуючи, ятрохімія та діяльність Андреаса Лібавія були важливою віхою європейської науки XVI–XVII століть. Контрольована форма хімічного експериментування, детальний опис лабораторних інструментів та методологічне дослідження виробництва ліків заклали основи сучасної хімії та медицини. Дослідження металів, отриманих з гірничої справи Рудних гір Саксонії, та пов'язана з металами термінологія не лише сприяли розвитку хімії, але й сприяли формуванню професійної мови, яка була попередником сучасної наукової комунікації. Таким чином, ятрохімічні дослідження одночасно означали стандартизацію хімічного мислення та забезпечення медичної застосовності, чітко вказуючи шлях до сучасної науки.

16.2. Розвиток гірничої хімії

Видобуток дорогоцінних металів відігравав видатну роль в історії Центральної Європи вже у Середньовіччі, як з економічної, так і з наукової точок зору. До XIII століття Угорщина забезпечувала значну частину європейського виробництва золота та срібла: приблизно шосту частину всього європейського видобутку золота (близько 1000 кілограмів) та чверть виробництва срібла (близько 10 000 кілограмів). Ці багаті запаси дорогоцінних металів створили фундаментальні умови для карбування монет, розвитку гірничих технологій та розширення тогочасних наукових знань.

У XIV столітті видобуток дорогоцінних металів в Угорщині переживав свій розквіт. Карл Роберт (Károly Róbert) у 1325 році запровадив перший золотий форинт та провів значні реформи у законах про гірничу справу та обіг дорогоцінних металів. Ці регулювання не лише уможливили більш ефективну роботу копалень, але й забезпечили стабільність грошової системи. З 1342 року стала загальноприйнятою діяльність пробірів, або «цементерів», які контролювали чистоту виробленого золота та срібла. Ця практика забезпечувала надійну якість дорогоцінних металів з копалень, тим самим зміцнюючи економічні позиції країни в Європі.

У XV столітті подальшому розвитку гірничої справи сприяли технічні інновації та співпраця між шляхтою та купцями. За правління короля Сигізмунда (Zsigmond), у 1405 році, застосування «розділювальної води» (választóvíz, нітратної кислоти) стало першим науковим удосконаленням у пробіруванні металів, що забезпечило швидкий та ефективний контроль чистоти дорогоцінних металів. Постійний попит на гроші стимулював шлюбний союз між родиною Турзо (Thurzó) зі Спишського воєводства, яка володіла копальнями, та банкірською родиною Фуггерів (Fugger) із Венеції. У 1495 році під керівництвом Яноша Турзо (Thurzó János) було зафіксовано першу значну віху в розвитку гірничих технологій, яка включала більш сучасні методи відкачування води з копалень та розділення міді та срібла. Це знання не лише збільшило економічний прибуток, але й сприяло ранньому розвитку хімії та металургії в Угорщині.

У XVI столітті можна відзначити діяльність Яноша Цементеша Коложварі (Kolozsvári Cementes János). У 1558 році він перевіряв золотобійний та афінажний заводи у Надьбаньї (Nagybánya), а у 1568 році працював на афінажному заводі у Надьсебені (Nagyszeben). У його щоденнику містяться детальні описи процесів видобутку та афінажу, водночас його спостереження були пов'язані і з розташуванням зірок, що добре ілюструє наукове мислення того часу, де практика та астрологічні спостереження поєднувалися. У XVII столітті технічні інновації продовжилися: у 1627 році в Угорщині,

ймовірно, вперше у світі, було застосовано вибухи пороху у копальнях, що значно прискорило видобуток та уможливило експлуатацію важкодоступних рудних родовищ.

Видатну роль у піднесенні гірничої справи на науковий та практичний рівень відіграла Академія гірничої справи у Шелмецбаньї (Selmecbányai Bányászati Akadémia), яку Марія Терезія прославила на весь світ у 1763 році. Ця установа виросла зі школи з підготовки гірничих чиновників, заснованої Карлом III у 1735 році, і її методи практичного лабораторного навчання були перейняті міжнародною фаховою літературою та практикою, наприклад, у Франції. Академія сприяла закладенню наукових основ металургії, мінералогії та хімії, а також стимулювала розвиток не лише гірничих, але й медичних та хімічних знань.

Серед студентів Шелмецбаньської Академії виділявся Ференц Мюллер (Müller Ferenc, 1740–1825), який став відомим завдяки відкриттю телуру. У 1782 році Мюллер самостійно відкрив цей елемент, який пізніше, у 1789 році, незалежно ідентифікував Пал Кітайбель (Kitaibel Pál). Цей результат добре ілюструє, що угорський видобуток дорогоцінних металів та пов'язані з ним наукові дослідження мали значний вплив на Європу не лише на практичному, але й на теоретичному рівні.

Загалом, економічне та наукове значення видобутку дорогоцінних металів в Угорщині проявилось на кількох рівнях. Окрім економічних аспектів – видобутку золота та срібла, карбування монет та торгівлі – науковий розвиток також був видатним: методи виробництва та очищення металів, розвиток гірничих технологій, а також лабораторна та академічна освіта сприяли розвитку хімії, металургії та медицини. Союз Турзо-Фуггерів, застосування «розділювальної води», вибухи пороху, а також Шелмецбаньська Академія гірничої справи свідчать про те, що Угорщина з Середньовіччя до XVIII століття була важливим центром видобутку дорогоцінних металів та пов'язаних з цим наукових досліджень.

16.3. Роберт Бойль (Robert Boyle, 1627–1691)

Роберт Бойль був одним із засновників сучасної хімії та раннім представником наукового методу, який своєю діяльністю чітко відмежувався від алхімії, водночас частково приймаючи практичні медико-хімічні знання, представлені Парацельсом. У своїй головній праці «Скептичний хімік» (The Sceptical Chemist, 1661), яку угорською часто згадують як «Двозначний хімік», Бойль розглядав експериментування як основний інструмент наукового пізнання, наголошуючи, що хімія тепер є «чесною наукою», заснованою на практиці та спостереженні. Діяльність Бойля була ключовою у відділенні

хімії від містичних та таємничих традицій алхімії та її подальшому розвитку на основі законів фізичного світу.

Значну роль у житті Бойля відігравала християнська релігія. Він народився в Ірландії 14-ю дитиною графа Корка, і його аристократичне походження дозволило йому навчатися на континенті, в Англії та Нідерландах. Поряд зі своїми релігійними переконаннями, він вважав важливим використовувати практичні інструменти хімії, наприклад, символічне значення філософського каменю, для підтримки аргументів проти атеїзму. Цей світогляд дозволив Бойлю узгодити наукове дослідження з релігійними та етичними цінностями, тому його відокремлення від алхімії мало не лише технічний, але й філософський характер.



Мал. 36. Роберт Бойль

Одним із найважливіших досягнень Бойля було його протистояння містичним елементам та тогочасним догмам. Попередні хіміки та алхіміки здебільшого зводили матерію світу до чотирьох першоелементів Аристотеля (земля, вода, повітря, вогонь) або трьох складових Парацельса (сірка, ртуть, сіль). Однак Бойль представляв корпускулярну теорію, згідно з якою матерія складається з крихітних частинок, так званих корпускул, і під час змін ці частинки зберігають свою структуру та залишаються ідентифікованими, на відміну від традиційних теорій. Цим Бойль уможливив механічне та кількісне дослідження хімічних реакцій та заклав основи сучасного хімічного аналізу.

До важливих експериментальних результатів Бойля належало дослідження властивостей кислот і лугів. Він зауважив, що певні рослинні екстракти, так звані індикатори – наприклад, фіалка чи лакмус – сигналізують про наявність кислого чи лужного середовища зміною кольору. У разі кислот колір стає червоним, а в лужному середовищі – синюватим або зеленуватим. Він також спостерігав, що певні солі, які під час гідролізу виявляють кислу реакцію, також можуть давати червону реакцію, таким чином Бойль усвідомив складність хімічних реакцій та важливість якісного аналізу. Наприклад, сполуки міді можуть бути синіми або зеленими, а сполуки срібла – білими або жовтими, залежно від того, чи йдеться про хлорид чи карбонат.

Бойль приділяв особливу увагу явищу горіння. Він спостерігав, що під час горіння маса металів збільшується, що суперечило тодішнім алхімічним уявленням, згідно з якими речовина не змінюється ані кількісно, ані якісно. Бойль пояснював це явище припущенням наявності корпускул вогню і трактував горіння як процес

розчинення. Цим підходом він заклав основи кількісного дослідження хімічних реакцій та передбачив формування пізніших хімічних законів, наприклад, закону збереження маси.

Філософське підґрунтя діяльності Бойля також заслуговує на увагу. У своїй праці «Скептичний хімік» він наголошує на експериментуванні як на єдиному джерелі справедливого та доказового наукового пізнання. Метою Бойля було не лише відкидання алхімічних спекуляцій, але й постановка хімії на наукову основу, де визначальними інструментами ставали емпіричні докази, перевірені експерименти та об'єктивне спостереження. Цим Бойль став одним із ранніх представників сучасної наукової методології та сприяв тому, щоб хімія стала самостійною наукою, що відмежувалася від тодішніх містичних та таємничих практик.

Життя та діяльність Роберта Бойля представляють ранню революцію наукового мислення. Його ставлення до Парацельса та алхімії було нюансованим. Він відкидав містичні та спекулятивні елементи, водночас брав до уваги практичні, емпіричні хімічні знання, особливо з точки зору медицини. «Скептичний хімік» не лише заклав теоретичні основи хімії, але й показав приклад того, що завдяки експериментуванню, доказам та об'єктивному спостереженню наукове мислення може відірватися від традиційних, містичних уявлень і створити справжню, перевірену науку. Таким чином, діяльність Бойля була визначальною у формуванні сучасної хімії та наукової методології, створивши надійну основу для пізніших хіміків.

17. ПЕРЕХІД МІЖ АЛХІМІЄЮ ТА СУЧАСНОЮ ХІМІЄЮ У XVII–XVIII СТОЛІТТЯХ

Це був період радикальної трансформації хімічного мислення та експериментування. У цей час традиційні алхімічні уявлення, засновані на містиці, поступово замінювалися експериментально доказовими, емпіричними підходами, які передбачили формування сучасної хімії. У цей період діяла низка вчених, які частково продовжували традиції алхімії, але частково застосовували новий, кількісний та логічний підхід до дослідження хімічних процесів.

17.1. Найважливіші течії

Наприклад, англійський вчений Джон Мейоу (John Mayow, 1641–1679) представляв раннє експериментальне мислення. Мейоу продемонстрував, що «селітровий спирт повітря», який утворюється з нітрату калію, є життєво необхідним як для горіння, так і для дихання. Він спостерігав, що «сірчасті частинки» горючої речовини поєднуються з селітровими частинками повітря, чим наблизився до розуміння матеріальної основи горіння та дихання. Це усвідомлення було надзвичайно важливим кроком у хімічному мисленні перед відкриттям кисню і чітко показало, що замість містичних понять алхімії основою хімії може стати дослідження конкретних, вимірюваних хімічних компонентів і реакцій.

Перехід між алхімією та сучасною хімією також відображається у діяльності Отто Тахеніуса (Otto Tachenius, 1620–1690), який створив основну потрібну класифікацію кислота–основа–сіль. На основі своїх досліджень він стверджував, що солі завжди складаються з двох компонентів: кислоти та основи. Цим простим, але радикально новим підходом Тахеніус заклав основи якісного та кількісного аналізу хімічних реакцій, що уможливило створення пізніших, більш детальних таблиць спорідненості та реакцій.

Етьєн Франсуа Жоффруа (Étienne François Geoffroy, 1672–1731) розвинув цю ідею далі, коли у 1718 році створив свої знамениті таблиці спорідненості (*affinitási táblázatait*), які показували хімічну «спорідненість» різних речовин і допомагали прогнозувати реакції обміну та комбінації.

У XVIII столітті дослідження хімічних зв'язків продовжив Ференц Ньюлаш (Nyulas Ferenc, 1758–1808), створивши близько 1800 року «Таблицю спорідненості». Ця таблиця, наприклад, описувала реакцію галунів та соди, у результаті якої утворюються

глауберова сіль та нерозчинна алюмінієва сіль. Гійом Франсуа Руель (Guillaume François Rouelle, 1703–1770) також відіграв важливу роль у формуванні поняття основи, яке вперше з'явилося у опублікованій формі в 1754 році і дозволило більш точно класифікувати хімічні реакції.

Протягом тривалого часу між алхімією та сучасною хімією залишалися значні збіги. Наприклад, Жан-Батист ван Гельмонт (Jean-Baptist van Helmont, 1577–1644) провів численні експерименти, які сьогодні вважаються науковими, але деякі їхні елементи ще зберігали містичні традиції алхімії.

Ван Гельмонт досліджував срібло, розчиняючи його у нітратній кислоті методом обмінного розкладу, а потім поміщаючи мідь у отриманий розчин, внаслідок чого срібло випадало, хоча він ще не знав про закон збереження маси. Водночас він був першим, хто відокремив гази та пари і усвідомив, що вогонь є не самостійним елементом, а явищем. На жаль, деякі його уявлення, наприклад, міф про те, що «миші народжуються із брудної білизни», ще відображали архаїчне мислення, проте дослідження газів та речовин для росту рослин були значним нововведенням.

Діяльність німецького ятрохіміка Йоганна Йоахіма Бехера (Johann Joachim Becher, 1635–1682) також рухалася на межі алхімії та експериментальної хімії. Бехер відомий як попередник теорії флогістону, яка намагалася пояснити явище «горючої речовини», що виділяється під час горіння. Хоча Бехер не проводив точних вимірювань, і тому збільшення маси металів під час горіння залишалося для нього загадкою, його праці, наприклад «*Physica Subterranea*», вважалися науково цінними мінералогічними роботами. Цікаво, що Бехер також візуалізував певні алхімічні практики, наприклад, досягнення невидимості за допомогою відповідних речовин, що добре ілюструє стійкий вплив алхімічного мислення на хімічну уяву.

Цей перехідний період одночасно представляв містичні та спекулятивні традиції алхімії, а також початки емпіричного та експериментального підходу сучасної хімії. Мейоу, Тахеніус, Жоффруа, Руель поступово перейняли методи емпіризму та логічного спостереження, тоді як попередні алхіміки, як-от ван Гельмонт і Бехер, продовжували рухатися у світі трансмутації речовин та алхімічних спекуляцій. Сутність переходу полягала в тому, що хімія почала ґрунтуватися на спостереженні, експериментуванні та вимірюванні, відмежовуючись від таємничих та духовних алхімічних теорій, водночас зберігаючи їхній практичний, лабораторний досвід.

Цей процес уможливив формування сучасної хімії вже на початку XVIII століття, де хімічні речовини можна було класифікувати та досліджувати однозначним,

відтворюваним чином. Таблиці спорідненості, класифікація кислота–основа–сіль та систематизація реакцій обмінного розкладу сприяли тому, щоб розуміння хімічних реакцій ґрунтувалося на експериментальних доказах, а не на містичних спекуляціях. Таким чином, перехідний період був необхідним для становлення хімії як самостійної науки, у якій методи Бойля, Мейоу та Жоффруа зробили визначальним емпіричний, доказовий підхід.

17.2. Діяльність Георга Ернста Штала (Georg Ernst Stahl, 1660–1734)

Німецький лікар та хімік був визначальною фігурою як в історії хімії, так і фізіології, насамперед завдяки розробці теорії флогістону. За Шталем, флогістон – це особлива речовина, яка міститься в інших речовинах, наприклад, у деревині, і здатна згоряти, або в металах, наприклад, у залізі, окислюватися. Під час цього процесу флогістон виділяється у повітря, що давало пояснення явищам, пов'язаним із полум'ям та окисленням.

Суть теорії полягає в тому, що флогістон є універсальною субстанцією, яка може перетікати з одного тіла в інше під час хімічних перетворень. Шталь застосовував це уявлення для пояснення різних явищ, таких як горіння, бродіння, гниття, металургійні процеси та дихання. Запровадженням поняття флогістону з'явилася можливість інтегрувати багато раніше розрізнених хімічних явищ у єдину теоретичну рамку, що сприяло розвитку хімії на межі XVII–XVIII століть.

Погляди Штала поширювалися і на живі організми. Він вважав, що живі тіла, які складаються з води, олії та землеподібних компонентів, захищені від розкладання та гниття за допомогою природи або душі (*anima*, *principium movens*). Цим поєдналися віталістичний світогляд та теорія флогістону, що підкреслювало зв'язок між життєвими процесами та хімічними перетвореннями.

Шталь залишив значні публікації, написавши близько 240 праць, серед яких виділяються: *Fundamenta chymiae dogmaticae & experimentalis* (Нюрнберг, 1723), *Zymotechnia fundamentalis sive fermentationis theoria generalis* (Галле, 1697), а також *Joh. Joachimi Beccheri ... Physica subterranea profundam subterraneorum genesin ... ostendens ... Specimen Becherianum*. Ці праці мали на меті уніфіковане пояснення хімічних явищ і послужили основою для хіміків першої половини XVIII століття.

Цікавим аспектом, пов'язаним із теорією флогістону, є хибне уявлення про те, що флогістон є речовиною «негативної ваги». Це пояснювалося тим, що маса металу, який іржавіє, насправді збільшується, що суперечило класичному принципу збереження маси.

За Шталем та його послідовниками, це відбувається тому, що флогістон покидає речовину, а її вага при цьому збільшується. Хоча сьогодні ми знаємо, що це неправильна інтерпретація, протягом XVIII століття більшість хіміків прийняла і застосовувала цю теорію, оскільки вона елегантно об'єднувала численні аспекти хімічних процесів.

Таким чином, діяльність Штала є значущою з двох точок зору: по-перше, вона сприяла розвитку хімії, надавши послідовну теоретичну рамку для різних перетворень, а по-друге, теорія флогістону, поєднана з віталістичними елементами, вплинула і на розвиток фізіології та медичної хімії, сприяючи подальшому уточненню хімічного наукового мислення у XIX столітті та формуванню основ сучасної хімії.

17.3. Помилкові уявлення в природничих науках

В історії науки виникла низка ідей та «відкриттів», які сьогодні вважаються помилковими, але для тогочасних дослідників здавалися серйозними явищами, що вимагали пояснення. До кінця XVIII століття вчені, які працювали на межі хімії, фізики та біології, часто змішували реальні експерименти зі спекулятивним мисленням, унаслідок чого виникла низка понять, які є повністю невідомими або хибними для сучасної науки.

Одним із найвідоміших помилкових уявлень була теорія «*vis vitalis*» або «життєвої сили». Згідно з нею, нежива матерія могла стати живою лише під дією невидимої, внутрішньої сили, і ця життєва сила відрізнялася від усіх фізичних чи хімічних законів. Це поняття також вплинуло на ранню класифікацію органічної та неорганічної хімії: органічні речовини приписували силам життя, тоді як неорганічні речовини визначалися фізико-хімічними законами. Хоча сучасна хімія та біологія повністю відкинули теорію «*vis vitalis*», деякі експерименти, наприклад, скорочення м'язів, викликані електричним струмом, тимчасово здавалися сучасним дослідникам підтвердженням. Культурно-історичні аспекти цієї теми відображені й у романі Мері Шеллі «Франкенштейн», де можливість створення штучного життя займала уми тогочасних мислителів.

Так само поняття «ефіру» збило з пантелику фізичне мислення. Ньютон та інші вчені припускали, що Всесвіт заповнений невидимою, всепроникною речовиною, ефіром. Ця речовина, як вважали, забезпечує поширення світла, а також передачу гравітації та рухів. Хоча теорія ефіру була спростована наприкінці XIX та на початку XX століття теорією відносності та квантовою фізикою, в часи Ньютона це поняття вважалося однією з фундаментальних концепцій природничих наук.

Поняття «калорій» також призвело до непорозумінь у XVIII столітті. Тоді калорію все ще розглядали як невагому речовину, яка спричиняє нагрівання та розширення тіл. Наприклад, Лавуазьє, досліджуючи процес горіння, вважав, що калорій є «основною речовиною» тепла, тобто елементарною частинкою. Лише протягом XIX століття, з формуванням законів термодинаміки та теорій теплової енергії, стало зрозуміло, що калорія – це не речовина, а одиниця енергії, а зміна температури викликана рухом молекул.

Теорія флогістону (*flogishton-elmélet*) також була визначальною для пояснення горіння та окислення до кінця XVIII століття. Поняття флогістону використовувалося як синонім «згорілої речовини», і уявлялося як невидима речовина, яка виділяється під час горіння, «спалюючи» метал і вуглецеві сполуки. Хоча сучасна хімія пояснює механізм горіння за допомогою кисню та атомної теорії, теорія флогістону правильно інтерпретувала численні експериментальні результати, хоча основне пояснення було хибним.

Поряд із такими помилками, значний вплив на розвиток науки мали й випадкові відкриття. Наприклад, Йоганн Фрідріх Бьоттгер (Johann Friedrich Böttger, 1682–1719), проводячи алхімічні експерименти при дворі Августа Сильного, виявив таємницю китайської порцеляни при нагріванні порошку для волосся (каоліну) і у 1709 році заснував виробництво майсенської порцеляни, яка з того часу є відомою в європейській промисловості. Німецький алхімік Хенніг Бранд (Hennig Brand, 1669) також намагався витягти золото з людської сечі, але під час експерименту випадково відкрив білий



Мал. 37. Йоганн Фрідріх Бьоттгер

фосфор. Фосфор довгий час був дорожчим за золото, і лише Карл Вільгельм Шеєле (Karl Wilhelm Scheele, 1750-ті роки, Швеція) розробив хімічний метод його отримання, який став основою для сучасних хімічних та сірникових технологій. Ця історія добре ілюструє, що наукові прориви часто народжуються в результаті несподіваних, випадкових експериментів, і речовини, які раніше вважалися містичними, часто складають основи сучасних технологій.

Загалом можна сказати, що до кінця XVIII століття світогляд вчених був змішаною системою: містичні та спекулятивні уявлення – такі як *vis vitalis*, ефір, флогістон – співіснували з емпіричними відкриттями, заснованими на експериментах, як-

от таємниця порцеляни чи виробництво фосфору. Цей період заклав основи наукової методології XIX століття, в якій узгодження вимірюваних, відтворюваних експериментів та теоретичних моделей стало стандартом сучасної науки.

18. ТЕОРІЯ САМОЗАРОДЖЕННЯ

Теорія самозародження протягом багатьох століть була визначальною у біологічному мисленні та генерувала серйозні суперечки аж до формування наукової методології. Суть явища полягала у тому, що виникнення життя виводили з неживої матерії, тобто певні тварини, комахи або черв'яки виникали не від своїх предків, а з псування або розкладання речовин, наприклад, м'яса чи їжі. Цей погляд був особливо поширений щодо менших тварин, оскільки розмноження людей і більших тварин було очевидним: малята походили з тіла матері або з яйця, що можна було легко спостерігати. Однак у випадку менших організмів процеси були настільки крихітними, що здавалися невидимими для тогочасного світогляду, тому самозародження вважалося логічним поясненням.

Теорія самозародження була тісно пов'язана з тогочасними повсякденними спостереженнями: поява личинок, черв'яків або інших дрібних організмів при псуванні м'яса вважалася доказом життя, що походить із зіпсованої матерії. Ці спостереження, а також певні частини Біблії, здавалися сучасним мислителям підтвердженням, які часто поєднували релігійні та природничо-наукові аргументи. Цей погляд досліджував і один із найвидатніших критиків наукового мислення, Вільям Гарвей (William Harvey), на початку XVII століття. Гарвей, який відкрив механізм кровообігу, також досліджував розмноження дрібних організмів і встановив, що вони виникають не з неживої матерії, а з яєць або репродуктивних зародків, які око не здатне безпосередньо сприймати. Цим він докорінно виступив проти теорії самозародження та передбачив пізніший розвиток клітинної біології, яка ґрунтувалася на розумінні репродукції мікроскопічних форм життя.

Наукова громадськість приймала теорію самозародження аж до XVII століття, і вона з'являлася у працях численних вчених та письменників, наприклад, у натурфілософії чи ранніх біологічних монографіях. Однак винайдення мікроскопа та систематичне експериментування поступово уможливили детальне дослідження виникнення життя. За допомогою мікроскопа стало видимим, що дрібні організми, чи то найпростіші, личинки комах, чи мікроскопічні черв'яки, розвиваються з клітин, яєць або спор, що походять від батьківських організмів, і не виникають спонтанно з розкладеної матерії.

Відмова від теорії самозародження була важливою віхою у формуванні сучасної біології. Вона заклала основи пізніших досліджень біології розвитку, клітинної біології

та мікробіології, а також висвітлила, що виникнення життя в природі ґрунтується на регульованих, репродуктивних процесах. Розуміння цього явища також допомогло вченим правильно інтерпретувати виникнення та поширення інфекційних захворювань, сприяючи таким чином розвитку медицини. Отже, самозародження є історично важливим прикладом того, як нібито прості спостереження призводили до неправильно інтерпретованих наукових теорій, і як розвивалася сучасна, емпірична наукова методологія.

18.1. Франческо Реді (Francesco Redi, 1626–1697)

Експерименти Франческо Реді стали фундаментальним поворотом в історії теорії самозародження, особливо у дослідженні виникнення більших, добре видимих організмів, наприклад мух та личинок. Реді, як італійський лікар, шукав відповідь на проблему, яка століттями розділяла натурфілософів. Чи виникають комахи та черв'яки спонтанно з неживої матерії, чи завжди походять від попередньо існуючих батьків?

У своїх експериментах Реді помістив різні види м'яса у вісім скляних посудин, чотири з яких були повністю запечатані, а інші чотири залишені відкритими для повітря. Спостереження однозначно показали, що личинки з'явилися лише у відкритих посудинах, де мухи могли отримати доступ до м'яса та відкласти свої яйця. У запечатаних склянках м'ясо зіпсувалося і смерділо, але личинки не виникали. Цим Реді однозначно довів, що більші організми не походять спонтанно з неживої матерії, а завжди розвиваються від існуючих батьків.

Реді вдосконалив свої експерименти: замість свинцевої пробки він запечатав склянки марлевою сіткою, що дозволяло повітрю циркулювати, але тримало мух подалі. Кінцевий результат був той самий: личинки не з'явилися, що виключило можливість того, що життя виникає «саме по собі» з повітря, водночас довівши, що вирішальними факторами є репродуктивні агенти, присутні у повітрі – у цьому випадку, яйця мух. Експеримент Реді фундаментально поставив під сумнів чинність самозародження щодо видимих організмів.

Водночас теорія самозародження не зникла повністю з наукового дискурсу, оскільки винайдення мікроскопа та спостереження за мікроорганізмами поставили нові питання. Антоні ван Левенгук наприкінці XVII століття за допомогою свого мікроскопа відкрив крихітні найпростіші у зразках каналізаційної води, які були на порядки менші за мух чи їхні яйця. Ці організми були занадто малі, щоб можна було однозначно довести їхнє походження на основі спостереження неозброєним оком. Поява найпростіших у

поживних екстрактах натякала на те, що крихітні, прості форми життя, невидимі неозброєним оком, здавалося б, можуть виникати спонтанно з неживої матерії. Цим відкриття частково підтвердило попередню інтерпретацію самозародження на рівні мікроскопічних організмів, водночас результати Реді продовжували підтверджувати, що у випадку більших організмів життя завжди походить від іншого живого організму.

Отже, робота Реді була однією з віх народження сучасної біології. Вона довела, що експериментування та контрольоване спостереження є основними інструментами здобуття біологічних знань, і передбачила розвиток мікробіології та цитології. Теорія самозародження та її поступове відкидання добре ілюструють роль емпіричних доказів в історії науки, а також те, як нібито прості спостереження можуть призвести до неправильно інтерпретованих, але прийнятих у ту епоху теорій.

18.2. Джон Турбервіл Нідгем (John Turberville Needham, 1713–1781)

Джон Турбервіл Нідгем – англійський природознавець та католицький священник, який у своїх експериментах намагався довести «самозародження» мікроорганізмів. Нідгем нагрівав баранячий бульйон до точки кипіння, а потім зберігав, як він вважав, стерильний відвар у закупореній пробірці. Через кілька днів бульйон заповнився дрібними мікроорганізмами. Оскільки Нідгем припускав, що початкове кип'ятіння стерилізувало відвар, він дійшов висновку, що мікроорганізми виникли спонтанно з мертвої матерії. Цим експериментом прихильники самозародження вважали, що довели свою теорію, і опублікували одне з ранніх, хоча й хибних, тверджень у зародженні мікробіології.



Мал. 38. Джон Турбервіл Нідгем

18.3. Ладзаро Спалланцані (Lazzaro Spallanzani, 1729–1799)

Експерименти Нідгема були розкритиковані Ладзаро Спалланцані, який стверджував, що кип'ятіння бульйону було недостатньо тривалим, отже, відвар не був належним чином стерилізований, а поява мікроорганізмів була спричинена спорами, які потрапили з повітря. У 1768 році Спалланцані повторив експеримент: він приготував поживне середовище, яке кип'ятив протягом трьох чвертей години, а потім помістив у ретельно запаяну колбу. У цьому випадку мікроорганізми не з'явилися, що свідчило про

те, що за відсутності частинок, що надходять з повітря, життя не виникає спонтанно у поживному середовищі.

Експеримент Спалланцані був вирішальним кроком у спростуванні теорії самозародження, проте тогочасні вчені знайшли пояснення явища: вони стверджували, що у повітрі існує невидимий, невідомий «принцип життя», який уможлиблює виникнення життя з неживої матерії. Тривале кип'ятіння Спалланцані нібито зруйнувало цей гіпотетичний принцип життя, довівши, що для виникнення життя насправді потрібні вже існуючі організми, і воно не виникає спонтанно з неживої матерії.

Питання щодо мікроорганізмів залишалося дискусійним майже століття, аж до експериментів Луї Пастера у XIX столітті, які остаточно розвіяли міф про самозародження. Пастер продемонстрував, що мікроорганізми походять виключно від інших живих організмів, і довів роль спор, присутніх у повітрі, таким чином народився основний принцип сучасної мікробіології: життя може походити лише з існуючого життя («*Omne vivum ex vivo*»).

Отже, експерименти Спалланцані та Нідгема були важливими не лише для дослідження теорії самозародження, але й заклали основи стерильних технік, лабораторної методології та контрольованого експериментування, які згодом значно сприяли розвитку мікробіологічних та фізіологічних досліджень.

19. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ВИДІВ

Систематизація видів була однією з фундаментальних проблем в історії біології, яка займала вчених ще в античні часи. Аристотель був першим, хто зробив спробу систематизувати організми, хоча його метод був досить простим: він розділив тварин на дві великі групи, червонокровних і нечервонокровних, тобто використовував видимі особливості кровоносної системи для категоризації. Цей підхід, хоча й обмежений, може вважатися відправною точкою пізніших спроб систематизації, оскільки він ґрунтувався на спостереженні схожостей і відмінностей, які існують у природі.

19.1. Джон Рей (John Ray, 1628–1705)

У XVII столітті Джон Рей, англійський природознавець, зробив значний крок уперед у систематизації тварин. Рей розробив свою систему у тритомній енциклопедії, в якій описав загалом 18 600 видів, створивши значно детальнішу та всеосяжнішу працю, ніж попередні спроби систематизації. Хоча його книга про тварин не досягла такого масштабу, він уже в ній групував тварин за логічною, добре структурованою системою. При класифікації тварин він визначав категорії насамперед на основі пальців на ногах та зубного ряду, що дозволило точніше розпізнавати види та родинні зв'язки.

Рей розділив ссавців на дві основні групи: одна група включала тварин з пальцями, а інша – копитних. У межах копитних він виділив подальші підгрупи: однокопитні тварини, наприклад коні, двокопитні тварини, наприклад велика рогата худоба та кози, а також трикопитні тварини, наприклад носороги. Двокопитних ссавців він класифікував ще детальніше: виділив жуйних з постійними рогами (наприклад, кози та вівці), жуйних з рогами, що щорічно скидаються (наприклад, козулі), а також нежуйних тварин (наприклад, свині).

Спроби систематизації Рея, хоча й не стали загальноприйнятими, були важливими тим, що передбачили пізніші методи наукової класифікації. Деталізацією груп, формуванням підгруп, а також врахуванням зовнішніх анатомічних ознак тварин він наблизився до розпізнавання природних родинних зв'язків організмів. Його робота підготувала ґрунт для пізніших гігантів систематики, таких як Карл фон Лінней (Carl von Linné, 1707–1778), який розробив єдину біноміальну номенклатуру, що є основою сучасної біологічної класифікації.

Систематизація Рея виявилася особливо корисною у практичній біології, оскільки дозволяла точно ідентифікувати, порівнювати види та розрізняти види, важливі

з медичної, сільськогосподарської чи економічної точок зору. Його система, хоча й не ідеальна, але методологія категоризації, заснована на спостереженні та логіці, фундаментально сприяла формуванню сучасної таксономії.

19.2. Карл фон Лінней (Karl von Linné, Carolus Linnaeus, 1707–1778)

Карл фон Лінней – одна з найвидатніших постатей у біологічній систематизації, який розвинув діяльність Джона Рея, тоді як до середини XVIII століття людській науці вже було відомо щонайменше 70 тисяч видів організмів. Лінней ще під час університетського навчання спостерігав за репродуктивними органами рослин і шукав відмінності між окремими видами, оскільки усвідомив, що точна ідентифікація та систематизація видів може ґрунтуватися лише на цих, добре помітних особливостях. Його метою було створення такої логічної, прозорої системи класифікації, яка була б застосовна до всіх відомих організмів, чи то рослини, тварини, чи мінерали.



Мал. 39. Карл фон Лінней

У 1735 році вийшла знаменита праця Ліннея *Systema Naturae* («Система природи»), яка фундаментально визначила систему сучасної таксономії. У цій праці він розташував види в чітко відокремлену ієрархічну структуру. На найвищому рівні він виділив три царства: царства мінералів, рослин і тварин, які можуть бути поділені на класи (*classis*). У межах класів формувалися ряди (*ordo*), за якими йшли родини (*familia*), включені в ряди. У межах родин Лінней позначив роди (*genus*), і, нарешті, у межах родів розташовувалися види (*species*), які представляли найменші, чітко відокремлені систематичні одиниці. У межах видів була можливість розрізняти підвиди (*subspecies*), раси або варіанти (*varietas*), проте вони були перехідними, непостійними формами, тоді як кількість видів, за Ліннеєм, була постійною і представляла «типи», створені Творцем.

Таксономія Ліннея ввела важливі нововведення і в практичну біологію. На основі своїх спостережень він визначав відмінності між видами за характеристиками репродуктивних органів, морфологічними ознаками та природними структурами, таким чином наукове поняття виду стало більш чітким. За Ліннеєм, у природі немає неперервності; організми існують у чітко відокремлених типах, на основі яких стало можливим точне ідентифікування та систематизація організмів. Цей світогляд значно

сприяв розвитку наукових методів біології та заклав основи для подальшого розвитку сучасної екології, генетики та еволюційної біології.

Практичне значення *Systema Naturae* також полягало в тому, що Лінней застосував біноміальну систему найменувань, тобто дав кожному виду дві латинські назви: позначення роду (genus) та виду (species). Цей єдиний метод найменування революціонізував біологічну комунікацію, дозволяючи вченим у всьому світі говорити про організми однією мовою. Система Ліннея також була придатною для стандартизованої обробки наукових публікацій, гербаріїв та колекцій тварин.

Діяльність Ліннея є віхою в систематизації організмів. Його система уможливила порівняння видів, дослідження родинних зв'язків та заклала основи сучасних таксономічних досліджень, які сьогодні, доповнюючись результатами молекулярної біології, генетики та геноміки, відкривають нові виміри в розумінні біологічного різноманіття. Заслуга Ліннея полягає в тому, що він розкрив існуючий у природі порядок науковими методами та побудував ієрархічну систему, яка залишалася однією з основ біології протягом століть.

19.3. Жорж-Луї Леклерк де Бюффон (Georges-Louis Leclerc Buffon, 1707–1788)

Жорж-Луї Леклерк де Бюффон був видатним французьким природознавцем XVIII століття, який справив незмінний вплив на розвиток біології та натурфілософії. Монументальна праця Бюффона у 44 томах, *Histoire naturelle générale et particulière* («Загальна та окрема природнича історія»), користувалася надзвичайною популярністю у свій час; у багатьох відношеннях її можна порівняти з природничими енциклопедіями Плінія, проте висновки Бюффона були значно точнішими та критичнішими, натякаючи на сучасний світогляд. У своїй праці він прагнув не лише описати тварин і рослини, але й проаналізувати їхню будову, спосіб життя та взаємозв'язок.



Мал. 40. Жорж-Луї Леклерк де Бюффон

Бюффон зробив цікаві спостереження щодо анатомічної будови тварин. Він звернув увагу на те, що деякі тварини мають частини тіла, які здаються функціонально непотрібними. Наприклад, свині мають два редукованих копита над двома розвиненими. Бюффон розглядав це явище не просто як аномалію, а як початкову форму еволюційного

мислення: він припустив, що ці частини тіла з часом зменшилися, і таким чином певні частини організму стали зайвими.

Бюффон також сформулював інші радикальні ідеї щодо походження видів. Він висловив можливість того, що деякі тварини можуть бути дегенерованими формами інших видів: чи не може мавпа бути дегенерованою людиною, або осел – дегенерованим варіантом коня? Ці питання передбачали, що стабільність і досконалість видів не обов'язково є абсолютною, а може змінюватися під впливом факторів навколишнього середовища, способу життя та часу. Цим Бюффон, хоча ще й не розробив повної еволюційної теорії, передбачив хід думок пізніших еволюційних теорій, які були систематизовані Чарльзом Дарвіном та іншими вченими у XIX столітті.

Крім того, Бюффон наголошував на важливості спостереження та експерименту і критично ставився до суто теоретичної, спекулятивної природничої науки. У своїх працях він детально описував морфологію, поведінку тварин та їхню адаптацію до навколишнього середовища, цим самим закладаючи основу для сучасного екологічного мислення. Його діяльність значною мірою сприяла тому, що до XIX століття натурфілософія почала підходити до вивчення організмів зі строго науковими методами.

19.4. Еразм Дарвін (Erasmus Darwin, 1731–1802)

Еразм Дарвін, англійський лікар і природознавець, відіграв значну роль у формуванні ранніх форм систематизації видів та еволюційного мислення. Його наукова діяльність була надзвичайно різнобічною: він написав великі ботанічні та зоологічні праці, і, що цікаво, свої твердження часто формулював у віршованій формі, що не лише підвищувало читабельність, але й сприяло поширенню наукових ідей. Серед цих праць – «Ботанічний сад» (1794–1795), «Храм природи, або Походження суспільства» (1803), а також «Зономія, або Закономірності органічного життя» (1794–1796), яка відіграла особливо важливу роль у поширенні ранніх форм еволюційних ідей.



Мал. 41. Еразм Дарвін

Еразм Дарвін у своїх працях, що узагальнювали систематизацію Ліннея, детально займався будовою, розмноженням рослин і тварин, а також анатомічними та фізіологічними особливостями тваринного та людського організму. Він підкреслював схожість у будові та розвитку ембріонів, які спостерігалися також у працях Бюффона. За

Дарвіном, ці схожості не є випадковими, а можуть бути ранніми доказами зв'язків між видами. Цим він передбачив ті взаємозв'язки, які пізніше, у XIX столітті, були повністю розкриті у теоріях його онука, Чарльза Дарвіна.

У праці *Zoophytia* Еразм Дарвін наголошував, що види доцільно змінюють самі себе, адаптуючись до навколишнього середовища. Ця ідея є однозначно ранньою, спекулятивною формою еволюції: види не є постійними, вічними категоріями, а можуть змінюватися і розвиватися внаслідок впливу зовнішнього середовища та факторів способу життя. Його праці свідчать про те, що використання кінцівок та будови тіла тварин має формуючу силу, сприяючи поступовій трансформації видів. Хоча ці твердження були цінними, їхня методологія та доказова база виявилися занадто спекулятивними та простими для вчених XIX століття, тому його онук, Чарльз Дарвін, та його сучасники не вважали їх науково обґрунтованими.

Діяльність Еразма Дарвіна відіграла важливу роль мосту в історії систематизації видів та еволюційного мислення: вона поєднала таксономічні системи Ліннея та анатомічні спостереження Бюффона з пізнішими, експериментально підтвердженими еволюційними теоріями. У той час як систематизація Ліннея представляла переважно статичний, типологічний погляд, Бюффон та Еразм Дарвін вже наголошували на ідеях зміни, адаптації та розвитку, закладаючи основи для пізнішого наукового дослідження розвитку організмів та їхніх взаємозв'язків.

Спадщина Еразма Дарвіна є подвійною. По-перше, це сприяння анатомічній та морфологічній систематизації видів, по-друге, висунення теоретичних можливостей змін та адаптації. Хоча він не мав суворих експериментальних методів пізнішої еволюційної біології, його ідеї відкрили шлях до наукового дослідження поступового розвитку організмів.

19.5. 1.2. Жан-Батист Антуан де Ламарк (Jean-Baptiste Antoine de Lamarck, 1744–1829)

Жан-Батист Антуан де Ламарк – видатний французький лікар і природознавець, який значною мірою сприяв формуванню ранніх форм систематизації видів та еволюційного мислення. Свою наукову кар'єру він розпочав з експедицій зі збору рослин і написав кілька великих систематичних праць у галузі ботаніки, які підготували його пізніші зоологічні дослідження. Пізніше він зосередив усю свою енергію на зоології;



Мал. 42. Жан-Батист Антуан де Ламарк

до його видатних праць належать *Système des animaux sans vertèbres* («Система безхребетних тварин», 1809), а також *Histoire des animaux vertèbres* («Історія хребетних тварин», 1815–1822, у 7 томах). Ці праці заклали основи розмежування хребетних і безхребетних тварин, систематичного розділення голкошкірих і поліпів, та природного розмежування класів тварин. Ці систематичні роботи Ламарка дозволили об'єднати тваринний світ у логічну, єдину рамку та сприяли науковій інтерпретації класів тварин.

Значне теоретичне нововведення Ламарка було сформульовано у його праці *Philosophie zoologique* («Зоологічна філософія», 1809). У ній він порвав з раніше прийнятим, догматичним поняттям виду, згідно з яким види є постійними, незмінними одиницями, і запровадив ідею поступового розвитку видів. Його можна вважати раннім представником вчення про походження, «французьким Дарвіном», оскільки він трактував виникнення та розвиток тваринного світу як повільний, поступовий процес, керований внутрішніми механізмами. За Ламарком, еволюція є результатом не лише внутрішньої схильності видів, але й наслідком взаємодії середовища та організму: організми у відповідь на вплив навколишнього середовища розвивають певні структурні та функціональні зміни, які вони успадковують своїм нащадкам. Однією з його найвідоміших теорій було успадкування набутих ознак, згідно з якою організми передають нащадкам характеристики, сформовані через використання чи невикористання. Наприклад, тварина, чия певна частина тіла постійно розвивається через потреби навколишнього середовища, передає цей розвиток і нащадкам. Хоча погляди Ламарка спочатку підтримувалися багатьма, пізніші експериментальні та генетичні дослідження не підтвердили механізм успадкування, що лежав в основі теорії, і наука зрештою відкинула цю модель. Однак наукова спадщина Ламарка виходить далеко за межі питання успадкування: він був першим, хто відкинув догму про постійність видів і наголосив на динамічному, розвиваючому характері природи. Цим він заклав основи еволюційного мислення, яке пізніше розвинули Чарльз Дарвін та інші вчені XIX століття. Його праці також поставили систематичні дослідження на нову основу, оскільки зробили різноманітність та поступовий розвиток, які можна спостерігати в природі, предметом наукової класифікації та спостереження. Значення Ламарка також подвійне, оскільки його систематична діяльність уможливила природне розмежування та класифікацію хребетних і безхребетних тварин, а його еволюційні уявлення, теорія про поступовий розвиток тварин, зробили його попередником сучасного біологічного мислення. Хоча його теорія успадкування набутих ознак не стала загальноприйнятою, наголос Ламарка на мінливості та адаптивності живого світу заклав основи для подальшого розвитку еволюційної біології.

20. ЕВОЛЮЦІЙНА ТЕОРІЯ ТА ЇЇ ПЕРЕДУМОВИ

20.1. Діяльність Джеймса Геттона (James Hutton, 1726–1797)

Джеймс Геттон – видатна постать у формуванні сучасної геології, шотландський лікар і геолог, чия діяльність тісно пов'язана із систематизацією видів та ранніми передумовами еволюційного мислення. Геттон усвідомив, що процеси, які формують поверхню Землі, наприклад, ерозія, утворення уламків та гороутворення, є тими самими, що діяли й у минулому. На основі цього усвідомлення він створив принцип уніформітаризму, який стверджує, що геологічні процеси є постійними, тобто ідентичні впливи завжди призводять до ідентичних результатів. За Геттоном, гори постійно руйнуються, з їхніх уламків утворюються нові породи, які з часом формують нові гори. З цього він зробив висновок, що в минулому Землі діяли ті самі сили, що й сьогодні, і що геологічні процеси є надзвичайно повільними, відбуваючись протягом мільйонів років.

Ідеї Геттона були революційними, оскільки суперечили тогочасним поглядам, заснованим на біблійному літочисленні, згідно з яким вік Землі становить лише близько 6000 років. Принцип уніформітаризму дозволив вченим, на основі вивчення геологічних явищ та скам'янілостей, оцінити вік Землі як значно довший, і це опосередковано підготувало ґрунт для народження еволюційних теорій. Завдяки діяльності Геттона геологи почали оцінювати, які повільні, поступові процеси формують поверхню Землі, і це призвело до формування нового типу відчуття часу: геологічні та біологічні зміни можуть відбуватися протягом мільйонів років.

З точки зору систематизації видів та еволюційних ідей, відкриття Геттона також були важливими, оскільки виявлялося дедалі більше скам'янілостей, які вказували на попередні варіанти організмів. Скам'янілості – це залишки вимерлих тварин, і їхнє розкриття викликало інтерес наукової спільноти до історичної мінливості видів. Геттон та його послідовники зіткнулися з тим, що людська пам'ять чи історичні записи не дають пояснення, як види могли трансформуватися один з одного. Хоча багато хто ще вважав теорію потопу поясненням, за Геттоном, на основі геологічних та викопних доказів, зміни відбувалися набагато повільніше, поступово, протягом тривалого часу, що стало серйозним викликом для біблійної хронології.

Таким чином, ідеї Геттона підготували народження еволюційних теорій з двох точок зору: по-перше, через уніформітаризм вони надали докази того, що зміни Землі та живого світу можна інтерпретувати у довгостроковому часовому масштабі, по-друге, шляхом наукового аналізу скам'янілостей вони усвідомили, що в історії організмів

відбуваються поступові, довгострокові зміни. Ці відкриття дали простір таким мислителям, як Жорж Кюв'є, Жан-Батист Ламарк або пізніше Чарльз Дарвін, які почали розкривати механізми розвитку життя та видів. Отже, Геттон був не лише геологом, але й творцем нової перспективи природничо-наукового мислення, яка стала необхідною основою для систематизації видів та розуміння еволюції.

20.2. Діяльність Вільяма Сміта (William Smith, 1769–1839)

Вільям Сміт – англійський землевпорядник та геолог, відіграв ключову роль у формуванні сучасної геології, особливо у сфері стратиграфії (вивчення шарів) та систематизації скам'янілостей. Діяльність Сміта тісно пов'язана з розумінням історичної мінливості та систематизації видів, оскільки він усвідомив взаємозв'язок між геологічними шарами та скам'янілостями, що в них містяться, що дозволило відстежувати минуле поширення та часову мінливість організмів.



Мал. 43. Вільям Сміт

Сміт брав участь у будівництві мережі каналів в Англії, і ця робота створила йому можливість детально спостерігати підземні шари порід. Він зауважив, що шари різного матеріалу та кольору паралельно слідуєть один за одним, і кожен шар містить характерні скам'янілості, незалежно від того, чи є шар подрібненим, нагромадженим або зігнутим. Це фундаментальне усвідомлення привело його до концепції керівних скам'янілостей, за допомогою яких геологи можуть визначати відносний вік шарів. За Смітом, геологічні шари стають дедалі старішими при русі вниз, тому шари, ближчі до поверхні, є молодшими, тоді як ті, що лежать глибше, є свідками більш давніх геологічних подій.

Це усвідомлення мало революційне значення, оскільки дозволило картувати історію розвитку організмів на основі геологічних шарів. Шари Сміта були не просто породами, а хронологічними відбитками минулого живого світу, що поєднували геологію та біологію. Розроблена ним методологія, яка ґрунтувалася на послідовності шарів та скам'янілостях, що в них містяться, пізніше стала основою науки палеонтології та історичної систематизації видів.

Робота Вільяма Сміта також сприяла формуванню геологічної часової шкали, оскільки дозволила класифікувати шари за відносним віком. Цей підхід підтвердив принцип того, що в минулому Землі геологічні та біологічні процеси відбувалися

поступово, протягом тривалого часу, відповідно до уніформітаризму Джеймса Геттона. Таким чином, відкриття Сміта значно сприяли не лише геологічній науці, але й систематизації видів та раннім дослідженням еволюції, оскільки поєднання скам'янілостей та шарів уможливило хронологічну реконструкцію минулих змін організмів.

Загалом, Вільям Сміт був одним із перших вчених, який систематично використовував геологічні шари та скам'янілості, що в них містяться, для розуміння минулого організмів, і його робота стала наріжним каменем сучасної геології та палеонтології. Розроблені ним методи залишаються визначальними у геологічних та еволюційних дослідженнях і дозволили нам інтерпретувати історію Землі та розвиток видів у часових взаємозв'язках.

20.3. Жорж Леопольд Кюв'є (Georges Leopold Cuvier, 1769–1832)

Жорж Леопольд Кюв'є – один із засновників сучасної біології та палеонтології, якого вважають засновником порівняльної анатомії. Діяльність Кюв'є революціонізувала систематизацію видів, оскільки він був здатний робити висновки про будову та функціонування цілого організму з окремих частин тіла. Наприклад, досліджуючи певні кістки, він міг передбачити форму інших кісток, розташування м'язів та характер руху тіла. Цей метод дозволив йому реконструювати повне тіло тварин на основі скам'янілостей, навіть якщо були доступні лише часткові залишки.



Мал. 44. Жорж Леопольд Кюв'є

Кюв'є розвинув класифікацію Ліннея. У системі Ліннея організми групувалися переважно за зовнішніми ознаками, такими як репродуктивні органи та морфологічні особливості. Натомість Кюв'є створив систему на основі будови та функціонування, що висунуло на перший план біологічну функціональність та анатомічні взаємозв'язки. Він розділив тварин на наступні великі групи, так звані типи (phyla):

- Хребетні (Vertebrata) – сюди належать хребетні тварини, які були раніше виділені і Ламарком;
- Членисті (Articulata) – сегментовані тварини з твердим зовнішнім скелетом, наприклад, комахи, раки;

- Молюски (Mollusca) – мають тверду оболонку, але не сегментовані, наприклад, молюски, равлики;
- Променеві (Radiata) – тварини з радіальною симетрією, наприклад, кишковопорожнинні.

Ця систематизація послужила основою для пізніших філогенетичних досліджень, оскільки поділ на типи відбувався на основі органів і функцій, а не лише за зовнішніми морфологічними ознаками.

Кюв'є був також піонером у палеонтології. Застосовуючи методи порівняльної анатомії, він досліджував скам'янілості, знайдені у різних геологічних шарах, і на їхній основі встановив ряди розвитку. Як релігійна людина, він не прийняв ідеї еволюції; він вважав, що форми організмів не змінюються поступово. Натомість він розробив теорію катастроф: історія Землі формувалася періодичними руйнівними катастрофами, під час яких більшість організмів гинула, а потім у наступному акті творіння з'являлися нові форми життя. Спочатку він виділив існування чотирьох великих катастроф, але з розширенням геологічних та палеонтологічних знань їхня кількість була розширена до 27.

Робота Кюв'є заклала основи не лише систематизації тварин, але й хронологічного дослідження геологічних шарів та скам'янілостей. Хоча теорія катастроф та нових форм життя пізніше відійшла на другий план перед еволюційним мисленням, його метод порівняльної анатомії та систематизація, заснована на функціональності, мали значний вплив на подальший розвиток біології та палеонтології. Завдяки Кюв'є стало можливим надійно реконструювати минулий живий світ на основі скам'янілостей, а при систематизації покладатися не лише на зовнішні ознаки, але й на анатомічні та функціональні взаємозв'язки.

20.4. Діяльність Чарльза Лайелла (Charles Lyell, 1797–1875)

Чарльз Лайелл, шотландський геолог, фундаментально змінив розуміння історії Землі та геологічних процесів. Його найвідоміша праця, *Principles of Geology* («Основи геології», 1830–1833), була епохальною, оскільки в ній Лайелл запровадив принцип уніформітаризму: геологічні процеси, що формують поверхню Землі, діють сьогодні так само, як і в минулому. Цей принцип радикально відрізнявся від попередніх поглядів, заснованих на катастрофах (наприклад, теорія



Мал. 45. Чарльз Лайелл

катастроф Кюв'є), і дозволив мислити про довготривалий часовий масштаб під час дослідження геологічних шарів та скам'янілостей.

Лайелл чітко показав, що Земля надзвичайно стара, їй сотні мільйонів років, на противагу тогочасним релігійним поглядам, які обмежували вік Землі лише кількома тисячами років. Хоча сьогоденні оцінки віку Землі становлять 4,5–5 мільярдів років, Лайелл займався лише формуванням твердої кори та її процесами, тому його помилка була відносно невеликою. Усвідомлення довгого часового масштабу було важливим, оскільки це дало можливість науково досліджувати історію розвитку скам'янілостей та довгострокові зміни видів.

Діяльність Лайелла мала великий вплив і на палеонтологію та біологію. У своїй праці *Geological evidences of the antiquity of man* (1873) він проаналізував вік *Homo sapiens* і зробив висновок, що історія людини набагато довша, ніж вважалося раніше. Лайелл вказав, що не всі організми гинули одночасно під час окремих катастроф: і сьогодні існують види, які існують майже в незмінному вигляді мільйони років. Цим він спростував попередні уявлення про те, що геологічні події радикально і повністю трансформували живий світ.

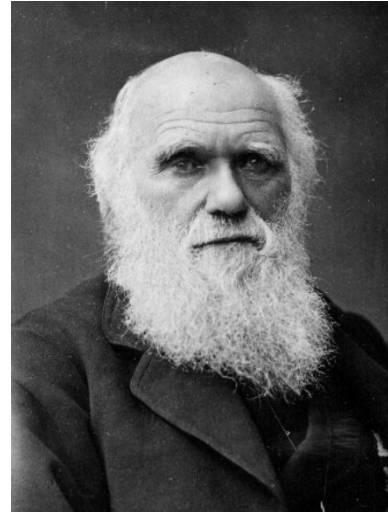
Геологічні методи та стратиграфічні спостереження Лайелла підтвердили не лише минуле Землі, але й можливість біологічної еволюції. Скам'янілості, знайдені у шарах, дозволили реконструювати живий світ різних епох, і розподіл скам'янілостей вже не був наслідком випадковості чи катастрофи, а результатом поступових, постійних геологічних та екологічних процесів.

На честь Лайелла було названо один із шарів у стратиграфічному описі скельних шарів, спостережених на стіні кратера Вікторія на Марсі, що свідчить про міжнародне визнання його наукового внеску. Його діяльність також мала значний вплив на Чарльза Дарвіна, який у розробці теорії еволюції використовував світогляд Лайелла, заснований на довгому часовому масштабі, таким чином, розвиток геології та біології тісно поєднався.

20.5. Походження видів – народження теорії еволюції

Чарльз Роберт Дарвін (Charles Robert Darwin, 1809–1892), англійський природознавець XIX століття, був творцем сучасної теорії еволюції та розробником теорії природного добору. Найзначніший досвід у своїй науковій кар'єрі він здобув під час навколосвітньої експедиції на британському військовому кораблі «Бігль» (*Beagle*), що тривала з 1831 по 1836 рік. Перед довгою подорожжю Дарвін ґрунтовно вивчив

геологічні праці Чарльза Лайелла, а також звіти про Америку, які фундаментально сформували його геологічне та біологічне мислення. Спостереження, зроблені ним на Галапагоських островах під час експедиції «Бігль», мали вирішальний вплив на формування його теорії. Тут він зустрів різні види в'юрків, серед яких помітив разючі відмінності у формі та розмірі дзьоба. Дарвін дійшов висновку, що ці в'юрки могли походити від спільного предкового виду і спеціалізувалися у своїх харчових звичках під впливом різних умов середовища існування, таким чином поступово перетворившись на окремі види.



Мал. 46. Чарльз Роберт Дарвін

Дарвін усвідомив, що навколишнє середовище та умови існування фундаментально впливають на шанси організмів на виживання. У результаті обмеженості ресурсів середовища, перенаселення популяцій та конкуренції між особинами завжди найбільш пристосовані, найбільш адаптовані особини виживають і передають свої гени далі.

Цей процес Дарвін назвав природним добром. Суть теорії полягає в тому, що варіації між особинами дозволяють популяції поступово адаптуватися до умов навколишнього середовища і з часом призводять до формування нових видів. За Дарвіном, усі сучасні види розвинулися завдяки цьому механізму, починаючи від одноклітинних організмів і закінчуючи людиною. У цьому усвідомленні полягала одна з найбільших революцій в історії біології, оскільки воно дало наукове пояснення безперервному розвитку та зміні життя.

Теорію природного добору Дарвін пізніше виклав у кількох важливих працях. Його найзначніша книга, «Походження видів», опублікована у 1859 році, детально представила причини різноманітності видів, механізм адаптації та біологічне значення конкуренції за виживання. Пізніше, у 1871 році, у своїй праці «Походження людини і статевий добір» він також обговорив родинний зв'язок людини та інших приматів, піднімаючи можливість спільного предка, що викликало величезну суперечку в тогочасних наукових та релігійних колах. Хід думок Дарвіна визначався поєднанням біологічної мінливості та адаптації до навколишнього середовища, що й досі становить основу теорії еволюції.

Діяльність Дарвіна революціонізувала науку біологію, оскільки однозначно довела, що види є не постійними, незмінними категоріями, а динамічними, безперервно

розвиваючими системами. Його спостереження та висновки заклали основи пізніших генетичних досліджень і дозволили вченим математично та експериментально вивчати еволюційні процеси, що відбуваються у популяціях. Значення теорії вийшло за межі біології, оскільки воно вплинуло на палеонтологію, геологічні дослідження і навіть соціальні науки, оскільки поставило місце та роль людини у порядку природи в нове світло.

Відкриття Дарвіна й сьогодні становлять основу біології, генетики, екології та біології розвитку, а принцип природного добору є одним із наріжних каменів еволюційного мислення. Від спостережень за в'юрками Галапагоських островів до загальної теорії про походження видів та механізм адаптації, робота Дарвіна і досі слугує визначальним прикладом для демонстрації сили наукової методології та висновків, заснованих на спостереженні.

20.6. Діяльність Альфреда Рассела Уоллеса (Alfred Russel Wallace, 1822–1913)

Альфред Рассел Уоллес також відіграв ключову роль в історії теорії еволюції, оскільки незалежно від Дарвіна виступив з теорією природного добору. Відкриття Уоллеса настільки збігалися з ідеями Дарвіна, що спонукали останнього опублікувати свою роботу раніше, ніж він спочатку планував. Справу владнали Чарльз Лайелл та інші наукові авторитети таким чином, що праця Уоллеса, разом із деякими статтями Дарвіна, була оприлюднена у 1858 році у виданні Ліннеївського товариства (*Journal of Proceedings of the Linnean Society*). Ця спільна публікація підготувала ґрунт для прийняття монументальної праці Дарвіна «Походження видів» 1859 року.

Діяльність Уоллеса включала надзвичайно обширну польову роботу. Спочатку він проводив дослідження в басейні Амазонки, а потім в Малайському архіпелазі, де зробив важливі біогеографічні відкриття. Під час дослідження Малайського архіпелагу він ідентифікував так звану лінію Уоллеса, яка ділить Індонезію на два різних біогеографічних регіони. З одного боку тварини набагато ближчі до австралійської фауни, тоді як з іншого домінують ознаки азійського тваринного світу. Цим Уоллес став одним із провідних фахівців XIX століття у дослідженні географічного поширення видів тварин і його часто називають батьком біогеографії.

Діяльність Уоллеса була значущою не лише для раннього прийняття еволюційної теорії. Він зробив низку додаткових відкриттів, які забезпечили глибше розуміння функціонування природного добору. Наприклад, він описав поняття застережливих

кольорів (figyelmeztető színek), за допомогою яких тварини візуальними сигналами попереджають хижаків про свої отруйні або неприємні властивості.

Крім того, він створив гіпотезу ефекту Уоллеса, згідно з якою природний добір може сприяти уникненню гібридизації і тим самим сприяти видоутворенню (speciáció). Таким чином, його робота не лише підтвердила теорію Дарвіна, але й додала новий вимір до розуміння еволюційних процесів, особливо з точки зору географічного поширення видів та адаптивних змін.

Паралельні дослідження Уоллеса та Дарвіна добре ілюструють, що основи еволюційної теорії народилися не лише з ідей одного вченого, а розвивалися у ширшому науковому контексті, завдяки спостереженням природи та порівняльному аналізу. Тому діяльність Уоллеса і досі є визначальною в галузі біогеографії, екології та еволюційної біології, і продовжує жити як один із наріжних каменів еволюційного мислення.

20.7. Діяльність Річарда Оуена (Richard Owen, 1804–1892)

Річард Оуен був однією з визначальних фігур ранніх дебатів щодо еволюційної теорії, який, як учень Кюв'є, глибоко знав порівняльну анатомію та палеонтологію. Оуен вважався надзвичайно талановитим вченим, але став відомим як затятий противник вчень Дарвіна. Однак важливо зазначити, що Оуен не заперечував саму концепцію еволюції, а заперечував ідею про те, що природний добір та випадковість відіграють ключову роль у формуванні видів. Він вважав більш імовірним існування внутрішньої, необхідної сили розвитку, яка керує формуванням форм життя, таким чином трактуючи еволюцію як детермінований і доцільний процес, а не як низку змін, що виникають у результаті випадковості та тиску навколишнього середовища.



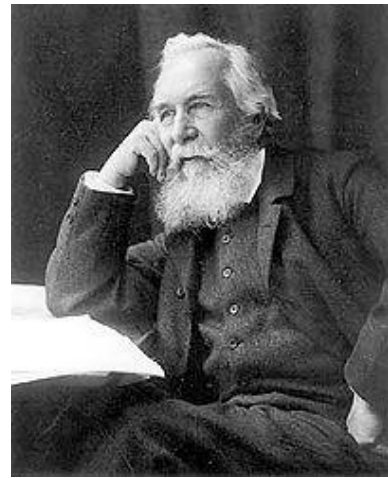
Мал. 47. Річард Оуен

Оуен протистояв не лише поглядам Дарвіна, але й тим вченим, які захоплювалися його теорією, наприклад Томасу Генрі Гекслі. Гекслі, який став відомим як відданий прихильник Дарвіна, своїми запеклими суперечками часто протистояв більш консервативним поглядам Оуена. Тому тогочасна наукова громадськість часто називала Гекслі «бульдогом Дарвіна», натякаючи на його завзяту та рішучу позицію на підтримку теорії Дарвіна, тоді як Оуен представляв свої ідеї про «керовану» природу еволюції.

Водночас діяльність Оуена виходила за межі суперечок. Саме він, детально порівнюючи кістки та скам'янілості, заклав основи науки палеонтології та зробив численні відкриття щодо розвитку хребетних. Хоча він не прийняв механізм Дарвіна, він сприяв розумінню морфологічних та історичних взаємозв'язків видів і розробив термінологію, яка стала основою сучасної анатомії та палеонтології. Приклад Оуена добре ілюструє, що еволюційні дебати XIX століття стосувалися не лише наукових розбіжностей, але й зіткнення філософських уявлень про функціонування природи.

20.8. Ернст Генріх Геккель (Ernst Heinrich Haeckel, 1834–1919)

Ернст Генріх Геккель був видатним німецьким природознавцем другої половини XIX століття, який, будучи захопленим послідовником теорії Дарвіна, також справив великий вплив на розвиток еволюційної біології та ембріології. Геккель, хоча й прийняв теорію Дарвіна, засновану на природному доборі, однак неправильно інтерпретував деякі деталі, що призвело до його власної концепції, відомої як «біогенетичний основний закон». Суть цього закону полягає в тому, що індивідуальний розвиток (онтогенез) – ріст і диференціація ембріона – коротко повторює еволюційну історію своїх предків (філогенез), тобто під час індивідуального розвитку в ембріоні «прокручуються» фази розвитку еволюційних предків.



Мал. 48. Ернст Генріх Геккель

За Геккелем, яйцеклітини ссавців, подібно до найпростіших, починаються з однієї клітини, потім під час розвитку перетворюються на організм із двома зародковими шарами, що нагадує медуз, а потім розвивають три зародкові шари, що можна віднести до черв'яків. Після цього ембріон розвиває хорду, яка пізніше зникає, а потім коротко з'являються примітивні зябра, які також регресують. Геккель розглядав цей процес як загальнозначущу закономірність і вважав, що під час розвитку органів індивіда коротко повторюються стадії органного розвитку його предків або філогенетично споріднених форм.

Концепцію біогенетичного основного закону Геккель поширив навіть на психологічний розвиток, стверджуючи, що психічний розвиток індивіда, процес ментального і духовного дозрівання, також коротко повторює етапи духовного розвитку предків виду. Хоча тогочасна наукова громадськість швидко популяризувала цю ідею,

пізніші критики вказали на те, що діаграми та висновки Геккеля часто ґрунтувалися на надмірних спрощеннях, і не всі твердження мали суворо наукову основу. Тим не менш, сучасні генетичні та молекулярно-біологічні дослідження частково підтверджують ті моделі розвитку, які Геккель описав у рамках біогенетичного основного закону, особливо у дослідженні диференціації зародкових листків та послідовності ембріональних структур.

Діяльність Геккеля таким чином, одночасно відображає ентузіазм еволюційно-теоретичних досліджень XIX століття та складність тогочасних наукових дебатів, водночас сприяючи ранньому розвитку ембріології та еволюційної біології, а також розумінню зв'язку між видами та індивідуальним розвитком.

20.9. Жак Буше де Кревкер де Пертес (Jacques Boucher de Crèvecœur de Perthes, 1788–1868)

Дослідження еволюції людини досягли серйозних проривів у середині та другій половині XIX століття, що фундаментально змінило попереднє уявлення про вік та походження людства, яке ґрунтувалося на біблійних часових рамках. Жак Буше де Кревкер де Пертес, французький археолог, під час своїх розкопок знайшов кам'яні сокири, вік яких оцінюється в кілька тисяч років. Ці знахідки вказували на те, що людська культура набагато давніша, ніж припускали тогочасні біблійні історії. Результати Пертеса, які він опублікував у своїй книзі в 1846 році, спочатку викликали велике обурення серед



Мал. 49. Жак Буше де Кревкер де Пертес

тогочасних біологів та археологів, оскільки вони фундаментально ставили під сумнів історичні часові рамки, встановлені Біблією. Пізніше англійські дослідники перевірили місця розкопок та знахідки і встановили, що висновки Пертеса є правильними, тим самим підтверджуючи, що присутність людини є набагато давнішою з геологічної точки зору, ніж передбачалося раніше.

Постійне збільшення археологічних та палеонтологічних відкриттів порушувало дедалі більше питань щодо формування та віку людини. Інтерпретація теорії еволюції Чарльза Дарвіна щодо *Homo sapiens* викликала серйозні суперечки у науковій та світській громадськості. Детальнішому розумінню процесу людської еволюції значно сприяв голландський палеонтолог Марі Ежен Франсуа Томас Дюбуа (Marie Eugène François

Thomas Dubois, 1858–1940). Під час своїх розкопок на Яві Дюбуа знайшов залишки, які належали до організму доведеного пралюдини: верхню частину черепа, два зуби та стегнову кістку. Вчений вважав ці знахідки «відсутньою ланкою» в еволюційному переході між людиною та мавпою. Дюбуа назвав власника знайдених залишків *Pithecantropus erectus*, тобто людина прямоходяча, чим заклав основи пізніших палеоантропологічних досліджень та наукового вивчення еволюційної історії людини.

Загалом, тогочасні дослідження вказали на те, що людина не з'явилася на Землі як окреме, миттєво досконале творіння, створене божественним актом, а сформувалася в результаті тривалого еволюційного процесу, під час якого наші предки поступово адаптувалися до навколишнього середовища і завдяки своїм анатомічним та розумовим властивостям стали сучасною людиною. Діяльність Пертеса та Дюбуа, а також застосування теорій Дарвіна до *Homo sapiens*, спільно створили наукову основу для дослідження походження людини, яке й досі є визначальною частиною палеоантропологічних досліджень.

21. ЗВ'ЯЗОК БІОХІМІЇ ТА ЖИТТЯ

21.1. Рене Антуан Фершо де Реомюр (René Antoine Ferchault de Réaumur, 1683–1757)

Хімічна природа органічних сполук та травлення стала предметом наукового дослідження у XVIII столітті, коли дослідники дедалі більше ставили під сумнів погляди, які раніше вважали травлення механічним або віталістичним процесом. Значну роль у цій роботі відіграв фізик Рене Антуан Фершо де Реомюр, який своїми експериментами вперше довів хімічну природу травлення.



Мал. 50. Рене Антуан Фершо де Реомюр

Експерименти Реомюра були надзвичайно креативними. Він дав яструбу проковтнути м'ясо, поміщене у металевий циліндр. Металевий циліндр запобігав механічному подрібненню м'яса шлунком птаха, але шлункова кислота все одно мала доступ до речовини. Коли яструб відригнув циліндр, Реомюр спостерігав, що частина м'яса вже була частково розкладена, що свідчило про те, що процес травлення починається навіть без механічної дії шлунка.

Для подальшого підтвердження експериментів Реомюр дав тварині проковтнути шматочок губки. Губка всотала шлункові соки, а рідина, вилучена з неї, була змішана з м'ясом і піддана хімічному розкладу поза шлунком. Результат був однозначним: шлунковий сік був здатний розпочати травлення і поза організмом, довівши, що травлення є насамперед хімічним процесом, а не лише наслідком механічного подрібнення або віталістичної сили.

Це відкриття фундаментально змінило попередні віталістичні погляди, згідно з якими життєві процеси, включаючи травлення, відбувалися під впливом якоїсь особливої «життєвої сили» (*vis vitalis*). Експерименти Реомюра заклали основи розвитку сучасної фізіології та біофізики, дозволяючи досліджувати функціонування організму за допомогою законів хімії.

21.2. Стівен Гейлз (Stephen Hales, 1677–1761)

Розвиток органічних сполук та фізіології рослин був тісно пов'язаний з науковими дослідженнями XVII–XVIII століть. У цьому процесі визначну роль відіграв Стівен Гейлз, англійський ботанік і хімік, який досліджував внутрішні процеси рослин і

отримав основні знання про рух рослинних соків та фактори, що впливають на ріст рослин.

У своїй праці, опублікованій у 1727 році, Гейлз детально описав методи, які він застосовував для вимірювання тиску рослинних соків та дослідження поглинання води рослинами. Під час своїх експериментів він спостерігав, що поглинання рослинами води та поживних речовин залежить не лише від механічної здатності кореня всмоктувати, але й відбувається через тиск, що проходить через усю внутрішню систему рослини. Завдяки цим відкриттям Гейлза часто називають батьком фізіології рослин.

Серед його важливих спостережень – роль діоксиду вуглецю у рості рослин. Хоча Гейлз не знав хімічного механізму фотосинтезу, він припускав, що компоненти повітря якимось чином впливають на розвиток рослин. Це усвідомлення підготувало ґрунт для пізнішої наукової роботи, наприклад, експериментів Джозефа Прістлі та Яна Інгенхауса, які конкретно розкрили процес фотосинтезу та роль діоксиду вуглецю у виробництві кисню рослинами.

Робота Гейлза показала, що життєві процеси рослин є явищами, які можна вимірювати та досліджувати експериментально, що сприяло формуванню біохімії, фізіології і, зрештою, органічної хімії. Це було тісно пов'язане з тогочасними дослідженнями хімічного аналізу травлення у тварин і людини, тому результати Гейлза також створили основи хімічного розуміння біологічних систем.

21.3. Джозеф Прістлі (Joseph Priestley, 1733–1804)

У другій половині XVIII століття Джозеф Прістлі, англійський хімік, відіграв визначну роль у дослідженні органічних сполук, заклавши основи сучасних хімічних знань шляхом розкриття властивостей газів. У 1774 році Прістлі відкрив кисень, хоча спочатку описав його як «dephlogisticated air» («дефлогістоване повітря»), використовуючи термінологію тогочасної теорії флогістону. Він спостерігав, що в посудині, що містить кисень, палаюче полум'я помітно яскравіше горить, а вдихання газу має приємний, збуджуючий ефект. Це усвідомлення було фундаментальним для розуміння хімічних процесів горіння та дихання, оскільки воно висвітлювало роль кисню у підтримці полум'я вогню, а також у процесах дихання живих організмів.



Мал. 51. Джозеф Прістлі

Через свої експерименти Прістлі також спостерігав роль рослин у складі повітря. У своїх експериментах він виявив, що рослини виробляють кисень, тобто здатні «освіжати» повітря. Це спостереження заклало основи для пізнішого розкриття хімічної основи фотосинтезу та пов'язало дослідження рослин і дихання тварин.

З 1767 року Прістлі жив у Лідсі, поблизу пивоварні, де мав доступ до великої кількості діоксиду вуглецю для своїх експериментів. У 1772 році він відкрив спосіб виробництва газованої води і спостерігав, що можна виділити з рідини кип'ятінням. Цією роботою він також створив практичне застосування фізичних та хімічних властивостей газів, що заклало основи виробництва пізніших газованих напоїв та практики лабораторних газових експериментів.

Таким чином, дослідження Прістлі поєднали вивчення органічних сполук, властивостей газів та біологічних процесів, що сприяло розумінню хімічної та фізіологічної ролі кисню, діоксиду вуглецю та інших важливих газів. Його діяльність безпосередньо вплинула на пізніші дослідження Антуана Лавуазьє, який, використовуючи відкриття Прістлі, створив кисневу теорію сучасної хімії та закон збереження маси.

21.4. Ян Інгенхаус (Jan Ingenhousz, 1730–1799)

У дослідженні органічних сполук та фізіології рослин Ян Інгенхаус зробив фундаментальне відкриття. Його діяльність безпосередньо пов'язана з експериментами Джозефа Прістлі, який продемонстрував, що рослини виробляють кисень. Однак Інгенхаус спостерігав, що цей процес відбувається лише під впливом світла: рослини споживають діоксид вуглецю та виробляють кисень лише на світлі, тоді як у темряві цього не відбувається.

Це відкриття заклало основи наукової інтерпретації фотосинтезу, оскільки вказало на те, що обмін речовин у рослинах є не лише хімічним, але й світлозалежним процесом, який є ключовим для життя. Дослідження Інгенхауса показали, що склад повітря не є постійним, а змінюється завдяки взаємодії рослин і навколишнього середовища.

21.5. Антуан Лоран Лавуазьє (Antoine Laurent Lavoisier, 1743–1794)

У розумінні зв'язку між органічними сполуками та хімією дихання ключовою фігурою був Антуан Лоран Лавуазьє. Експерименти та теорії Лавуазьє фундаментально змінили попередні погляди на горіння та дихання.

Лавуазьє розробив сучасну теорію горіння, згідно з якою горіння полягає не у «виділенні» речовини чи виході «флогістону», а в хімічному сполученні горючої речовини з киснем повітря. Цим відкриттям народилася одна з основних засад сучасної хімії – хімічне пояснення перетворення речовин.

У своїх експериментах він використовував дослід зі свічкою та мишею під скляним ковпаком, під час якого він продемонстрував, що тварини споживають кисень та виділяють діоксид вуглецю, тоді як рослини використовують і виробляють кисень. Цим він зрозумів, що співвідношення кисню та в атмосфері підтримується взаємодією рослин і тварин, демонструючи формування своєрідної біохімічної рівноваги. Таким чином, Лавуазьє трактував дихання фактично як горіння, під час якого, з використанням кисню, виділяється тепло, і пов'язав цей процес із енергоспоживанням живих організмів. Його відкриття заклали основи не лише хімії, але й біології та фізіології, уможливаючи пізніші дослідження для розуміння механізмів метаболізму та фотосинтезу.

21.6. Розмежування органічних та неорганічних речовин

На межі ранньої науки про життя та хімії на початку XIX століття однією з найбільш спірних проблем була відмінність між органічними та неорганічними речовинами. Віталісти стверджували, що для створення органічних речовин необхідна «життєва сила» (*vis vitalis*), яка діє в живому організмі, тоді як механісти вважали, що згідно з законами природи органічні речовини також можуть бути отримані штучним шляхом.

Під час ранніх експериментів було виявлено, що органічні сполуки, наприклад, білки, жири чи цукри, найчастіше необоротно трансформуються під впливом термічної обробки, горіння чи заморожування. На противагу цьому, багато неорганічних речовин, таких як вода, вугілля чи папір (мається на увазі нерозкладений целюлоза), після припинення фізичних впливів поверталися до свого початкового стану.

Йонс Якоб Берцеліус (Jöns Jacob Berzelius, 1779–1848) у 1807 році запропонував класифікувати сполуки на неорганічні та органічні категорії. На основі його спостережень, для виробництва органічних речовин нібито необхідний живий організм, тоді як неорганічні речовини можна трансформувати будь-коли. За Берцеліусом, без функціонування живої клітини органічні сполуки не утворюються, тобто *vis vitalis* відігравала ключову роль у цьому процесі.

Цю ідею спростував Фрідріх Велер (Friedrich Wöhler, 1800–1882) своїм знаменитим експериментом 1828 року. Велер штучно отримав сечовину, яка є важливим

компонентом сечі ссавців та органічною сполукою, шляхом нагрівання ціанату амонію. Цей експеримент мав революційне значення: він довів, що для виробництва органічних сполук не потрібна жива клітина, і теорія віталізму була науково спростована. Результати Велера також стимулювали інших хіміків експериментувати та штучно створювати нові органічні сполуки.

Наступним кроком стала діяльність Ежена Марселена Бертло (Eugène Marcelin Berthelot, 1827–1907), який у 1850-х роках синтезував численні органічні сполуки – наприклад, метиловий спирт, етиловий спирт, метан, бензол та ацетилен – з неорганічних вихідних речовин. Його експерименти остаточно зруйнували стіну між неорганічними та органічними речовинами, довівши, що хімічні закони є універсальними, і виробництво органічних сполук не вимагає живого організму.

У перші десятиліття XIX століття, з розвитком хімічного аналізу, вчені встановили, що органічні речовини складаються переважно з вуглецю, водню, кисню та азоту. Це відкриття заклало основи формування сучасної органічної хімії і дозволило хімікам виробляти дедалі складніші органічні молекули в лабораторних умовах.

22. РОЗВИТОК ЕМБРІОЛОГІЇ

Ранній розвиток ембріології був тісно пов'язаний із розвитком мікроскопа, який відкрив нові горизонти для біології, водночас створивши можливості для численних непорозумінь та хибних уявлень. У XVII–XVIII століттях мікроскопи були ще примітивними. Вони демонстрували значні спотворення, їхнє використання було складним, а через оптичні дефекти спостереження часто були неточними або хибними. Унаслідок цього деякі вчені покладалися на свою уяву та описували мікроскопічні явища, які не мали реальної основи.

Одним із найвідоміших прикладів цього явища є вчення про преформацію (preformació tana), згідно з яким у сперматозоїді вже заздалегідь присутня вся людська форма, так званий знаменитий гомункулус (homunculus). Згідно з цим поглядом, кожен організм складається з нескінченно менших мікроскопічних організмів, а успадковані властивості вже повністю присутні у сперматозоїді чи яйцеклітині. Деякі вчені, наприклад, прихильники преформації, навіть розраховували, скільки гомункулусів могло існувати у першій людині, Єви, і скільки нових гомункулусів містилося в них, таким чином, життя успадковувалося ніби у нескінченній послідовності.

Хоча вчення про преформацію сьогодні науково спростоване, воно справило значний вплив на ранній розвиток ембріології. Суперечка, що точилася між епігенезом (розвиток організму з нічого, поступово) та преформацією, стимулювала розвиток мікроскопічних технік, розробку точних методів спостереження та важливість критичності біологічних теорій.

Основи сучасної ембріології заклав Каспар Фрідріх Вольф (Kasper Friedrich Wolff, 1733–1794), який радикально порвав із вченням про преформацію. Вольф не прийняв ідею про те, що весь організм вже заздалегідь присутній у сперматозоїді чи яйцеклітині, а трактував розвиток як поступовий, диференційований процес (epigenesis).

У своїх дослідженнях він спочатку вивчав під мікроскопом верхівки росту рослин. Він спостерігав, що початкові тканини є рівномірно недиференційованими, абсолютно ідентичними за зовнішнім виглядом, і лише під час розвитку формуються специфічні, спеціалізовані органи рослин. Це усвідомлення радикально змінило попередні уявлення, які підтримували преформацію.

Пізніше Вольф також досліджував курячі ембріони, де спостерігав схожі процеси: ембріон спочатку розвивається з рівномірної, неспеціалізованої клітинної маси, а різні органи з'являються лише поступово під час росту.

На основі цих спостережень Вольф створив вчення про епігенез, згідно з яким кожен організм розвивається з тієї ж простої, початкової речовини, незалежно від того, які складні та спеціалізовані органи сформуються пізніше. Отже, організми походять не з крихітного, вже повністю сформованого організму чи органу, а процес розвитку відбувається через диференціацію та поступову спеціалізацію.

Цей підхід заклав основи науки сучасної ембріології та уможливив пізніші дослідження біології розвитку та клітинної біології.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Asimov, I. (1972): A biológia rövid története. Gondolat Kiadó, Budapest, 152 pp.
- Junker, T. (2007): A biológia története. Corvina Kiadó, Budapest.
- Szabó Á., Szabó T., Szemrád E. (2002): A fizika és a kémia története. Nyíregyháza: Bessenyei György Könyvkiadó, 233 p.
- Філеп М., Коложварі С., Молнар К., Семрад О. (2024): Історія хімії та Історія та загальнотеоретичні основи біології / A kémia története és A biológia alapjai és tudománytörténete. Закарпатський угорський інститут імені Ференца Ракоці II. 88 с.
- Михайличенко О.В. (2013): Історія науки і техніки навчальний посібник для студентів педагогічних спеціальностей. Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка.
- Семрад О.О., Лендел В.Г., Кохан О.П. (2003): Історія хімії. Ужгород: Патент, 207 с.

Навчальне видання

ІСТОРІЯ БІОЛОГІЇ, ХІМІЇ ТА НАУК ПРО ЖИТТЯ

Частина I

2026 р.

*Рекомендовано до видання в електронній формі (PDF) рішенням Вченої ради
Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II (протокол №77
від 2026 року)*

Підготовлено до видання в електронній формі (PDF) кафедрою біології та хімії
спільно з Видавничим відділом Закарпатського угорського університету імені
Ференца Ракоці II

Розробник методичних вказівок:

Степан КОЛОЖВАРІ – доктор філософії, доцент кафедри біології та хімії
Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Іштван ГАДНАДЬ – доктор філософії, доцент кафедри біології та хімії
Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Ержебет КОГУТ – доктор філософії, доцент, завідувач кафедри біології та хімії
Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Рецензенти:

Чома Золтан – доктор філософії, зам. зав. кафедри, доцент кафедри біології та
хімії Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Можар Атілла – доктор філософії, науковий старший співробітник, HUN-REN
Балатонський Лімнологічний Науково-Дослідний Інститут, Тіхань

Відповідальні за випуск:

Ержебет КОГУТ – доктор філософії, доцент, завідувач кафедри біології та хімії
Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II.

Олександр ДОБОШ – начальник Видавничого відділу ЗУУ імені Ференца Ракоці II.
За зміст методичних вказівок відповідальність несе розробник.

Видавництво: Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II
(адреса: пл. Кошута 6, м. Берегове, 90202. Електронна пошта: egyetem@kme.org.ua)

Статут «Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II»
(Прийнято Загальними зборами ЗУУ ім. Ф.Ракоці II, протокол №2 від 11.11.2019 р.,
zareєстровано в реєстрі за №6179 приватним нотаріусом І.В. Мацолою)
Шрифт «Times New Roman». Розмір сторінок методичних вказівок: А4

(210x297мм).