МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет фізико-математичної та природничої освіти
Кафедра біології та хімії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітній ступінь бакалавр

на тему: **ЕВОЛЮЦІЯ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ ТВАРИН І ЛЮДИНИ ЯК ОБ'ЄКТ ВИВЧЕННЯ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ**

Виконав: студент 4 курсу, 49 групи
Освітня програма Середня освіта (Біологія та здоров'я людини) Психологія спеціальності 014.05 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини). Психологія
Андрющенко Юрій Анатолійович
Керівник: к.б.н., доц. Сорокіна С.І.
Рецензент: к.п.н., доц. Декарчук М.В.

Умань–2026

ЗМІСТ

ВСТУП…… 3
РОЗДІЛ 1. ВИВЧЕННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ ТВАРИН І ЛЮДИНИ……... 7
1.1. Поняття про опорно-рухову систему та її основні функції 7
1.2. Морфофізіологічна різноманітність та філогенез опорно-рухових систем у тваринному світі……..... 9
1.3. Еволюційна антропологія та методологічне значення порівняльно-анатомічних досліджень опорно-рухового апарату……..... 12
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ ТВАРИН І ЛЮДИНИ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ…... 23
2.1. Педагогічні основи формування еволюційних понять у процесі навчання біології…… 23
2.2. Місце теми «Еволюція опорно-рухової системи тварин і людини» у шкільному курсі біології…….. 25
2.3. Форми та методи навчальної діяльності учнів при вивченні еволюції опорно-рухової системи……..... 29
2.4. Методичні рекомендації щодо формування здоров'язбережувальних компетентностей у процесі вивчення теми…… 32
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ ТВАРИН І ЛЮДИНИ…… 38
3.1. Мета і завдання педагогічного експерименту…… 38
3.2. Організація та етапи проведення експерименту…… 39
3.3. Критерії та показники ефективності методики…….. 41
3.4. Аналіз результатів експериментальної роботи……..... 43
3.5. Методичні рекомендації та приклади уроків з теми «Еволюція опорно-рухової системи»……. 46
ВИСНОВКИ……... 51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….. 53

ВСТУП

Актуальність дослідження. Одним із важливих завдань шкільної біологічної освіти є формування в учнів цілісного уявлення про розвиток живої природи та місце людини в еволюційному процесі. Опорно-рухова система – одна з найважливіших функціональних систем організму, яка не лише забезпечує рухову активність, але й відображає закономірності еволюційного розвитку тваринного світу. Вивчення її еволюції є ефективним засобом формування в учнів еволюційного мислення, розуміння єдності живої природи та походження людини.

Сучасні біологічні знання базуються на міждисциплінарному підході, який поєднує анатомічні, морфологічні, фізіологічні та еволюційні аспекти. Однак у шкільному курсі біології еволюційна спрямованість теми «Опорно-рухова система» часто представлена фрагментарно, що знижує пізнавальну цінність і не забезпечує достатньої наукової глибини розуміння процесів розвитку організмів.

Підвищення якості біологічної освіти вимагає оновлення методики подання матеріалу з урахуванням сучасних досягнень науки та дидактичних підходів. Вивчення еволюції опорно-рухової системи тварин і людини створює умови для реалізації компетентнісного підходу, розвитку критичного мислення, формування природничо-наукової та здоров’язбережувальної компетентностей учнів.

Отже, дослідження еволюції опорно-рухової системи тварин і людини як об’єкта шкільного вивчення є актуальним, оскільки воно сприяє оновленню змісту та методів біологічної освіти, підвищенню інтересу учнів до предмета, розвитку еволюційного світогляду та усвідомленню місця людини в системі живої природи.

Мета дослідження: проаналізувати еволюцію опорно-рухової системи тварин і людини та обґрунтувати методичні підходи до її вивчення у

шкільному курсі біології з метою формування в учнів еволюційного мислення та природничо-наукового світогляду.

Об’єкт дослідження – процес навчання біології у закладах загальної середньої освіти.

Предмет дослідження – еволюція опорно-рухової системи тварин і людини як навчальний об’єкт у змісті та методиці викладання біології.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати наукові джерела щодо будови та функцій опорно-рухової системи тварин і людини.

2. Визначити основні етапи еволюційного розвитку опорно-рухової системи у різних груп тварин.

3. Розкрити значення порівняльно-анатомічного підходу у вивченні еволюції опорно-рухової системи.

4. Дослідити відображення теми «Опорно-рухова система» у шкільних програмах і підручниках біології.

5. Обґрунтувати методичні прийоми та засоби навчання, що сприяють ефективному засвоєнню знань про еволюцію опорно-рухової системи.

6. Розробити методичні рекомендації та приклади уроків для вивчення еволюції опорно-рухової системи у школі.

Для досягнення поставленої мети та виконання визначених завдань було використано комплекс взаємопов’язаних **методів дослідження**, що охоплюють теоретичний, емпіричний і педагогічний рівні аналізу:

Теоретичні методи – аналіз, порівняння, узагальнення й систематизація науково-теоретичних джерел з анатомії, антропології, педагогіки та методики навчання біології; вивчення чинних навчальних програм і підручників з біології людини. Застосування цих методів дало змогу розкрити сутність понятійного апарату дослідження, визначити місце теми «Череп людини» у змісті шкільного курсу біології.

Емпіричні методи – спостереження, практичні краніометричні вимірювання на навчальних моделях черепа, робота з цифровими

анатомічними ресурсами (зокрема BioDigital Human), опитування учнів щодо сприйняття навчального матеріалу. Вони забезпечили отримання фактичних даних про морфологічні параметри та пізнавальну активність учнів.

Педагогічний експеримент – проведення фрагментів уроків біології з використанням розроблених методичних прийомів, інтерактивних технологій та моделей, порівняння результативності традиційного й інноваційного підходів до навчання.

Методи кількісного та якісного аналізу результатів – статистична обробка краніометричних даних (зокрема розрахунок індексу черепа та коефіцієнта кореляції), аналіз навчальних досягнень учнів, інтерпретація результатів дослідно-експериментальної роботи.

Метод узагальнення педагогічного досвіду – опрацювання і систематизація матеріалів, що дали змогу сформулювати методичні рекомендації щодо ефективного вивчення морфології черепа людини у шкільному курсі біології.

Практичне значення наукового дослідження полягає у тому, що результати дослідження розширюють уявлення щодо еволюції опорно-рухової системи тварин і людини як об’єкта вивчення у шкільному курсі біології.

Нові відомості щодо вивчення еволюції опорно-рухової системи тварин і людини як об’єкта вивчення у шкільному курсі біології впроваджені і використовуються у навчальному процесі на кафедрі біології та хімії.

Розроблені методичні рекомендації та приклади уроків з теми «Еволюція опорно-рухової системи» можуть бути використані вчителями біології для вдосконалення викладання теми у школі.

Апробація результатів дослідження. Ключові положення та здобутки бакалаврської роботи пройшли обговорення під час засідань кафедри біології та хімії Уманського національного університету. Крім того, матеріали дослідження були оприлюднені в межах Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Природничі науки в системі освіти» (2026 р.).

Публікації автора за темою дослідження:

Сорокіна С. І., Андрющенко Ю. А. Методичні аспекти вивчення еволюції опорно-рухової системи тварин і людини у шкільному курсі біології. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції.* Умань, 2026. С. 174-177.

Структура роботи: кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (61 найменування). Основний текст викладено на 52 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 59 сторінок. Робота містить 18 таблиць і 11 рисунків.

РОЗДІЛ 1
ВИВЧЕННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ ТВАРИН І ЛЮДИНИ

1.1. Поняття про опорно-рухову систему та її основні функції

Опорно-рухова система – це сукупність органів, які забезпечують підтримання форми тіла, захист внутрішніх органів, здійснення рухів і переміщення організму у просторі. Вона є результатом тривалого еволюційного процесу, у ході якого сформувалися різні типи опорних структур – від гідростатичного скелета до складної кісткової системи хребетних тварин і людини [6; 52].

До складу опорно-рухової системи у більшості тварин входять пасивна частина – скелет (зовнішній або внутрішній) і активна частина – м’язи, які здійснюють рухи завдяки скороченню м’язових волокон [54]. Обидві системи (частини) пов'язані між собою за розвитком, анатомічно та функціонально (див. табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Опорно-руховий апарат людини

Пасивна частина (кістки, зв’язки, суглоби, хрящі, фасції)	Активна частина (скелетні м’язи)
Кісткова система – це сукупність твердих тканин в організмі, що виконують функцію опори тіла (або окремих частин) та захищають його від механічних пошкоджень. (У людини понад 220 кісток)	М’язова система – це сукупність скорочувальних елементів м’язової тканини, що об’єднані у м’язи та пов’язані між собою сполучною тканиною. (У людини приблизно 600 скелетних м’язів)

Взаємодія цих двох компонентів забезпечує можливість виконання різноманітних функцій, що мають важливе біологічне значення. Основні функції системи наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Функції опорно-рухового апарату

Функції кісткової системи	Функції м’язової системи
Опорна – забезпечує опору всій масі тіла організму. Локомоції (рухова) – кістки є довгими та короткими важелями, що приводяться до руху м'язами. Захисна – скелет захищає внутрішні органи від механічних ушкоджень. Формоутворююча – скелет визначає і зберігає форму тіла. Кровотворна – червоний кістковий мозок – джерело клітин крові. Обмінна – кістки – це джерело Ca, P, та інших мінеральних речовин.	Енергетична – перетворюють хімічну енергію в механічну та теплову. Рухова – забезпечують рухи різних частин скелета. Захисна – м’язи захищають внутрішні органи та кістки від механічних ушкоджень. Формоутворююча – визначають форму тіла. Запасаюча – у м’язах відкладається глікоген. Обмінна – у м’язах відбувається обмін вуглеводів. Терморегуляційна – виділення тепла при скороченні

У тваринному світі спостерігається значна різноманітність опорних структур, що зумовлено середовищем існування та способом життя [29]. Найпростіші організми позбавлені спеціалізованих скелетних елементів, а їх рух базується на скороченні цитоплазматичних структур [51].

У хребетних тварин опорно-рухова система досягає найвищого рівня розвитку. Вона складається з осьового скелета (черепа, хребта, грудної клітки) і скелета кінцівок, які забезпечують складні рухи тіла. У процесі еволюції відбувалися зміни у співвідношенні цих частин, їх формі та

функціях, що пов’язано з переходом тварин до різних способів пересування [55].

У людини опорно-рухова система характеризується високим ступенем спеціалізації. Прямоходіння, звільнення передніх кінцівок від функції пересування, розвиток кисті та збільшення об’єму черепної порожнини стали важливими етапами еволюційного удосконалення цієї системи [50].

Таким чином, опорно-рухова система є складною морфофункціональною системою, що забезпечує структурну цілісність організму, його рухову активність і адаптацію до умов існування [60].

1.2. Морфофізіологічна різноманітність та філогенез опорно-рухових систем у тваринному світі

У тваринному світі сформувалася значна різноманітність типів опорно-рухових систем, що відображає багатовікову еволюцію організмів та їхнє пристосування до різних середовищ існування. Тип опорно-рухової системи визначається переважно способом життя, характером рухів, рівнем організації тіла та фізіологічними потребами організму [5]. У біології розрізняють три основні морфофізіологічні типи опорно-рухових систем: гідростатичну, зовнішню (екзоскелет) та внутрішню (ендоскелет) [54].

Гідростатична або гідравлічна система є найдавнішою формою опорних структур і властива багатьом безхребетним тваринам: кишковопорожнинним, кільчастим червам, голкошкірим [20]. Основу такої системи становить порожнина тіла, заповнена рідиною, яка створює внутрішній тиск (тургор). М’язи, що оточують рідинне середовище, під час скорочення змінюють форму тіла або його частин, забезпечуючи рухи. Прикладом гідростатичної системи є кільчасті черви, у яких м’язові шари чергуються з порожнинами сегментів, заповнених рідиною. Завдяки узгодженій роботі поздовжніх і кільцевих м’язів черв рухається, зберігаючи об’єм тіла постійним [51]. Перевагою такого типу є гнучкість і можливість

руху навіть без твердих структур, однак недоліком – низька механічна міцність і залежність від водного середовища.

Зовнішній скелет сформувався у процесі еволюції у членистоногих і деяких молюсків [59]. Його основу становлять щільні покриви, утворені переважно з хітину або вапнякових сполук. Така система виконує не лише опорну, а й захисну функцію, створюючи міцний каркас для прикріплення м’язів. У комах, павукоподібних і ракоподібних м’язи прикріплюються до внутрішніх виступів хітинового покриву, утворюючи систему важелів, яка забезпечує високоефективні рухи кінцівок [47]. Проте ріст тіла таких тварин обмежений твердим екзоскелетом, тому він відбувається періодично – шляхом линяння (екдизису). У деяких молюсків (наприклад, у черевоногих і двостулкових) зовнішній скелет представлений черепашкою, яка захищає тіло і служить точкою опори для м’язів [58].

Найвищого рівня розвитку опорно-рухова система досягла у хребетних тварин, у яких сформувався внутрішній скелет, або ендоскелет [2]. Його основу становлять сполучнотканинні, хрящові та кісткові елементи, які утворюють єдиний каркас тіла. Ендоскелет не обмежує ріст організму, забезпечує захист внутрішніх органів, слугує місцем прикріплення м’язів і є резервом мінеральних речовин. На ранніх етапах еволюції хребетних (у хрящових риб) переважали хрящові елементи, згодом у кісткових риб, амфібій, рептилій, птахів і ссавців сформувався кістковий скелет [55]. У процесі ускладнення організації відбувалася диференціація частин скелета – черепа, хребта, грудної клітки, поясів кінцівок, які забезпечують підтримку та рухливість тіла [31].

Таким чином, еволюційна зміна типів опорно-рухових систем – від гідростатичної до внутрішньої – свідчить про поступове ускладнення організації живих істот, удосконалення рухів і підвищення пристосованості до наземного способу життя [52]. Ці зміни є результатом довготривалого еволюційного процесу, який відображає взаємозв’язок форми, функції та середовища існування організмів (табл. 1.3).

Таблиця 1.3.

Порівняльна характеристика типів опорно-рухових систем

Тип системи	Приклади організмів	Опорна структура	Основні переваги	Обмеження
Гідростатична	Кишково-порожнинні, кільчасті черви	Рідина в порожнині тіла	Гнучкість, простота будови	Залежність від водного середовища
Зовнішня (екзоскелет)	Членистоногі, молюски	Хітиновий або вапняковий покрив	Міцний захист, ефективна передача рухів	Обмеження росту, необхідність линяння
Внутрішня (ендоскелет)	Хордові, хребетні	Хрящові та кісткові елементи	Міцність, не обмежує ріст, внутрішній захист	Вища енергетична вартість утримання тканин

Еволюційний розвиток опорно-рухової системи відображає загальні закономірності біологічної еволюції – від простих до складних форм організації, від гідростатичних структур до спеціалізованих кісткових скелетів [16; 48]. Зміни в будові опорно-рухового апарату були тісно пов’язані з переходом організмів до нових способів життя, типів руху та середовищ існування [57, с. 12-55].

Таким чином, еволюція опорно-рухової системи від найпростіших до ссавців характеризується поступовим переходом від простих гідростатичних структур до складних кісткових скелетів. Цей процес супроводжувався вдосконаленням м’язової системи, розвитком кінцівок і вдосконаленням механізмів руху. У результаті відбувалося зростання функціональної автономії організмів і розширення меж їхнього середовища існування.

1.3. Еволюційна антропологія та методологічне значення порівняльно-анатомічних досліджень опорно-рухового апарату

Еволюція скелета людини є одним із найяскравіших прикладів морфофункціональної перебудови, пов’язаної з переходом від чотириногого до прямоходіння. Скелет людини – це результат тривалого еволюційного процесу, у ході якого відбувалися глибокі зміни у співвідношенні, формі й функціях його частин, що забезпечило пристосування до вертикального положення тіла, трудової діяльності та розвитку мозку [19].

Сучасна людина (*Homo sapiens*) належить до класу ссавців, ряду приматів. Її скелет має спільні риси з будовою скелета людиноподібних мавп, але водночас виявляє низку суттєвих відмінностей, пов’язаних із прямоходінням і високим рівнем розвитку головного мозку (табл. 1.4) [11].

Таблиця 1.4.

Порівняння основних морфологічних ознак скелета людини та людиноподібних мавп

Ознака	Людиноподібні мавпи	Людина
Положення тіла	Напівпряме або чотириноге	Вертикальне, прямоходіння
Хребет	Слабко вигнутий	4 фізіологічні вигини
Череп	Виступаюче обличчя, потиличний отвір ззаду	Округлий череп, потиличний отвір внизу
Таз	Вузький, видовжений	Широкий, чашоподібний
Стопа	Хватального типу	Опорна, склепінчаста
Великий палець кисті	Менш розвинений	Протиставлений, функціональний
Об’єм мозку	400–600 см³	1350–1500 см³

Палеонтологічні дані свідчать, що становлення скелета сучасного типу відбувалося поступово – від австралопітеків до представників роду *Homo* [61].

Однією з найважливіших еволюційних перебудов стало випрямлення хребта. Якщо у приматів він має дугоподібну форму, то у людини – чотири фізіологічні вигини (шийний, грудний, поперековий, крижовий), які забезпечують рівновагу тіла у вертикальному положенні та амортизацію під час ходьби [9].

Хребці людини масивніші, особливо у поперековому відділі, що зумовлено необхідністю витримувати вагу тіла. Крижова кістка широка й коротка, забезпечує міцне з'єднання з тазом (рис. 1.1) [1].

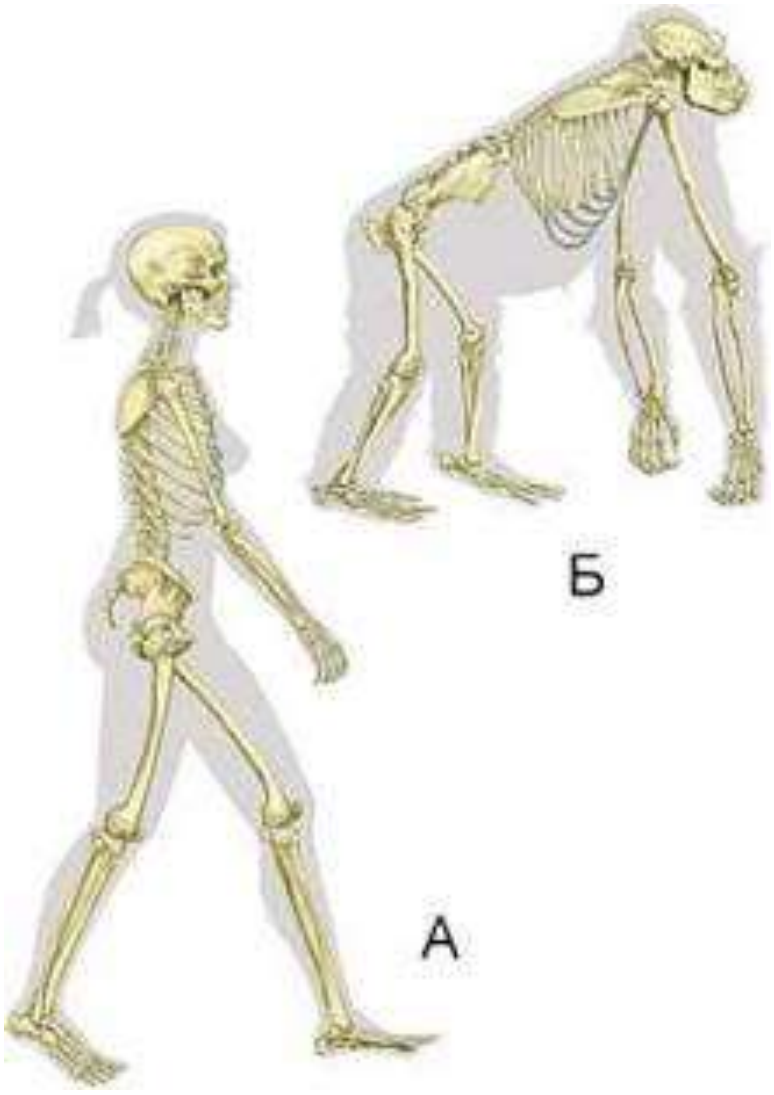


Рис. 1.1**.** Еволюційні зміни хребта у приматів (Б) та людини (А) (схема порівняльних вигинів хребта та положення таза)

Череп людини зазнав суттєвих змін у зв’язку з розвитком головного мозку та зменшенням навантаження на жувальний апарат. Об’єм мозкової коробки значно збільшився (у середньому 1350–1500 см³), а лицьовий відділ зменшився, що надало черепу округлої форми [35].

Потиличний отвір змістився донизу – це є прямим наслідком вертикального положення голови на хребті. Нижня щелепа втратила виступаючий характер, а зубна система зазнала редукції, що свідчить про зміну характеру живлення (див. рис. 1.2) [24].

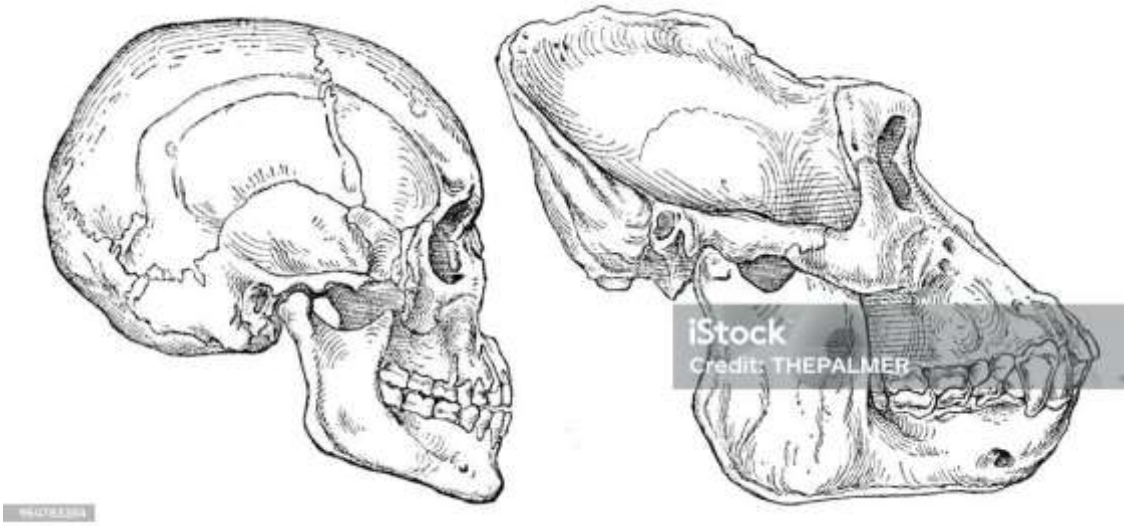


Рис 1.2. Порівняльна морфологія черепа мавпи та людини

Грудна клітка людини має форму зрізаного конуса з розширенням унизу, що пов’язано з вертикальним положенням тулуба [3]. Лопатки розташовані більш горизонтально, а ключиці добре розвинені – це зберігає можливість широких рухів верхніх кінцівок.

Плечовий пояс у процесі еволюції зазнав змін, пов’язаних зі звільненням передніх кінцівок від функції пересування. Це стало передумовою для розвитку тонких рухів кисті, які набули провідного значення у трудовій діяльності [9]

Таз людини – короткий і широкий, чашоподібної форми. Така будова забезпечує підтримку органів черевної порожнини й ефективну опору тіла під час стояння [12].

Нижні кінцівки стали основним органом пересування. Стегнова кістка подовжена, з кутом нахилу до осі тіла, що дозволяє зберігати рівновагу при русі. Колінний суглоб масивний і стабільний, гомілка видовжена, стопа перетворилася на склепінчасту опорну структуру. Великий палець стопи розташований паралельно іншим, що характерно лише для людини (табл. 1.5) [9].

Таблиця 1.5.

Адаптаційні зміни нижніх кінцівок людини

Структура	Еволюційна зміна	Функціональне значення
Стегнова кістка	Подовжена, нахилена всередину	Збереження рівноваги
Колінний суглоб	Зміцнений, стабільний	Вертикальне навантаження
Стопа	Склепінчаста, з нерухомим великим пальцем	Опора та амортизація
Таз	Короткий, широкий	Підтримка тулуба, народження дітей

Еволюційне звільнення передніх кінцівок від функції опори сприяло розвитку маніпулятивних рухів. Кисть людини характеризується високою рухливістю, здатністю до точного захоплення предметів. Великий палець протиставлений іншим, що є анатомічною основою для трудової діяльності [9] (див. рис. 1.3).

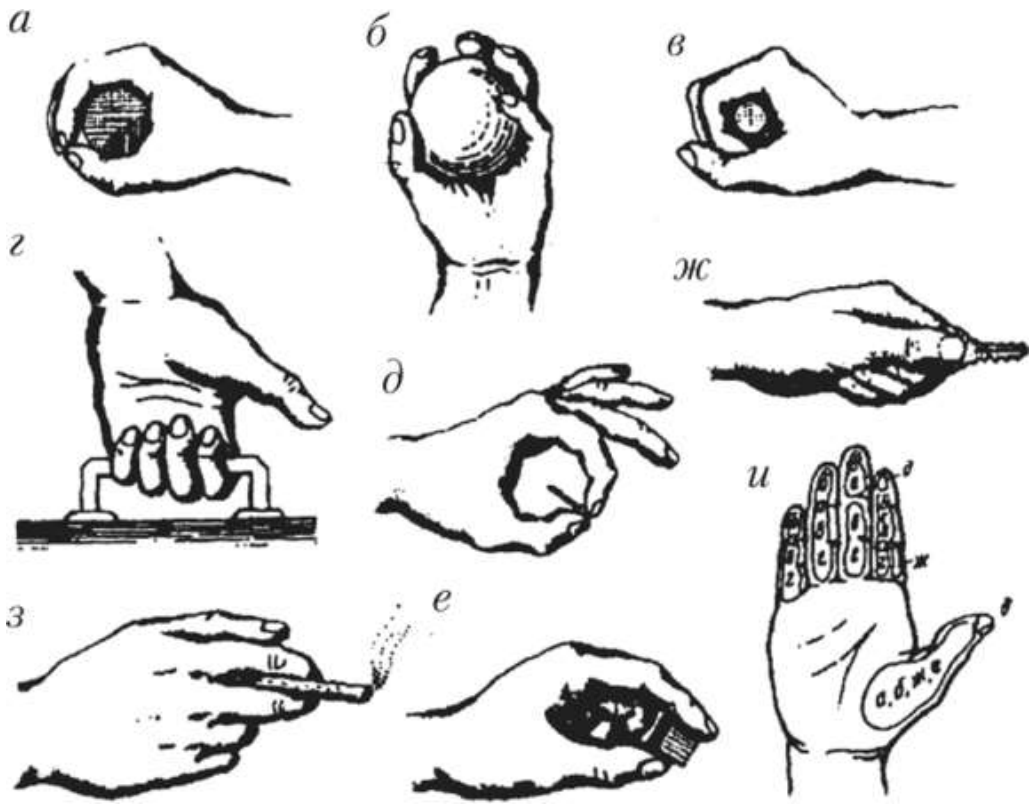


Рис. 1.3. Будова кисті руки як еволюційний результат маніпулятивної діяльності. Види захоплень кистю людини: а – циліндричний; б – сферичний; в – захоплення в кулак; г – захоплення-гачок; д – кінцевий; е – пальмарний; ж – ключовий; з – ножичний; и – зони контакту кисті при різних захватах

Отже, формування скелета людини в еволюційному аспекті супроводжувалося: випрямленням тулуба та розвитком вигинів хребта; перебудовою черепа та зміщенням потиличного отвору; модифікацією тазу й нижніх кінцівок для прямоходіння; удосконаленням кисті для трудових дій [35].

Ці морфологічні зміни є наслідком біомеханічної, фізіологічної та поведінкової адаптації до вертикального способу життя. Прямоходіння сприяло звільненню рук для праці, що, у свою чергу, стимулювало розвиток мозку та формування вищої нервової діяльності. Таким чином, еволюція скелета людини – це відображення єдності біологічних і соціальних чинників, які визначили її сучасну морфологічну організацію [35].

Порівняльно-анатомічний підхід є одним із фундаментальних методів біологічних досліджень, що дозволяє виявити спільність походження органів, встановити закономірності їхньої еволюції та функціональної спеціалізації. Для вивчення еволюції опорно-рухової системи він має особливе значення, оскільки саме через порівняння будови скелета різних груп тварин і людини можна простежити поступовість морфологічних змін, їхню адаптаційну спрямованість та еволюційні тенденції [7, с. 33–45].

Порівняльна анатомія досліджує подібності й відмінності в будові органів різних видів. Її основний принцип встановлення гомологій (споріднених органів, що мають спільне еволюційне походження) (див. рис. 1.4) і аналогій (органів, подібних за функцією, але не пов’язаних спільним походженням) [22, с. 12–36].

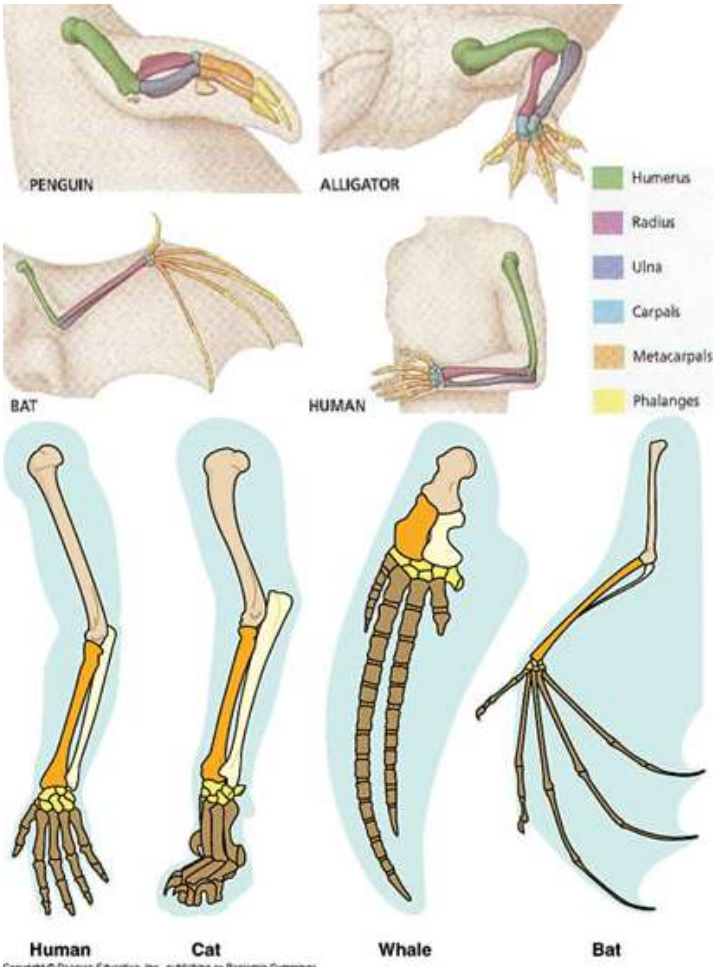


Рис. 1.4. Гомологічна будова передніх кінцівок хребетних

На прикладі опорно-рухової системи ці поняття ілюструють глибокі еволюційні зв’язки. Наприклад, передні кінцівки жаби, птаха, кита та людини є гомологічними структурами, хоча виконують різні функції – стрибання, політ, плавання, захоплення предметів відповідно [49, с. 40–55].

Таблиця 1.6 демонструє спільність еволюційного плану будови кінцівок різних видів.

Таблиця 1.6

Порівняльна характеристика передніх кінцівок хребетних тварин

Група тварин	Тип кінцівки	Основна функція	Ознаки гомології
Жаба	Передня кінцівка	Стрибання, опора	Наявність плечової, ліктьової та променевої кісток
Птах	Крило	Політ	Подібна будова плечового пояса, редукція пальців
Кит	Ласта	Плавання	Ті самі кісткові елементи, пристосовані до руху у воді
Людина	Рука	Захоплення, маніпуляція	Збереження загального плану будови кінцівки, розвинена кисть

Аналіз скелета різних груп хребетних дозволяє з’ясувати, як відбувалася еволюційна модифікація кісткової системи у зв’язку з переходом від водного до наземного середовища існування [13, с. 60–80].

Так, у риб переважає хрящовий або частково окостенілий скелет, у земноводних формується осьовий скелет із вираженими відділами, у плазунів – міцніший кістковий скелет із розвиненими кінцівками. У птахів

спостерігається спеціалізація скелета до польоту: зрощення кісток, наявність кіля, легкі пневматизовані кістки. У ссавців, включно з людиною, опорно-рухова система відзначається високим рівнем диференціації та функціональної адаптації [41, с. 102–115] (рис. 1.5.).

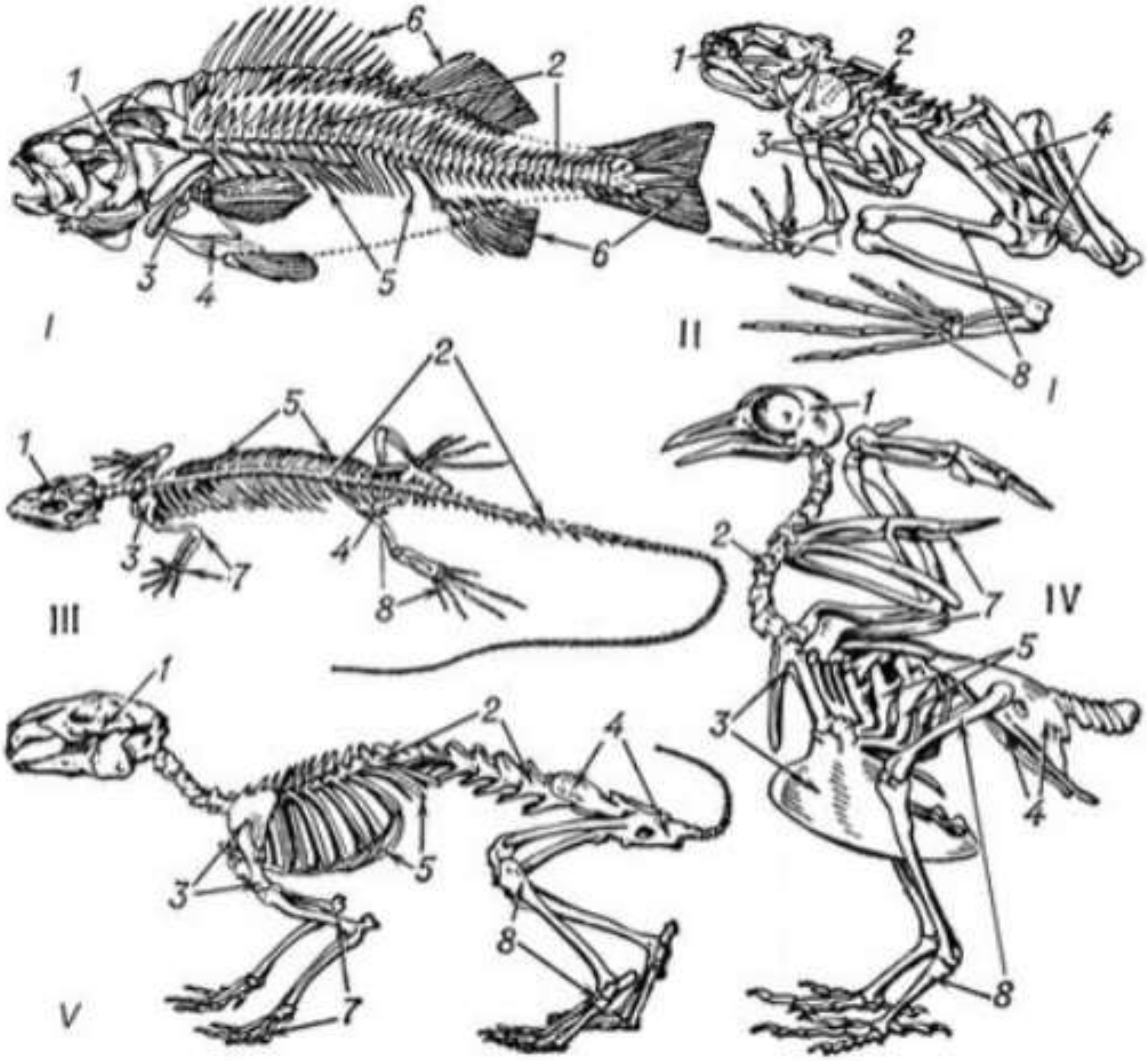


Рис. 1.5. Еволюційні зміни скелета від риб до ссавців:

I – риби (окуня);

II – земноводного (жаби);

III – плазуна (ящірки);

IV – птиці (голуба);

V – ссавця (кролика): 1 – череп; 2 – хребет; 3 – плечовий пояс; 4 – тазовий пояс; 5 – ребра; 6 – скелет непарних плавців; 7 – скелет передніх кінцівок; 8 – скелет задніх кінцівок

Таблиця 1.7.

Еволюційні зміни скелета хребетних

Група хребетних	Матеріал скелета	Тип кінцівок	Адаптація до середовища
Риби	Хрящовий/кістковий	Плавці	Пересування у воді
Земноводні	Кістковий	П’ятипалі кінцівки	Пересування на суходолі
Плазуни	Міцний кістковий	Стовбурові кінцівки	Лазіння, повзання
Птахи	Легкий, пневматичний	Крила	Політ
Ссавці	Диференційований	Руки, ноги, ласти	Різноманітні способи руху

Таблиця 1.7 ілюструє поступовість адаптацій скелета до різних середовищ існування.

Порівняльно-анатомічний аналіз дозволяє не лише простежити історію розвитку скелета в цілому, а й розкрити етапи становлення опорно-рухового апарату людини [18, с. 85–99].

Порівняння скелета людини та людиноподібних мавп показує, що прямоходіння стало основним еволюційним чинником, який визначив зміни у формі тазу, будові хребта, кінцівок і стопи. Ці зміни мають глибоке еволюційне підґрунтя й свідчать про перехід від пристосування до лазіння до пересування на двох ногах [1] (рис. 1.6).

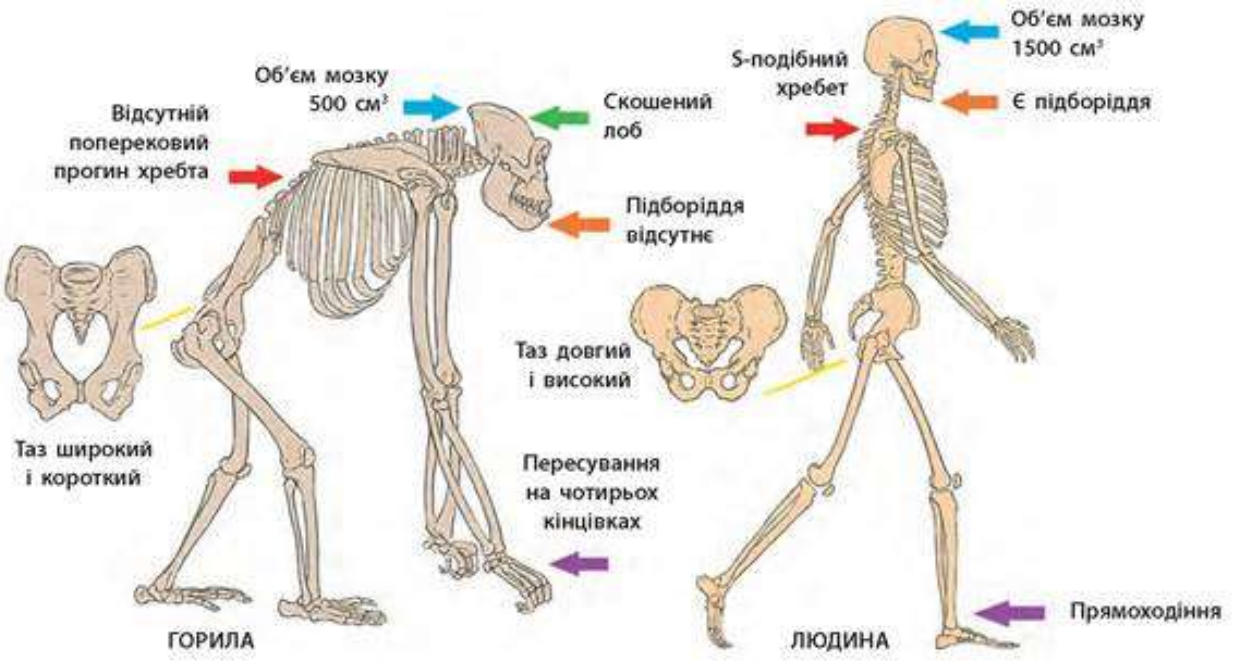


Рис. 1.6. Порівняння скелета людини та шимпанзе: адаптація до прямоходіння

Методичне значення порівняльної анатомії у шкільному курсі біології

У шкільній біології порівняльно-анатомічний підхід виконує освітню та світоглядну функцію. Його застосування сприяє: формуванню еволюційного мислення в учнів; усвідомленню єдності живої природи; розумінню морфофункціональних взаємозв'язків між організмами [4, с. 55–67].

Демонстрація порівняльних схем, таблиць і моделей скелета різних тварин дозволяє учням побачити поступовість ускладнення організації, зрозуміти, як природний добір і умови існування впливають на формування структури органів [21, с. 40–59].

Особливо важливо показувати учням гомологічні органи, щоб пояснити доказовість еволюційної теорії та її біологічну логіку [43, с. 75–90].

Порівняльно-анатомічний підхід є основою наукового пізнання еволюції опорно-рухової системи. Він дає змогу встановити спільне походження органів, простежити послідовність їхніх морфологічних перетворень і виявити закономірності адаптацій.

У педагогічному аспекті цей підхід є ефективним інструментом формування еволюційних, анатомічних і здоров'язбережувальних компетентностей учнів, сприяючи розумінню нерозривного зв'язку людини з іншими живими організмами та її місця у природі [35].

У першому розділі кваліфікаційної роботи здійснено теоретичний аналіз еволюції нервової системи тварин і людини як важливого наукового та навчального об'єкта у шкільному курсі біології. Узагальнення сучасних наукових і психолого-педагогічних джерел дало змогу розкрити основні закономірності формування та ускладнення нервової системи в процесі філогенезу – від дифузних нервових сіток у найпростіших багатоклітинних організмів до високоорганізованої центральної нервової системи людини.

Встановлено, що еволюційний підхід до вивчення нервової системи сприяє глибшому розумінню учнями взаємозв'язку між будовою, функціями та рівнем організації живих організмів, а також формуванню цілісної наукової картини світу. Особливу увагу приділено порівняльно-анатомічним і функціональним аспектам розвитку нервової системи, які мають значний дидактичний потенціал у шкільному курсі біології.

Проаналізовано нормативні документи та чинні навчальні програми, що дозволило з'ясувати місце й роль тем, пов'язаних з еволюцією нервової системи, у змісті біологічної освіти закладів загальної середньої освіти. З'ясовано, що ці теми є методично значущими для формування еволюційного мислення, біологічної грамотності та усвідомлення єдності походження живих організмів.

Отже, результати теоретичного аналізу підтверджують доцільність і необхідність системного вивчення еволюції нервової системи тварин і людини у шкільному курсі біології, що створює науково-методичне підґрунтя для розробки ефективних методів, прийомів і засобів навчання, які будуть розглянуті в наступних розділах роботи.

РОЗДІЛ 2
МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ ТВАРИН І ЛЮДИНИ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ БІОЛОГІЇ

2.1. Педагогічні основи формування еволюційних понять у процесі навчання біології

Вивчення еволюції опорно-рухової системи на шкільному рівні дозволяє інтегрувати анатомічні, морфологічні та філогенетичні знання, забезпечуючи цілісне сприйняття розвитку органічного світу. У контексті Нової української школи (НУШ), такий підхід забезпечує не лише засвоєння фактів, а й формування здатності пояснювати природні явища, використовуючи наукові докази [38].

Формування еволюційних понять має ґрунтуватися на принципах науковості, наступності, наочності, системності та діяльнісного підходу [17]. Ці принципи забезпечують узгодженість змісту навчання з віковими особливостями учнів, а також сприяють розвитку критичного мислення та пізнавальної мотивації.

Педагогічною основою є забезпечення розуміння учнями зв’язку будови організмів з їхнім способом життя і взаємозалежності морфологічних змін від умов існування [15]. Таке усвідомлення дозволяє побачити у різноманітності живих істот прояв єдиних еволюційних закономірностей.

Особливу увагу слід приділяти створенню умов для порівняльного аналізу біологічних об’єктів, що сприяє розвитку аналітичного мислення, умінню узагальнювати факти та робити науково обґрунтовані висновки [37].

Вивчення еволюції опорно-рухової системи на шкільному рівні дозволяє поєднати анатомічний, морфологічний і еволюційний аспекти, забезпечуючи цілісне бачення розвитку органічного світу. Це сприяє формуванню в учнів еволюційного мислення, розумінню взаємозв’язку між будовою, функцією і середовищем існування організмів, а також вихованню наукового ставлення до природи (див. табл. 2.1).

Таблиця 2.1.

Педагогічні принципи формування еволюційних понять

№	Принцип навчання	Характеристика	Приклад застосування
1	Науковість	Використання достовірних наукових фактів і сучасних біологічних даних	Пояснення еволюції скелета на прикладі переходу від риби до земноводних
2	Наступність	Зв'язок між курсом зоології (7 кл.) та анатомії (8 кл.)	Порівняння скелета приматів і людини як база для розуміння антропогенезу
3	Наочність	Використання мультимодальних засобів для активізації різних каналів сприйняття інформації	Демонстрація 3D-анімації роботи суглобів у поєднанні з роботою над пластиковими муляжами кісток
4	Системність	Поєднання знань із різних галузей біології	Порівняння еволюції опорно-рухової системи тварин і людини
5	Діяльнісний підхід	Активна участь учнів у дослідницьких завданнях	Виконання лабораторних та проектних робіт

Підсумовуючи вищевикладене, можна стверджувати, що теоретико-педагогічні засади формування еволюційних понять у процесі вивчення опорно-рухової системи ґрунтуються на комплексному поєднанні класичних дидактичних принципів із сучасними вимогами компетентнісного підходу. Вивчення еволюції скелета тварин і людини в шкільному курсі біології

виступає потужним інструментом формування наукового світогляду учнів, оскільки дозволяє простежити закономірності історичного розвитку живого від простих форм до складних біомеханічних адаптацій. Ключовою умовою ефективності цього процесу є дотримання принципу наступності між курсами біології у 7 та 8 класах, що забезпечує логічний перехід від морфології тварин до антропогенезу. Водночас широке впровадження мультимодальних засобів навчання та діяльнісного підходу дозволяє активізувати пізнавальний інтерес здобувачів освіти, сприяючи глибшому розумінню взаємозв'язку між будовою організму та умовами його існування. Такий інтегрований підхід створює необхідний фундамент для подальшого методичного проектування уроків та розробки практичних завдань, спрямованих на розвиток природничо-наукової компетентності учнів.

Встановлено, що формування еволюційних понять у шкільному курсі біології є педагогічно складним і багаторівневим процесом, який має ґрунтуватися на принципах науковості, наступності, системності, наочності та діяльнісного підходу. Обґрунтовано, що вивчення еволюції опорно-рухової системи сприяє усвідомленню учнями причинно-наслідкових зв'язків між умовами існування організмів і морфологічними змінами їхньої будови. З'ясовано, що залучення учнів до порівняльного аналізу біологічних об'єктів створює передумови для розвитку еволюційного мислення, аналітичних умінь та формування наукового світогляду.

2.2. Місце теми «Еволюція опорно-рухової системи тварин і людини» у шкільному курсі біології

Тема «Еволюція опорно-рухової системи тварин і людини» інтегрує знання з анатомії, зоології, еволюційного вчення та фізіології [28]. Вона забезпечує міжпредметні зв'язки між різними розділами біології, сприяючи формуванню цілісного уявлення про закономірності розвитку органічного світу. Рисунок 2.1 демонструє схематичне зображення взаємозв'язків між розділами біології, що формують розуміння еволюції скелета.

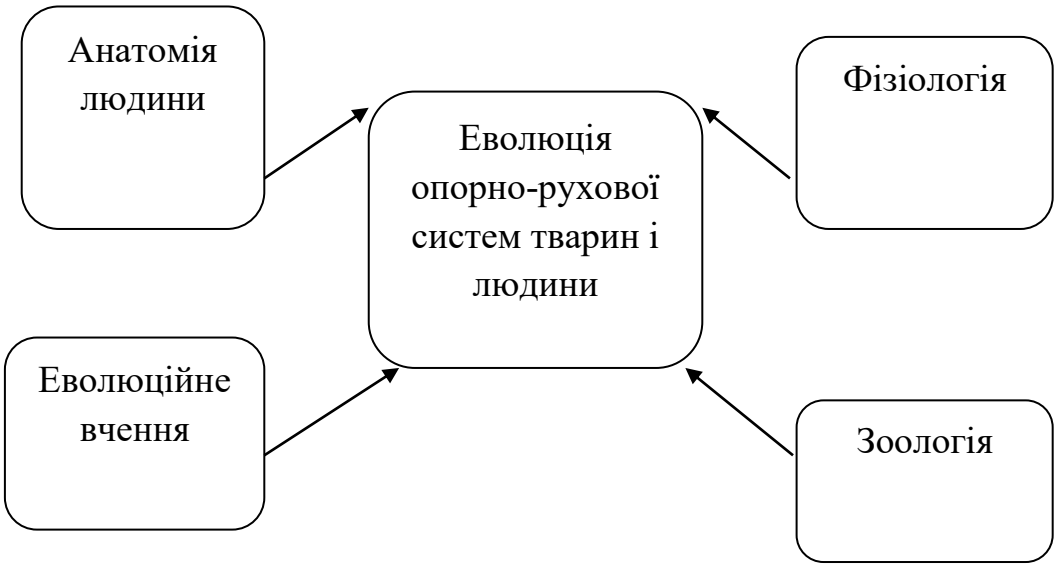


Рис. 2.1. Інтеграційна модель теми «Еволюція опорно-рухової системи»

Згідно з принципами концентричного навчання та вимогами НУШ, вивчення еволюції опорно-рухової системи розпочинається у 7 класі під час опанування розділу «Тварини», де закладається фундамент розуміння філогенезу. У 8 класі знання поглиблюються через вивчення антропогенезу та адаптацій людини до прямоходіння. Завершальним етапом є 9 та 10-11 класи, де ОРС розглядається як об’єкт морфологічної еволюції та приклад дії природного добору (див. табл. 2.2).

Аналіз наведеної структури свідчить, що вивчення теми має концентричний характер. Це дозволяє вчителю забезпечити поступовий перехід від морфологічного опису скелета конкретних видів у 7 класі до глибоких теоретичних узагальнень щодо філогенезу в старшій школі. З методичної точки зору такий розподіл матеріалу сприяє кращому засвоєнню складних понять через їх постійне повторення та розширення.

У навчальних програмах з біології дана тема виконує інтегруючу функцію, оскільки дозволяє об’єднати в єдину логічну систему знання про скелет як про структуру, що зазнавала поступових прогресивних змін упродовж філогенезу [26]. Вона забезпечує зв’язок між базовим рівнем знань учнів та узагальнюючим розумінням еволюційних процесів.

Таблиця 2.2

Місце теми «Еволюція опорно-рухової системи»
у структурі шкільного курсу біології (укладено на основі програм і методичних рекомендацій [15]).

Розділ курсу	Клас	Основні питання, що пов’язані з темою	Методичні підходи
«Тварини»	7 (фрагментарно 5-6)	Порівняння будови скелета безхребетних і хребетних тварин, виявлення еволюційних тенденцій у формуванні опорно-рухового апарату	Робота з муляжами, таблицями, схемами, виконання порівняльних вправ
«Людина»	8	Будова скелета людини, порівняння з іншими ссавцями, формування навичок анатомічного аналізу	Моделювання, лабораторні заняття, аналіз еволюційних змін
«Еволюція органічного світу»	10–11	Узагальнення знань про морфологічну еволюцію скелета, роль адаптацій у процесі філогенезу	Використання порівняльних таблиць, інтерактивних вправ, 3D-моделей

З методичної точки зору доцільно розглядати еволюцію опорно-рухової системи у вигляді порівняльних таблиць, схем, моделей і лабораторних занять, що передбачають роботу з наочними матеріалами (муляжами кісток, скелетів, анатомічними плакатами тощо) [15]. Такий підхід сприяє ефективному засвоєнню матеріалу, розвитку спостережливості та логічного мислення учнів, а також формуванню навичок наукового аналізу, що

ґрунтується на інтеграції знань із галузей природничих наук, педагогіки та мистецтва (табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Міжпредметні зв’язки теми
«Еволюція опорно-рухової системи тварин і людини»

Галузь знань	Приклади інтеграції	Очікувані результати навчання
Анатомія людини	Порівняння будови скелета людини та інших хребетних	Усвідомлення еволюційного походження опорно-рухової системи
Зоологія	Аналіз етапів формування скелета у різних типів тварин	Розуміння морфофункціональних адаптацій
Еволюційне вчення	Дослідження напрямків прогресивних змін	Усвідомлення філогенетичних тенденцій розвитку скелета
Фізіологія	Вивчення зв’язку між будовою кісток і рухом	Формування уявлень про функціональні закономірності
Мистецтво	Використання скелета як основи пропорцій у пластичній анатомії	Естетичне сприйняття гармонії форми і функції

Вивчення теми «Еволюція опорно-рухової системи тварин і людини» сприяє не лише формуванню наукового світогляду учнів, а й розвитку інтегрованого мислення, що ґрунтується на поєднанні знань із різних галузей природничих наук, педагогіки та мистецтва.

Визначено, що тема «Еволюція опорно-рухової системи тварин і людини» займає важливе інтегративне місце у структурі шкільного курсу біології, поєднуючи знання з зоології, анатомії людини, еволюційного вчення та фізіології. Доведено, що її послідовне вивчення у 5–11 класах забезпечує

наступність і системність формування еволюційних уявлень. Показано, що розгляд еволюції скелета як результату адаптацій до різних середовищ існування сприяє формуванню цілісного бачення розвитку органічного світу та поглибленню міжпредметних зв’язків.

2.3. Форми та методи навчальної діяльності учнів при вивченні еволюції опорно-рухової системи

Для ефективного засвоєння знань з еволюції опорно-рухової системи доцільно використовувати різноманітні методи навчання, що поєднують традиційні та інноваційні підходи [37]. Вони мають бути спрямовані на формування в учнів здатності аналізувати, узагальнювати й пояснювати еволюційні закономірності розвитку організмів.

Серед найефективніших методів:

Проблемне навчання – створення навчальних ситуацій, які спонукають учнів до самостійного пошуку еволюційних причин морфологічних відмінностей [39];

Порівняльний аналіз – зіставлення будови скелета риб, земноводних, плазунів, птахів, ссавців і людини з метою виявлення спільних і відмінних рис [23];

Мультимедійні демонстрації та 3D-моделі, що забезпечують візуалізацію процесів еволюційної перебудови, активізують сприйняття та підвищують інтерес учнів до навчання [34];

Лабораторні й практичні роботи (наприклад, «Порівняння скелетів різних класів хребетних», «Будова скелета людини»), які формують дослідницькі навички та вміння працювати з наочними об’єктами [23];

Дослідницькі міні-проєкти («Еволюція кінцівок хребетних», «Адаптації скелета до середовища існування»), що сприяють розвитку самостійності, творчості та наукового мислення [14].

Форми організації навчання – індивідуальна, групова, парна, колективна – забезпечують активну участь кожного учня в пізнавальній

діяльності [15]. Особливо ефективним є впровадження елементів STEM-освіти, яка інтегрує знання з біології, анатомії, фізики, технології та інформатики, формуючи практичне мислення, креативність і вміння застосовувати знання у реальних ситуаціях.

Для візуалізації складних еволюційних переходів, таких як трансформація плавців у п'ятипалі кінцівки або формування S-подібного вигину хребта людини, доцільно впроваджувати цифрові освітні ресурси, інтерактивні платформи (зокрема Mozaik3D та BioDigital Human) та віртуальні лабораторії. На відміну від статичних ілюстрацій чи таблиць, використання інтерактивних 3D-моделей дозволяє учням досліджувати біологічні об’єкти у динаміці: самостійно маніпулювати об’єктами, розглядати їх під різними кутами та вивчати внутрішню структуру кісток. Такий мультимодальний підхід забезпечує активізацію пізнавального інтересу та когнітивної діяльності школярів, сприяючи глибшому розумінню морфологічних адаптацій та філогенетичних закономірностей безпосередньо під час навчального процесу.

STEM-освіта (від англ. Science, Technology, Engineering, Mathematics) – це міждисциплінарний підхід до навчання, що поєднує природничі науки, технології, інженерію та математику. Основна мета STEM-підходу полягає у розвитку компетентностей XXI століття – критичного мислення, уміння розв’язувати реальні проблеми, працювати в команді, застосовувати знання з різних галузей для створення практичних продуктів або моделей [33]. Упровадження зазначеного підходу в контексті НУШ дозволяє учням не лише засвоювати теоретичні аспекти еволюції, а й застосовувати знання з фізики та математики для розуміння біомеханіки скелета (табл. 2.4).

Застосування зазначених методів дозволяє перетворити процес вивчення еволюції опорно-рухової системи з репродуктивного відтворення фактів на активне наукове дослідження.

Важливим аспектом є врахування інклюзивної складової та диференційованого підходу, що дозволяє адаптувати складність

дослідницьких проєктів відповідно до пізнавальних можливостей кожного учня.

Таблиця 2.4.

Приклад інтеграції STEM-освіти у вивченні теми «Опорно-рухова система»

Етап STEM-уроку	Зміст діяльності учнів	Формовані компетентності
Science (наука)	Аналіз будови скелета, дослідження функцій кісток і суглобів.	Біологічна грамотність, аналітичне мислення.
Technology (технології)	Використання цифрових датчиків, інтерактивних цифрових атласів.	Інформаційна культура, критичне мислення.
Engineering (інженерія)	Створення макетів скелета або моделей хребта з підручних матеріалів.	Креативність, командна взаємодія.
Mathematics (математика)	Розрахунок індексу пропорційності тіла або статистичний аналіз поширеності порушень постави серед учнів	Математична компетентність

Таким чином, застосування різних форм і методів навчальної діяльності під час вивчення еволюції опорно-рухової системи сприяє підвищенню мотивації, розвитку критичного мислення й забезпечує комплексне формування еволюційних понять у школярів.

Обґрунтовано доцільність використання різноманітних форм і методів навчальної діяльності учнів, що поєднують традиційні та інноваційні підходи. Встановлено, що проблемне навчання, порівняльний аналіз, мультимедійні демонстрації, лабораторні та практичні роботи, дослідницькі мініпроєкти й елементи STEM-освіти підвищують пізнавальну активність учнів і сприяють глибшому засвоєнню еволюційних закономірностей.

З’ясовано, що варіативність форм організації навчання забезпечує активну участь кожного учня в освітньому процесі та формування ключових і предметних компетентностей.

2.4. Методичні рекомендації щодо формування здоров’язбережувальних компетентностей у процесі вивчення теми

Вивчення еволюції опорно-рухової системи має не лише пізнавальне, а й виховне та практичне значення, адже сприяє усвідомленню учнями важливості збереження функціонального стану організму [41]. Формування здоров’язбережувальних компетентностей відбувається через розуміння будови скелета, його функцій і ролі у підтриманні фізичного та психічного здоров’я людини [45].

Учні повинні усвідомлювати, що еволюційно сформований скелет людини пристосований до активної рухової діяльності, проте сучасний малорухомий спосіб життя призводить до порушень постави, зниження м’язового тонусу, розвитку сколіозу, остеохондрозу та інших захворювань хребта. Тому під час вивчення теми доцільно поєднувати анатомічний та валеологічний аспекти, звертаючи увагу на профілактику порушень опорно-рухової системи.

З метою формування здоров’язбережувальних компетентностей рекомендовано застосовувати такі методичні підходи:

Інтегровані уроки («Анатомія людини і здоров’я», «Біологія і фізкультура»), що поєднують знання про будову організму з практичними аспектами здорового способу життя [8];

Відео- та фотодемонстрації правильного положення тіла під час сидіння, стояння, ходьби та письма, що допомагають учням усвідомити значення ергономіки у повсякденній діяльності [10];

Вправи для підтримання гнучкості хребта і суглобів, виконання рухових пауз на уроках, що сприяють профілактиці статичного перенапруження [40];

Короткі практичні завдання – «Оцінка постави», «Перевірка симетрії плечей і лопаток», «Аналіз власної пози під час роботи за партою» [32].

Такі види діяльності сприяють формуванню свідомого ставлення до власного тіла, розумінню зв'язку між еволюційними особливостями скелета людини та необхідністю підтримання його функціонального стану. Учні засвоюють, що правильна постава, достатня рухова активність і збалансоване харчування є умовами реалізації еволюційно зумовленого потенціалу опорно-рухової системи [27].

Особливу увагу варто приділити проектній діяльності здоров'язбережувального спрямування, наприклад, створенню мініпроєктів:

«Як зберегти здоров'я хребта в умовах навчання»,

«Порівняльний аналіз постави учнів різних класів»,

«Вплив фізичних вправ на стан опорно-рухової системи».

Такі проєкти сприяють розвитку відповідальності, самоаналізу та формуванню навичок планування власного рухового режиму.

Використання візуальних засобів суттєво підвищує ефективність засвоєння матеріалу. Демонстрації, відео, схеми та рисунки допомагають пов'язати еволюційні аспекти з практичними рекомендаціями щодо здоров'я (рис. 2.2, 2.3).

Варто також упроваджувати елементи STEM-освіти, коли учні аналізують біомеханічні властивості рухів людини, моделюють навантаження на хребет або суглоби, використовуючи цифрові інструменти. Це поєднує біологічні знання з математичними розрахунками та фізичними принципами рівноваги і сили.

Доцільно застосовувати інтерактивні методи навчання: дискусії, рольові ігри, онлайн-тестування стану опорно-рухової системи, створення інформаційних буклетів із порадами щодо профілактики захворювань хребта. Це сприяє емоційному залученню школярів і підвищує усвідомленість щодо цінності здоров'я.



Рис. 2.2. Правильна та неправильна постава під час сидіння

Пояснення: ілюструє ергономічні аспекти положення тіла за партою, сприяючи формуванню навичок самоконтролю

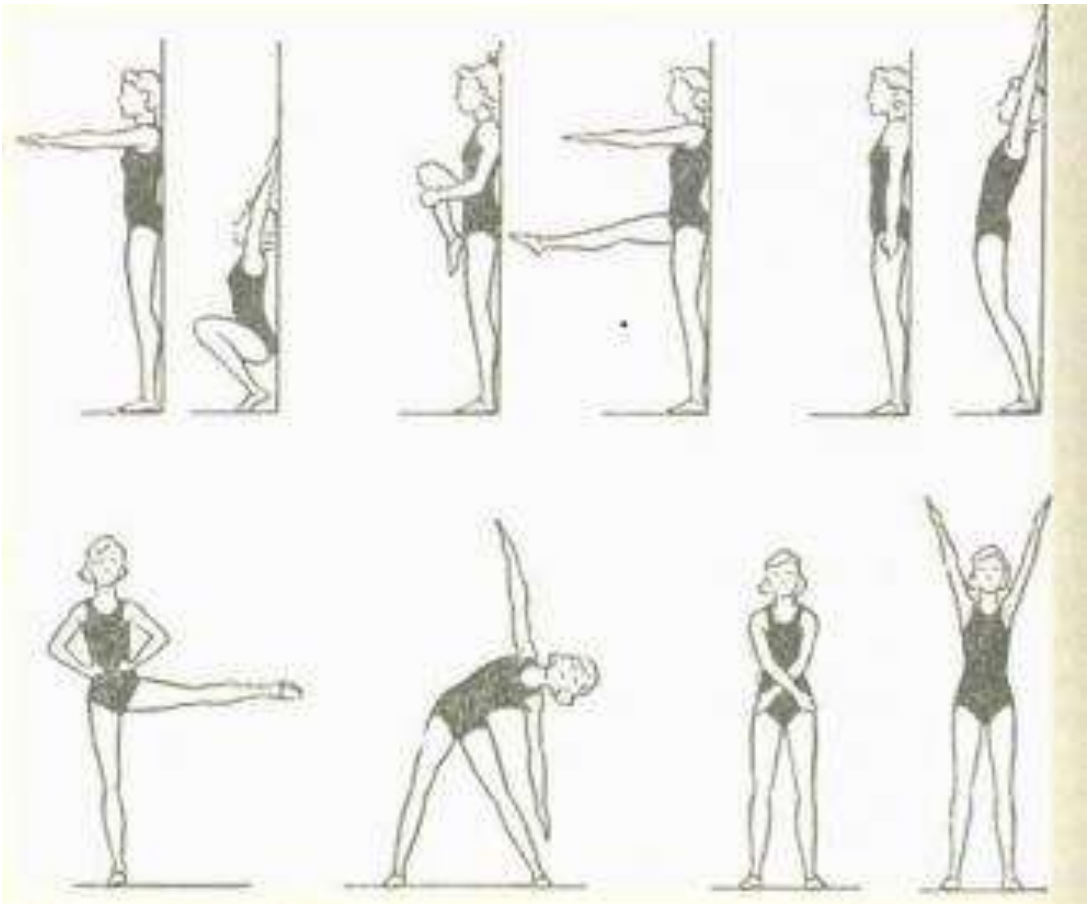


Рис. 2. 3. Вправи для профілактики порушень постави

Пояснення: схематично зображено комплекси рухів для підтримання тонусу м’язів спини та гнучкості хребта

Важливим є також інклюзивний підхід, що передбачає адаптацію навчального матеріалу для учнів з особливими освітніми потребами, використання наочних моделей, відеоінструкцій, спеціальних вправ, які допомагають усім учням без винятку брати активну участь у навчальному процесі (див. табл. 2.5).

Таким чином, методичне поєднання еволюційного, анатомічного, валеологічного, STEM- та інтерактивного підходів під час вивчення теми «Еволюція опорно-рухової системи тварин і людини» сприяє формуванню компетентної, свідомої особистості, здатної підтримувати власне здоров’я на основі наукових знань і практичних умінь.

Таблиця 2.5

Приклади адаптованих завдань для учнів з різними освітніми потребами

Тип адаптації	Зміст завдання	Очікуваний результат
Візуальна підтримка	Перегляд схем і відео, робота з макетами кісток	Розуміння просторових зв’язків між частинами скелета
Фізична адаптація	Виконання вправ у положенні сидячи або з опорою	Формування відчуття рівноваги, координації
Когнітивна адаптація	Робота за покроковими інструкціями	Засвоєння алгоритму здорової поведінки

У другому розділі проаналізовано методичні засади вивчення еволюції опорно-рухової системи тварин і людини у шкільному курсі біології відповідно до компетентнісного, діяльнісного та інтегративного підходів сучасної освіти. Дослідження показало, що ефективність засвоєння складного еволюційно-біологічного матеріалу значною мірою залежить від добору методів, форм і засобів навчання, адекватних віковим особливостям учнів та навчальним цілям.

У ході аналізу встановлено, що традиційні методи (пояснювально-ілюстративні, проблемно-пошукові) потребують поєднання з активними формами роботи, такими як інтерактивні вправи, групова та проєктна діяльність. Це сприяє формуванню в учнів умінь аналізувати еволюційні зміни опорно-рухового апарату, порівнювати біологічні об’єкти та робити науково обґрунтовані висновки.

Особливу увагу приділено здоров’язбережувальній складовій та використанню цифрових освітніх ресурсів (3D-моделей, відеоматеріалів), що забезпечують візуалізацію складних процесів і сприяють кращому засвоєнню матеріалу. Оптимальне поєднання STEM-технологій та інклюзивних підходів

створює умови для формування в учнів цілісної наукової картини розвитку опорно-рухової системи та відповідального ставлення до власного здоров'я.

Доведено, що вивчення еволюції опорно-рухової системи має значний здоров’язбережувальний потенціал. Обґрунтовано необхідність поєднання еволюційного, анатомічного та валеологічного аспектів навчання з метою формування в учнів свідомого ставлення до власного здоров’я. Встановлено, що використання інтегрованих уроків, практичних вправ, візуальних матеріалів, проєктної діяльності та інклюзивних підходів сприяє розвитку навичок здорового способу життя. Показано, що усвідомлення еволюційно зумовлених особливостей опорно-рухової системи формує відповідальне ставлення учнів до збереження її функціонального стану.

РОЗДІЛ 3
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ЕВОЛЮЦІЇ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ ТВАРИН І ЛЮДИНИ

3.1. Мета і завдання педагогічного експерименту

На сучасному етапі розвитку біологічної освіти вивчення еволюційних процесів потребує відходу від репродуктивного засвоєння фактологічного матеріалу та орієнтації на формування в учнів системного наукового мислення, уміння аналізувати, порівнювати й узагальнювати біологічні явища. У зв’язку з цим експериментальна частина дослідження була спрямована на перевірку ефективності методичних підходів, що забезпечують глибоке розуміння філогенезу опорно-рухової системи тварин і людини шляхом інтеграції теоретичних знань і практичної діяльності учнів.

Метою педагогічного експерименту було теоретичне обґрунтування та експериментальна перевірка ефективності розробленої методики вивчення теми «Еволюція опорно-рухової системи тварин і людини» у шкільному курсі біології. Особливу увагу приділено визначенню її впливу на рівень сформованості еволюційних уявлень, аналітичних умінь щодо порівняння морфологічних структур, а також здоров’язбережувальних компетентностей учнів [30].

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання педагогічного експерименту:

1. Провести констатувальний етап експерименту з метою визначення початкового рівня знань учнів щодо еволюції опорно-рухової системи.
2. Упровадити розроблену методику навчання з використанням порівняльно-анатомічного, діяльнісного та інтегративного підходів.
3. Провести формувальний етап експерименту з реалізацією авторської методики.

4. Здійснити контрольний етап дослідження та порівняти отримані результати з початковими показниками.
5. Проаналізувати динаміку змін у пізнавальній активності учнів, рівні розуміння еволюційних процесів та сформованості здоров'язбережувальних умінь.

Таким чином, визначені мета та завдання дозволяють чітко окреслити напрям дослідження, спрямований на верифікацію ефективності інтегрованої методики навчання, що поєднує теоретичні засади еволюційного вчення з практико-орієнтованими методами формування предметних компетентностей учнів.

3.2. Організація та етапи проведення експерименту

Педагогічний експеримент було організовано як цілісний процес, що охоплював кілька взаємопов'язаних етапів. Його структура дала змогу не лише зафіксувати результати навчання, а й простежити динаміку змін у рівні знань і пізнавальної діяльності учнів під впливом запропонованої методики.

У дослідженні брали участь учні 8-х та 9-х класів (загальною кількістю 100 осіб), які були розподілені на контрольні (КК) та експериментальні (ЕК) класи. До складу контрольних і експериментальних груп входили учні 8-х і 9-х класів (по 25 учнів у кожному класі).

У контрольних класах вивчення теми «Еволюція опорно-рухової системи» здійснювалося за традиційною методикою, що базується на пояснювально-ілюстративному підході. В експериментальних класах навчання проводилося за розробленою методикою з використанням інтегрованого, діяльнісного підходів, цифрових освітніх ресурсів та елементів STEM-освіти.

Реалізація дослідження здійснювалася у три послідовні етапи:

Констатувальний етап передбачав проведення первинної діагностики рівня знань учнів. Основна увага приділялася виявленню рівня сформованості еволюційних уявлень, зокрема розумінню причин виникнення

гомологічних органів та взаємозв'язку між будовою і функціями опорно-рухової системи. Результати цього етапу стали основою для подальшого порівняння.

Формувальний етап був спрямований на реалізацію експериментальної методики навчання в експериментальних класах. У процесі навчання застосовувалися діяльнісні та інтерактивні методи: складання порівняльних таблиць «Риба – Амфібія – Ссавець», аналіз 3D-моделей скелета, виконання навчальних і мініпроєктів, зокрема з елементами валеологічного аналізу (оцінка постави).

Контрольний етап передбачав підсумкову перевірку рівня навчальних досягнень учнів і виявлення змін, що відбулися в результаті впровадження експериментальної методики. На цьому етапі проводився підсумковий контроль знань і здійснювалося порівняння результатів навчання учнів контрольних та експериментальних класів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Схема організації педагогічного експерименту

Етап експерименту	Зміст та мета діяльності	Методи дослідження	Форми організації навчання
I. Констатувальний	Діагностика вихідного рівня знань, еволюційних уявлень та ставлення до вивчення біології	Вхідне тестування, анкетування, спостереження за діяльністю учнів	Фронтальне опитування, індивідуальні бесіди
II. Формувальний	Впровадження експериментальної методики (STEM-проєкти, мультимедійне моделювання, порівняльний аналіз)	Проблемно-пошукові уроки, аналіз віртуальних лабораторій, метод кейсів.	Групова, парна робота, колективне обговорення (дискусії)
III. Контрольний	Оцінка ефективності методики, аналіз динаміку рівнів сформованості компетентностей	Контрольне тестування, самооцінювання, статистична обробка результатів	Узагальнюючі уроки-конференції, інтерактивні вправи (Kahoot!)

Триетапна структура педагогічного експерименту забезпечила системність та об’єктивність дослідження. Це дозволило детально порівняти результативність традиційного викладання з експериментальною методикою, що базується на активному використанні ІКТ, порівняльно-анатомічному аналізі та практико-орієнтованих формах роботи. Такий підхід гарантує верифікацію гіпотези про доцільність інтеграції знань з еволюційної морфології та валеології в межах шкільного курсу біології.

3.3. Критерії та показники ефективності методики

Для об’єктивного оцінювання ефективності розробленої методики було визначено систему критеріїв, які дають змогу комплексно проаналізувати рівень сформованості біологічних знань і вмінь учнів. Оцінювання здійснювалося за когнітивним, діяльнісним і ціннісно-мотиваційним критеріями, що відповідають вимогам Державного стандарту базової середньої освіти.

Кожен із визначених критеріїв диференціювався за трьома рівнями – високим, середнім і низьким відповідно до чинних критеріїв оцінювання навчальних досягнень учнів у системі загальної середньої освіти [36] (табл. 3.2).

Обрана критеріально-рівнева модель забезпечує комплексний підхід до оцінювання результатів навчання і не обмежується лише перевіркою фактичних знань. Вона дозволяє врахувати інтелектуальний аспект, що характеризує рівень засвоєння знань і розуміння еволюційних закономірностей, практичний аспект, пов’язаний зі сформованістю умінь порівнювати, аналізувати та застосовувати знання під час виконання навчальних завдань, а також особистісний аспект, який відображає ставлення учнів до вивчення біології та усвідомлення значення знань для збереження власного здоров’я.

Запропонована система критеріїв і показників стала основою для проведення контрольного етапу педагогічного експерименту та подальшого

порівняльного аналізу результатів навчання учнів контрольних і експериментальних класів.

Таблиця 3.2.

Критеріально-рівнева модель оцінювання ефективності методики

Критерій	Показники (що саме оцінюємо)	Характеристика рівнів сформованості
Когнітивний	Повнота та системність знань про філогенез опорно-рухової системи; розуміння закономірностей гомології кісток; усвідомлення взаємозв’язку між будовою скелета та способом пересування (адаптація).	Високий: вільне оперування термінами, глибоке розуміння причинно-наслідкових зв’язків. Середній: відтворення матеріалу за зразком, наявність окремих неточностей у порівнянні. Низький: фрагментарні знання, труднощі у визначенні еволюційних тенденцій.
Діяльнісний	Уміння працювати з натуральними об’єктами та 3D-моделями; здатність порівнювати скелети різних класів хребетних; навички моделювання еволюційних змін; уміння аналізувати власну поставу з позиції антропогенезу.	Високий: самостійне виконання дослідницьких завдань, критичний аналіз морфологічних даних. Середній: виконання завдань за інструкцією, алгоритмізоване порівняння. Низький: виконання найпростіших маніпуляцій лише за допомогою вчителя.
Ціннісно-мотиваційний	Сформованість інтересу до вивчення палеонтології та антропології; ціннісне ставлення до природи як цілісної системи; усвідомлення значущості фізичної активності для збереження здоров’я скелета.	Високий: стійкий пізнавальний інтерес, активна участь у STEM-проєктах, свідоме дотримання правил гігієни опорно-рухової системи. Середній: епізодичний інтерес, формальне ставлення до здоров'язбереження. Низький: низька мотивація до навчання.

3.4. Аналіз результатів експериментальної роботи

Порівняльні результати контрольного та експериментального класів

Ефективність упровадженої методики вивчення еволюції опорно-рухової системи оцінювалася шляхом порівняльного аналізу результатів навчання учнів контрольних та експериментальних класів. Отримані дані свідчать про позитивну динаміку, що відображена у табл. 3.3 та на рис. 3.1.

Таблиця 3.3.

Динаміка рівнів сформованості знань учнів (до і після експерименту)

Рівень знань	До експерименту (КК)	До експерименту (ЕК)	Після експерименту (КК)	Після експерименту (ЕК)
Високий	18 %	20 %	25 %	48 %
Середній	47 %	46 %	50 %	44 %
Низький	35 %	34 %	25 %	8 %

Аналіз отриманих показників свідчить, що до початку експерименту рівні навчальних досягнень учнів у контрольних та експериментальних класах були майже однаковими, що забезпечує коректність подальшого порівняння результатів. Після завершення формувального етапу в експериментальному класі спостерігається суттєве покращення результатів: частка учнів із високим рівнем знань зросла на 28 % (з 20 % до 48 %), тоді як у контрольному класі – лише на 7 % (з 18 % до 25 %). Водночас кількість учнів із низьким рівнем знань в експериментальному класі зменшилася з 34 % до 8 %, тоді як у контрольному – з 35 % до 25 %. Це свідчить про вищу ефективність експериментальної методики порівняно з традиційною.

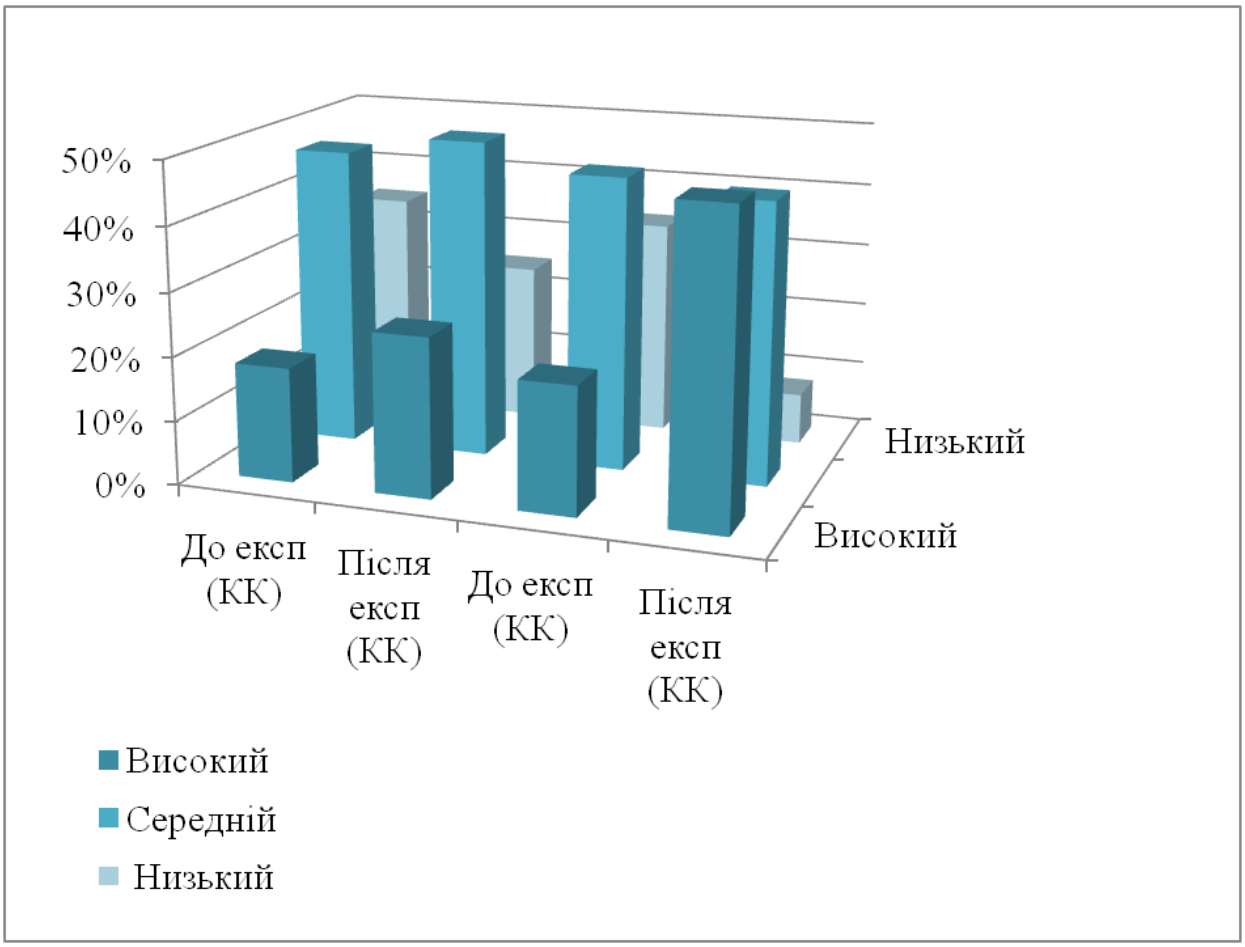


Рис. 3.1. Діаграма порівняння результатів експериментального та контрольного класів

Узагальнені результати

Для більш детальної оцінки змін у сформованості різних компонентів навчальної діяльності було здійснено аналіз результатів за визначеними критеріями. Узагальнені показники ефективності експериментальної методики порівняно з контрольною групою наведено в табл. 3.4, рис.3.2.

Таблиця 3.4.

Показники ефективності експериментальної методики
(приріст у ЕК порівняно з КК)

Критерій	Покращення (%) у ЕК порівняно з КК
Когнітивний	+23 %
Діяльнісний	+18 %
Ціннісно-мотиваційний	+27 %

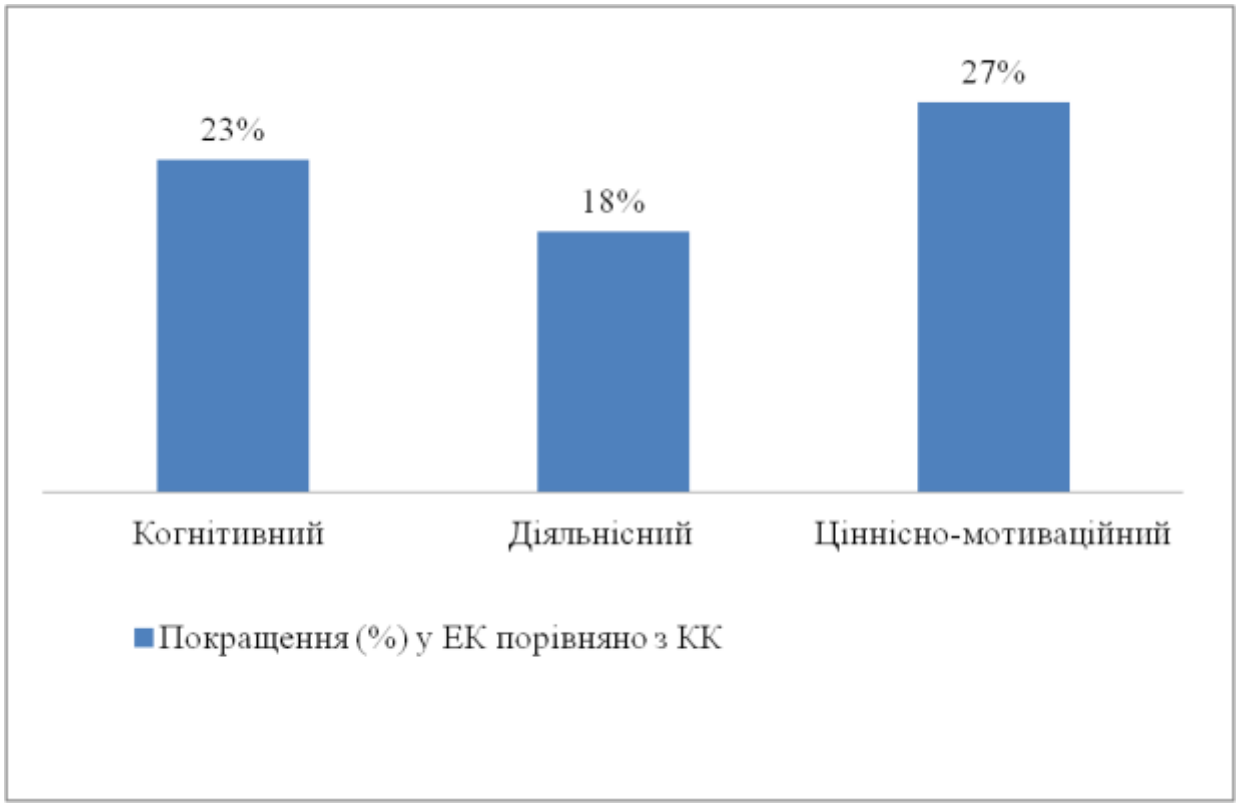


Рис. 3.2. Діаграма ефективності експериментальної методики

Як свідчать отримані дані, найбільший приріст спостерігається за ціннісно-мотиваційним критерієм (+27 %). Це можна пояснити тим, що використання елементів STEM-освіти та практико-орієнтованих завдань (зокрема аналізу постави та впливу фізичної активності на стан опорно-рухової системи) сприяло підвищенню інтересу учнів до вивчення біології та усвідомленню її практичного значення.

Значний приріст за когнітивним критерієм (+23 %) свідчить про те, що застосування порівняльно-анатомічного підходу під час вивчення скелетів тварин і людини сприяє кращому засвоєнню еволюційних закономірностей. Діяльнісний критерій (+18 %) також демонструє позитивну динаміку, що підтверджує формування в учнів умінь аналізувати, порівнювати та застосовувати знання під час виконання навчальних завдань.

Отримані результати дають підстави стверджувати, що впровадження розробленої методики сприяє підвищенню рівня навчальних досягнень учнів і зменшенню частки учнів із низьким рівнем знань. Поєднання наочності,

елементів моделювання та діяльнісного підходу виявилося ефективним засобом активізації пізнавальної діяльності учнів і формування цілісного розуміння еволюційних процесів.

3.5. Методичні рекомендації та приклади уроків з теми «Еволюція опорно-рухової системи»

Для ефективного засвоєння теми «Еволюція опорно-рухової системи» доцільно застосовувати інтегрований підхід, що поєднує знання з еволюційного вчення, анатомії, фізіології та основ здоров'я. Це сприяє усвідомленню учнями причинно-наслідкових зв'язків між адаптивними змінами органів і умовами середовища існування.

Основними напрямами реалізації методики є використання дослідницьких методів (моделювання філогенетичних рядів, що відображають ускладнення будови опорно-рухового апарату), цифрових освітніх ресурсів (застосування інтерактивних платформ (Kahoot!, LearningApps) для візуалізації навчального матеріалу та контролю знань), а також елементів STEM-освіти (робота з 3D-моделями скелета у віртуальних середовищах (PhET, Visible Body), що сприяє розвитку просторового мислення учнів).

Приклад 1. Урок у 8 класі: «Порівняльна будова скелета хребетних»

Мета: вивчити еволюційні зміни скелета хребетних як адаптацію до середовища існування.

Хід уроку:

1. Актуалізація знань: інтерактивний тест «Хто має такий скелет?».
2. Пояснення: аналіз еволюційних тенденцій із використанням табл. 3.5 «Порівняльна характеристика скелетів хребетних».
3. Практична частина: робота в групах – побудова філогенетичного ряду згідно з рис. 1.5, який наочно відображає прогресивне ускладнення

будови хребетного стовпа та поясів кінцівок як адаптацію до різних способів пересування.

4. Закріплення: заповнення інтерактивної схеми «Еволюція кінцівок».
5. Підсумок: рефлексія «Єдність живої природи».

Таблиця 3.5.

Порівняльна характеристика скелетів хребетних

Клас тварин	Особливості осьового скелета	Особливості кінцівок
Риби	Хребет з двох відділів	Плавці (парні та непарні)
Земноводні	Поява шийного хребця	П’ятипала кінцівка, пояси кінцівок
Плазуни	Диференціація хребта (5 відділів)	Кінцівки розташовані з боків тіла
Птахи	Зростання хребців (складний криж)	Крила (видозмінені передні кінцівки)
Ссавці	Спеціалізація хребців	Кінцівки під тулубом

Проведений педагогічний експеримент засвідчив ефективність запропонованої методики вивчення еволюції опорно-рухової системи тварин і людини в шкільному курсі біології. Учні експериментальних класів продемонстрували вищий рівень сформованості знань, умінь аналізувати та порівнювати біологічні об’єкти, а також підвищений інтерес до вивчення предмета. Використання порівняльно-анатомічного підходу сприяє формуванню цілісного уявлення про єдність органічного світу. Інтеграція навчального матеріалу з питаннями збереження здоров’я дозволяє формувати в учнів відповідальне ставлення до власного організму. Запропоновані методичні підходи сприяють підвищенню якості засвоєння знань і активізації пізнавальної діяльності учнів.

Приклад 2. Урок у 9 класі: «Еволюція опорно-рухової системи людини»

Мета: пояснити морфологічні адаптації скелета до прямоходіння та їхнє значення для здоров’я людини.

1. Вступ: порівняльний аналіз скелетів шимпанзе та людини з виявленням гомологічних органів (рис. 1.6).
2. Дослідження: робота з табл. 3.6 «Морфологічні адаптації скелета людини до прямоходіння», де проаналізовано зміни в будові черепа, хребта, таза та стопи.
3. Практична діяльність: STEM-моделювання рівноваги тіла людини (демонстрація зміщення центру тяжіння).
4. Закріплення: дискусія на тему: «Які зміни скелета стали ключовими наслідками прямоходіння?».
5. Підсумок та рефлексія: анкетування «Еволюційні надбання та моє здоров’я».

Таблиця 3.6.

Морфологічні адаптації скелета людини до прямоходіння

Орган / Система	Шимпанзе	Людина	Адаптивне значення для людини
Череп	Потиличний отвір зміщений назад	Потиличний отвір зміщений у центр базикраніума	Вертикальне положення голови
Хребет	С-подібна форма	S-подібна форма	Амортизація під час ходьби
Таз	Вузький, видовжений	Широкий, чашоподібний	Підтримка внутрішніх органів
Стопа	Склепіння відсутнє	Виражене склепіння	Пом'якшення ударів при кроці

У межах формувального етапу для учнів 9 класу було проведено анкетування з метою оцінювання рівня засвоєння матеріалу та ставлення учнів до збереження здоров’я опорно-рухової системи.

Анкета для учнів «Еволюційні надбання та моє здоров’я»

Мета: визначити рівень розуміння адаптацій скелета людини до прямоходіння та сформованість ціннісного ставлення до збереження власного здоров’я.

1. Яка з перелічених особливостей скелета людини є наслідком переходу до прямоходіння? (оберіть одну або кілька відповідей):

– S-подібна форма хребта;

– чашоподібна форма таза;

– склепінчаста стопа;

– переважання мозкового відділу черепа.

2. Чи погоджуєтеся ви з твердженням, що будова скелета людини свідчить про її спорідненість з іншими хребетними?

– Так;

– Частково;

– Важко відповісти.

3. Чи відбуваються зміни опорно-рухової системи людини в сучасних умовах (малорухливий спосіб життя)?

– Так;

– Ні;

– Важко відповісти.

4. Оцініть за 5-бальною шкалою, як часто ви контролюєте свою поставу (1 – ніколи, 5 – постійно).

5. Які порушення можуть виникати внаслідок гіподинамії? (оберіть одну або кілька відповідей):

– порушення вигинів хребта;

– плоскостопість;

– зниження міцності кісток.

6. Чи вплинуло вивчення теми на ваше ставлення до фізичної активності?

– Так;

– Частково;

– Ні.

Аналіз результатів анкетування показав достатньо високий рівень засвоєння навчального матеріалу: 85 % учнів експериментальної групи правильно визначили основні адаптації скелета людини до прямоходіння, понад 70 % усвідомили зв’язок між малорухливим способом життя та порушеннями опорно-рухової системи, а близько 60 % відзначили вплив теми на їхнє ставлення до фізичної активності. Отже, результати підтверджують, що інтегрований підхід сприяє не лише засвоєнню знань, а й формуванню відповідального ставлення до власного здоров’я.

Проведене педагогічне дослідження підтвердило ефективність розробленої методики вивчення еволюції опорно-рухової системи тварин і людини. Її впровадження забезпечило підвищення рівня навчальних досягнень учнів, що проявилося у збільшенні частки учнів із високим рівнем знань в експериментальних класах до 48 %. Результати експерименту засвідчили переваги використання порівняльно-анатомічного підходу, діяльнісних методів навчання та сучасних цифрових ресурсів у процесі викладання біології. Застосування таких підходів сприяє кращому розумінню еволюційних закономірностей і формуванню в учнів умінь аналізувати біологічні об’єкти. Важливим результатом є також підвищення рівня навчальної мотивації учнів і формування відповідального ставлення до власного здоров’я, що підтверджується зростанням показників за ціннісно-мотиваційним критерієм.

Отже, інтеграція елементів порівняльного аналізу, практичної діяльності та цифрових технологій у процес навчання біології є ефективним засобом підвищення якості освіти та формування цілісного наукового світогляду учнів.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дозволило комплексно вивчити проблему викладання еволюції опорно-рухової системи у шкільному курсі біології, що дало змогу сформулювати такі висновки відповідно до поставлених завдань.

По-перше, здійснено теоретичний аналіз наукових джерел, який підтвердив, що опорно-рухова система є інтегральним комплексом, будова якого тісно пов’язана з еволюційними перетвореннями та біологічними функціями організму. Визначено, що еволюція цієї системи від найпростіших гідростатичних структур до складного кісткового скелета хребетних відображає загальні закономірності ускладнення живої природи.

По-друге, охарактеризовано етапи еволюційного розвитку опорно-рухової системи у різних групах тварин. Доведено, що кожна стадія філогенезу супроводжувалася якісними морфологічними змінами, які стали відповіддю на перехід організмів до нових середовищ існування та способів локомоції.

По-третє, розкрито методологічне значення порівняльно-анатомічного підходу, який є фундаментом для вивчення еволюційних процесів. Встановлено, що використання гомологій та аналогій дозволяє учням наочно простежити спорідненість організмів і довести об’єктивність еволюційної теорії через аналіз кісткових структур.

По-четверте, проведено аналіз шкільних програм і підручників, який засвідчив наявність фрагментарності у подачі еволюційного матеріалу. Це підтвердило актуальність розробки цілісної методики, що дозволяє систематизувати знання про морфологічні адаптації, зокрема про еволюцію черепа та скелета людини.

По-п’яте, обґрунтовано вибір методичних прийомів та засобів навчання, серед яких провідну роль відіграють STEM-підхід, інтерактивне моделювання, цифрові ресурси та валеологічна рефлексія. Ці засоби

стимулюють пізнавальну діяльність та забезпечують краще засвоєння складних еволюційних понять.

По-шосте, розроблено методичні рекомендації та структуру уроків для 8 та 9 класів, які пройшли експериментальну перевірку. Результати апробації довели ефективність впровадження інтегрованої методики: зростання рівня навчальних досягнень учнів на 48 %, формування ціннісного ставлення до власного здоров’я та активізація еволюційного мислення здобувачів освіти.

Отже, вирішення поставлених завдань довело, що інтеграція еволюційної морфології та здоров’язбережувальних технологій є дієвим інструментом підвищення якості природничої освіти, що сприяє формуванню наукового світогляду учнів та їхньої готовності до розуміння місця людини в системі живої природи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анатомія опорно-рухового апарату : навч. посіб. / В. С. Пикалюк та ін. ; за ред. В. С. Пикалюка. 2-ге вид., випр. та допов. Львів : Магнолія 2006, 2024. 292 с.
2. Андрієнко О. Д., Красноштан І. В. Фізіологія людини і тварин : навч.-метод. посіб. 3-є вид., допов. Умань : ФОП Жовтий О. О., 2016. 167 с.
3. Антропологія : навч. посіб. / Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара. 2025. URL: https://library.dp.ua/ (дата звернення: 09.03.2026).
4. Біологічна освіта в школі : метод. посіб. / за ред. Н. М. Сидоренко. Київ : Генеза, 2020. 210 с.
5. Біологія : підруч. для 8 кл. закл. заг. серед. освіти / К. М. Задорожний та ін. Київ : Ранок, 2025. 240 с. URL: https://pidruchnyk.com.ua/2926-biologiia-zadorozhnyi-8-klas-2025.html (дата звернення: 06.03.2026).
6. Біологія : підруч. для 8 кл. для закл. заг. сер. освіти / Тагліна О. В., Самойлов А. М., Утєвська О. М. Х. : Видавництво «Ранок», 2025. 256 с.
7. Біологія : підручник / за ред. О. Б. Топачевського. Київ : Освіта, 2018. 320 с.
8. Богатиренко В. А. Інтегровані курси природничих дисциплін в світлі стратегії розвитку освіти України. *Грааль науки*. 2022. № 16. С. 404–414. URL: https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/article/view/304 (дата звернення: 10.03.2026).
9. Гакман А. В. Основи біомеханіки руху : навч. посіб. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2019. 144 с.
10. Гедзур Т. І., Белчгазі В. Й., Вайда П. В. Аналіз сучасних методів навчання у процесі викладання біології в умовах війни: деякі аспекти цифрової трансформації освітнього процесу. *Академічні візії*. 2023. Вип. 17. URL: https://academic-visions.org/index.php/journal/article/view/330 (дата звернення: 10.03.2026).

11. Голярдик Н. А. та ін. Основи біології та генетики, анатомія та еволюція нервової системи людини : навч.-метод. посіб. Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2020. 128 с.
12. Гомля Л. М. Еволюційне вчення : навч. посіб. Полтава : АСМІ, 2011. 136 с.
13. Гончар О. С. Біологічні основи еволюції. Київ : Вища школа, 2019. 250 с.
14. Довгопола Л. І., Шамало Т. О. Використання проєктно-дослідницької діяльності у процесі навчання біології здобувачів освіти. *Наукові інновації та передові технології. Серія: Педагогіка*. 2022. № 11 (13). С. 283–296. URL: https://doi.org/10.52058/2786-5274-2022-11(13)-283-296 (дата звернення: 10.03.2026).
15. Дяченко-Богун М. М. Методика навчання біології : навч. посіб. Полтава : ПНПУ ім. В. Г. Короленка, 2023. 145 с. URL: http://dspace.pnpu.edu.ua/bitstream/123456789/21912/1/Методика%20навчання%20біології.pdf (дата звернення: 10.03.2026).
16. Еволюційна морфологія : навч. посіб. / Н. В. Лебединець та ін. Київ : Інтерсервіс, 2018. 224 с. URL: https://dspace.udpu.edu.ua/bitstream/6789/9301/1/ЕВОЛЮЦІЙНА%20МОРФОЛОГІЯ.pdf (дата звернення: 09.03.2026).
17. Звєкова В. Формування наукового світогляду підростаючого покоління. *Науковий вісник Ізмаїльського державного гуманітарного університету*. 2022. № 58. С. 64–71. URL: https://visnyk.idgu.edu.ua/index.php/nv/article/view/565 (дата звернення: 10.03.2026).
18. Іваненко П. М. Анатомія людини : навч. посіб. Київ : Медицина, 2015. 400 с.
19. Ільїна Ю. Ю., Перелигіна Л. А., Приходько Ю. О. Основи біології людини : підручник. Харків : НУЦЗУ, 2019. 279 с. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/13024/1/Основи%20биолог%20люд%20(Ильина)ПИДРУЧНИК%20.pdf (дата звернення: 09.03.2026).

20. Ковальчук Г. В. Зоологія з основами екології : підручник. Суми : Університетська книга, 2003. 614 с. URL: https://k.twirpx.link/file/2302449/ (дата звернення: 06.03.2026).
21. Ковальчук І. В. Методика навчання біології. Київ : Освіта, 2019. 256 с.
22. Козлов В. І. Порівняльна анатомія хребетних. Львів : Видавництво ЛНУ, 2016. 280 с.
23. Комарова О. В. Методика викладання біології у профільній школі. Практичний курс : метод. інструкції. Кривий Ріг : КДПУ, 2017. 59 с.
24. Коц С. М., Коц В. П. Анатомія людини : навч. посіб. Харків : ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2022. 336 с.
25. Марченко О. С. Біологічна еволюція людини : навч. посіб. Київ : Видавничий дім «Слово», 2021. 230 с.
26. Матяш Н. Ю. та ін. Навчання біології учнів основної школи : метод. посіб. Київ : КОНВІ ПРІНТ, 2019. 208 с. URL: https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/718427/1/19-07%20%281%29.pdf (дата звернення: 10.03.2026).
27. Мехед О. Б. Біологічні основи здорового способу життя та індивідуального здоров'язбереження учасників освітнього процесу. *Формування компетентності індивідуального здоров'язбереження: теорія і практика в освітніх процесах* : монографія / за заг. ред. О. Б. Мехеда. Чернігів : Десна Поліграф, 2021. С. 174–198. URL: https://epub.chnpu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/7220/1 (дата звернення: 10.03.2026).
28. Навчальна програма з біології і екології для 10–11 класів закладів загальної середньої освіти: рівень стандарту : затв. наказом М-ва освіти і науки України від 23.10.2017 № 1407. URL: https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv (дата звернення: 10.03.2026).
29. Назарук М. М. та ін. Основи екології : навч. посіб. 3-є вид. Львів : Малий видавничий центр географічного факультету, 2018. 98 с. URL:

https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/09/Pidruchnyk_Osnovy-ekolohii_11.02.2018.pdf (дата звернення: 09.03.2026).

30. Нікітченко Л. О. Біологічний експеримент у теорії і методиці шкільної біологічної освіти. *Наукові записки ВДПУ імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук*. 2023. № 4. С. 29–36. URL: https://vspu.net/naturalscience/index.php/journal/article/view/30/24 (дата звернення: 10.03.2026).
31. Основи порівняльної анатомії та екології хордових тварин : навч. посіб. / Ю. В. Проценко, Л. В. Горобець, С. О. Лопарев. Київ, 2019. 336 с. URL: https://biomed.knu.ua/images/stories/Kafedry/Ecol_zool/Library/Osnovy_porivnialnoi_anatomii_ta_ekolohii_khordovykh_tvaryn_compressed.pdf (дата звернення: 09.03.2026).
32. Палієнко О. А., Єрічева Т. Ю. Вікова фізіологія, валеологія, шкільна гігієна і безпека життєдіяльності : навч. посіб. Переяслав-Хмельницький : Домбровська Я. М., 2019. 167 с.
33. Поліхун Н. І. та ін. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів : метод. рекомендації. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с.
34. Полякова А. С., Ястребова О. С., Власюк М. М. Використання мультимедійних та інтерактивних технологій у викладанні біології у вищій школі. *Педагогічна Академія: наукові записки*. 2025. № 23. URL: https://doi.org/10.5281/zenodo.17389205 (дата звернення: 10.03.2026).
35. Помогайбо В. М., Петрушов А. В., Власенко Н. О. Основи антропогенезу : підручник. Київ : Академвидав, 2015. 288 с.
36. Про затвердження Критеріїв оцінювання навчальних досягнень учнів (вихованців) у системі загальної середньої освіти : наказ Міністерства освіти і науки України від 13.04.2011 № 329. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0566-11 (дата звернення: 10.03.2026).

37. Пташенчук О. О. Компетентнісний підхід до професійної підготовки майбутніх учителів біології. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2018. Вип. 151 (1). С. 120–126.

38. Рудюк В. В. Інтеграція біологічної освіти з практичними галузями життя: від теорії до практики. *Сучасні тенденції розвитку науки й освіти в умовах поглиблення євроінтеграційних процесів* : зб. тез доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Мукачево, 16 трав. 2024 р.). Мукачево : Вид-во МДУ, 2024. С. 183–185. URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/ (дата звернення: 10.03.2026).

39. Русаков В. Ф., Русакова Н. М., Чабаненко В. В. Проблемне навчання як засіб активізації навчального процесу. *Розвиток освіти і науки: проблеми, теорія, досвід і перспективи* : матер. II заоч. Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Вінниця, 2021 р.). Вінниця : ДонНУ імені Василя Стуса, 2021. С. 86–87.

40. Сидорук І. та ін. Значення рухової активності дітей та підлітків. *Rehabilitation and Recreation*. 2020. № 7. С. 60–67. URL: https://rehabrec.org/index.php/rehabilitation/article/view/100 (дата звернення: 10.03.2026).

41. Сливка Л. В. Здоров’язбережувальна педагогіка : навч.-метод. посіб. Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г. М., 2016. 200 с.

42. Сливка С. М. Морфологічна еволюція хребетних. Київ : Либідь, 2020. 198 с.

43. Тимошенко Т. І. Еволюційне вчення: основи, методи, докази. Київ : Либідь, 2017. 190 с.

44. Федоренко Л. Ю. Порівняльна морфологія ссавців і людини. Одеса : Астропринт, 2018. 276 с.

45. Федченко Н. Формування здоров'язберігаючих компетенцій на уроках біології. *Молодий вчений*. 2021. № 11 (99). С. 60–63. URL:

https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/2436 (дата звернення: 10.03.2026).

46. Фізіологія людини і тварин : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Д. Андрієнко, І. В. Красноштан. 3-є видання. Умань : ФОП Жовтий О. О., 2016. 167 с.
47. Хлус Л. М. Зоологія безхребетних : наукове видання. Частина 1. Чернівці : Рута, 2001. 78 с. URL: https://irbis-nbuv.gov.ua (дата звернення: 16.01.2026).
48. Шабанов Д., Кравченко М. Екологія: біологія взаємодії : онлайн-підручник. URL: https://www.batrachos.com/help-books-ecology (дата звернення: 09.03.2026).
49. Якубенко І. В. Еволюція опорно-рухової системи тварин. Харків : Ранок, 2017. 210 с.
50. Aiello L., Dean C. An Introduction to Human Evolutionary Anatomy. Academic Press, 2018. 608 p. URL: https://books.google.com.ua/ (дата звернення: 09.03.2026).
51. Brusca R. C., Moore W., Shuster S. Invertebrates. 3rd ed. Sinauer Associates, 2016. 1104 p. URL: https://ru.scribd.com/document/824506434/Invertebrates-Brusca-2016-3-Ed (дата звернення: 09.03.2026).
52. Campbell Biology / L. A. Urry et al. 12th ed. New York : Pearson, 2021. 1287 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Campbell_Biology.html?id=zqFlxwEACAAJ (дата звернення: 09.03.2026).
53. Campbell N. A., Reece J. B. Biology. 11th ed. San Francisco : Pearson, 2017. 1488 p. URL: https://www.amazon.com/Campbell-Biology-11th-Lisa-Urry/dp/0134093410 (дата звернення: 09.03.2026).
54. Hickman C. P., Roberts L. S., Larson A. Integrated Principles of Zoology. 17th ed. McGraw-Hill, 2021. 448 p. URL: https://dl.icdst.org/ (дата звернення: 09.03.2026).
55. Kardong K. V. Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution. 8th ed. McGraw-Hill, 2019. 864 p.

56. Kardong K. V. Vertebrates: Comparative Anatomy, Function, Evolution. 9th ed. McGraw-Hill, 2023. 817 p. URL: https://www.mheducation.com/ (дата звернення: 09.03.2026).
57. Margulis L., Schwartz K. V. Five Kingdoms: An Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth. 2009. P. 12–55.
58. Pechenik J. A. Biology of the Invertebrates. New York : McGraw-Hill, 2015. 625 p. URL: https://k.twirpx.link/file/2850102/ (дата звернення: 14.12.2025).
59. Ruppert E. E., Fox R. S., Barnes R. D. Invertebrate Zoology: A Functional Evolutionary Approach. 7th ed. Brooks/Cole, 2004. 990 p. URL: https://www.amazon.com/ (дата звернення: 21.01.2026).
60. Tortora G. J., Derrickson B. Principles of Anatomy and Physiology. 16th ed. Wiley, 2020. 1296 p. URL: https://www.wiley.com/ (дата звернення: 09.03.2026).
61. Schoenberg A. D. Палеоантропологія : онлайн-курс / San Diego City College. LibreTexts Ukrayinska. Last updated: Oct 28, 2022. URL: https://ukrayinska.libretexts.org/ (дата звернення: 09.03.2026).