

УДК 56:598.192

DOI <https://doi.org/10.30970/pal.55.9>

ОГЛЯД ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ОСНОВ ПАЛЕОНТОЛОГІЇ, ЕВОЛЮЦІЇ БІОСФЕРИ ЗДОБУВАЧАМИ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Людмила Демчук¹, Ірина Пацева², Ганна Кірейцева³, Ілля Циганенко-Дзюбенко⁴

Державний університет «Житомирська політехніка»,
вул. Чуднівська, 103, Житомир, Україна, 10005
ke_dlm@ztu.edu.ua

¹orcid.org/0000-0001-5698-7113; ²orcid.org/0000-0001-6271-7355;

³orcid.org/0000-0002-1055-1784; ⁴orcid.org/0000-0002-3240-8719

У статті розглядається використання деяких цифрових технологій у гуманітарній сфері, проводиться систематизація сучасних методик дослідження. Розглянуто застосування таких методик і технологій, як фотограмметрія, відеозйомка, 3D-моделювання. Ці прийоми дають змогу досліджувати об'єкт із найменшим для нього збитком, отримати та зберегти найповнішу інформацію про нього. Досліджує використання цифрових технологій у навчанні основ палеонтології та еволюції біосфери здобувачами вищої освіти. Вона враховує різні аспекти свого підходу, включаючи віртуальну реальність, 3D-моделювання, базис даних, комп'ютерне моделювання та онлайн-курси.

Досягнення віртуозно реалістичної та розширеної реалістичності дає змогу учням взаємодіяти замість модифікацій із палеонтологічними об'єктами та процесами біосфери. Це допомагає їм краще зрозуміти вимерлі види, середовища минулих епох та еволюційні зміни. 3D-моделювання та друк дають змогу створювати точні цифрові моделі скам'янілостей та інших палеонтологічних знань. Це дає студентам можливість вивчити деталізовані структури органів і розробити фізичні моделі для детального опису. Пошук баз даних і геоінформаційних систем дає змогу збирати, брати й аналізувати великі обсяги даних палеонтологічних наук. Це сприяє порівнянню даних, встановленню зв'язків між організмами та реконструкції екосистем минулих епох. Комп'ютерне моделювання та аналіз даних дають змогу продовжити послідовні віртуальні експерименти, проводити еволюційні процеси та аналізувати генетичні дані. Це сприяє кращому розумінню чинників, що впливають на еволюцію організмів і біосфери.

Нині наявна тенденція комплексного застосування під час дослідження одного об'єкта зазначених технологій і методів. Зроблено висновок про можливості застосування цифрових технологій під час вивчення основ палеонтології, еволюції біосфери, що введе науки палеонтології та еволюції біосфери на новий рівень.

Описується використання цифрових технологій у процесі вивчення еволюції біосфери студентів вищої освіти. Розглядаються різні аспекти цього використання, що сприяють поліпшенню процесу навчання.

Основні питання, які розглядаються в анотації:

1. Досягнення віртуальної реальності (VR) та розширення реальності (AR) в умовах еволюції біосфери. Ці технології дають змогу студентам взаємодіяти з віртуальними об'єктами та сценаріями, що стосуються еволюційних процесів, що допомагає уявити та зрозуміти складні концепції.

2. Розробка комп'ютерної програми та аналітичних інструментів для моделювання та аналізу даних еволюційних процесів. Ці інструменти дають змогу студентам виявляти та аналізувати дані, що мають розвиватися в біосфері, та аналізувати фактори, які впливають на ці зміни.

3. Пошук онлайн-ресурсів та інтерактивних платформ для доступу до актуальних даних і ресурсів з еволюційною біосфери. Студенти можуть самостійно вибирати матеріали, доводити до обговорення та обговорювати з фахівцями з таких галузей.

4. Створення 3D-моделювання та конструювання моделей для імплантації складної морфології та структури органів, які вимерли або зникли в минулих епохах. Це дає змогу студентам отримати реалістичне вчення про організми та їхню еволюцію.

Студенти завойовують теоретичні знання під час вивчення еволюційних процесів у біосфері; розглянуто принципи та механізми еволюції, вивчають різні чинники, що роблять внесок в еволюційні процеси в живих органах та екосистемах.

1. Використання емпіричних документів. Студентам дається можливість вивчати палеонтологічні знання, геологічні дослідження, генетичні дані та інші джерела емпіричної інформації, що стосуються еволюції. Вони навчаються аналізувати дані та доводити їх за формулою визначення значень і гіпотез.

2. Моделювання та симуляція. Студенти можуть мати можливість вибирати комп'ютерні програми для моделювання еволюційних процесів та віртуальних симуляторів. Це дає змогу експериментувати з різними параметрами та рівнями, використовувати значення та аналізувати принципи еволюції.

3. Групи проектів та розрахунки робота. Студенти можуть працювати в групах, дотримуючись загальних рекомендацій та проектів, які мають розвиватися в біосфері. Це сприяє розвитку комунікативних навичок, колективної співпраці та обміну ідеями.

Ключові слова: 3D-моделювання, фотограмметрія, цифрові технології, еволюція, біосфера, палеонтологія.

Вступ. Розвиток цифрових технологій ставить проблему використання їх у різних галузях гуманітарного знання. Вони мають низку переваг порівняно з традиційними методами і прийомами фіксації об'єктів і процесів, наприклад, підвищують точність і забезпечують гарантоване зберігання даних.

Завдяки технологіям наш світ може стати більш рівноправним, миролюбним та справедливим. Розвиток цифрових технологій може сприяти підтримці та прискоренню досягнення кожної з 17 цілей у сфері сталого розвитку починаючи з цілей ліквідації крайньої бідності, зниження коефіцієнтів материнської та дитячої смертності та закінчуючи цілями заохочення стійкого фермерського виробництва та забезпечення гідної роботи, а також досягнення загальної грамотності.

Водночас технології можуть ставити під загрозу недоторканність приватного життя, підривати безпеку та посилювати нерівність. Використання технологій позначається як у здійсненні прав людини, так і на забезпеченні свободи її дій. Як і попереднім поколінням, нам – членам урядів, представникам компаній та приватним особам – належить зробити вибір щодо того, як ми використовуємо нові технології та контролюємо їх розвиток.

Впровадження цифрових технологій відбувається швидше, ніж запровадження будь-яких інших інноваційних розробок в історії людства: всього за два десятиліття цифровими технологіями вдалося охопити близько 50% населення країн, що розвиваються, і перетворити за допомогою суспільства. Використання технологій, що сприяють розширенню комунікаційних можливостей та доступу до фінансових, комерційних та державних послуг, може призвести до значного зниження рівня нерівності населення.

Уже із середини XIX ст. археологи повсюдно намагалися «дублювати» свої креслення і малюнки фотографіями, які законно претендують на більшу об'єктивність. Інформацію про

пам'ятку, яку розкопують, стали передавати у звіті трьома паралельними методами реєстрації: «текст – креслення – фотографія». Наступний серйозний «прорив» у якості археологічної фіксації стався на рубежі XX–XXI ст. і був пов'язаний з винаходом цифрової фотографії та початком використання електронного тахеометра. Їх комплексне застосування призвело до збільшення точності і швидкості фіксації, а також до початку переходу від фіксації на паперових носіях до електронних способів передачі та зберігання інформації. Документування процесу розкопок стало можливим проводити на основі цифрової тахеометричної фіксації та фотозйомки з подальшим опрацюванням отриманих даних у різних САД-програмах.

При цьому всі креслення і фотографії, які подають у звіті, як і раніше, залишалися двовірними, а археологічні об'єкти, які вивчають і знищують під час розкопок, – завжди тривимірними.

Мета статті – застосування цифрових технологій під час навчального процесу природничих дисциплін здобувачами вищої освіти.

Виклад основного матеріалу. Цифрові технології (від лат. Digital technology) – технології зі своїм програмним забезпеченням, які створені за допомогою обчислювальної техніки [4]. Одне із значень слова digital – «палець». Людство протягом своєї історії використовувало для рахунку цілих чисел пальці. Тому спочатку визначення digital застосовувалося до цілих чисел менше десяти. Сучасного значення поняття цифрових технологій набуло у зв'язку з появою нових обчислювальних машин.

Має сенс припустити, що чим грамотніші в цифровому шляху викладачі, тим більше вони використовуватимуть ці навички у викладанні наукових знань студентам, що, своєю чергою, сприятиме сильному почуттю цифрової громадянськості у студентів.

Палеонтологія вивчає те, чого немає: живі організми далекого минулого, давно зниклі екосистеми. Причому давність у палеонтології вимірюється не місяцями та роками, а тисячами, мільйонами, а то й мільярдами років. Але хоча погляд палеонтологів спрямований у минуле, самі вчені тримають руку на пульсі сьогодення.

Дані, одержувані за допомогою цифрових методів дослідження, можна поділити на первинні, одержувані безпосередньо під час контакту з досліджуваним об'єктом, і вторинні, одержувані під час обробки раніше отриманих даних. Розглянемо найпоширеніші методи збирання первинних даних за допомогою нових технологій.

Традиційно збір первинних даних за матеріальними об'єктами здійснювали шляхом безпосереднього спостереження зі створенням креслень або малюнків, за допомогою фотофіксації та текстового опису. Останнім часом дедалі більшого застосування набувають методи тривимірної фіксації, яку виконують шляхом сканування об'єкта лазерним або оптичним сканером, відеофіксацією або фотограмметрією, результати якої подаються в цифровому вигляді.

Лазерне сканування об'єкта проводиться спеціалізованим обладнанням – наземними лазерними сканерами. Результат роботи сканера може бути представлений у двох варіантах: у вигляді растрового зображення або як масив точок [1; 10].

Нині за допомогою відеозйомки можна «зафіксувати» процеси, середовище і контекст, що дає змогу робити збір даних максимально повним, а розуміння «того, що відбувається» більш ясним; відеозапис легко здійснити за допомогою мобільного телефону або фото- чи відеокамери.

Відео стає одним із важливих і ефективних способів передачі результатів досліджень, а візуальні та цифрові дослідження дають змогу по-новому поглянути не тільки на наукове і технічне знання, а й на процес фільмовиробництва і фотографію. Результати відеозйомки можна використовувати і як емпіричний матеріал, і як навчальний засіб для демонстрації того, як конструюється знання, з чого воно складається [4].

3D-моделювання – створення тривимірної моделі об'єкта на основі даних, отриманих з використанням традиційних (архівні креслення та описи, фотографії тощо) і нових (фотограмметрія, лазерне сканування та ін.) методів дослідження.

Ця технологія дає змогу на основі графічних, текстових, фотографічних і цифрових даних за допомогою програмного забезпечення (AutoCAD, Revit та ін.) візуалізувати об'ємну, просторову модель або раніше існуючого об'єкта. Залежно від первинних даних і цілей створення тривимірної моделі об'єкта можна отримати абсолютно різні дані: варіанти графічної реконструкції об'єкта, етапи зміни об'єкта в часі та просторі, просторові характеристики об'єкта та його об'ємні геометричні характеристики, параметри, просторові взаємозв'язки окремих елементів об'єкта і зв'язки з навколишнім середовищем та іншими об'єктами. Спектр застосування цього методу фіксації об'єкта гранично широкий. 3D-модель дає змогу наочно продемонструвати вигляд об'єкта: його вигляд нині, відновити його реальний або передбачуваний первісний вигляд, а також наочно продемонструвати етапи розвитку об'єкта в часі. Модель дає змогу неодноразово повертатися до об'єкта у будь-який момент. Ці властивості 3D-моделі дають змогу максимально повно побачити об'єкт, більш детально і точно його вивчити, вибрати найбільш оптимальний варіант його реставрації або реконструкції, дозволяють демонструвати об'єкт аудиторії в мультимедійних експозиціях або віртуальних музеях.

Часто палеонтолога уявляють як Алана Гранта з «Парку юрського періоду»: отаким собі дядьком у крилатому капелюсі, який видовбує кістку динозавра зі скелі десь у монгольській пустелі. І хоча розкопки нікуди не поділися, але величезна частина роботи зараз проводиться в лабораторіях, за комп'ютером. Тому сьогодні поговоримо про те, як інформаційні технології допомагають палеонтологам ще ефективніше вивчати динозаврів та інших вимерлих тварин.

Для початку нині можна зафіксувати точні координати знахідки за допомогою GPS. Це потрібно, наприклад, якщо скам'янілість занадто велика, щоб вивезти її просто зараз, і потрібно повернутися до неї наступного сезону. В історії палеонтології є чимало епізодів, коли в подорожніх щоденниках Ендрюса або Єфремова від початку або середини ХХ століття згадуються цілі черепи динозаврів, що видніються з породи. Але з різних причин автори щоденників не зуміли вивезти ці зразки. Повернутися за ними в інший час теж не вийшло, а записи настільки туманні, що сучасні палеонтологи так і не зуміли знайти описані місця. І безцінні знахідки так і залишилися повільно руйнуватися від ерозії.

Буває й інша ситуація: коли знахідку в принципі не можна вивезти. Приміром, це національний парк, і там не можна чіпати гірські породи від слова зовсім. Або це слідова доріжка завдовжки метрів п'ятдесят, і її не можна просто так взяти і вирізати зі скелі. Або самі скам'янілості занадто великі, як це вийшло в американського палеонтолога Ніколаса Паенсона. Його команда виявила в Чилі ціле кладовище викопних китів – кілька десятків повних скелетів. До того ж ці скелети знайшлися тільки тому, що в тому місці велися дорожні роботи, і компанія-підрядник дала вченим лише кілька тижнів на вивчення скам'янілостей. Потім у цьому місці мали прокласти шосе.

І якщо не можна вивезти саму скам'янілість, можна зберегти її скан. Команда Паенсона застосувала портативні 3D-сканери і відсканувала всі скелети на місці, щоб потім вивчити їх у всіх деталях у лабораторії. Наприклад, панцирний динозавр з роду анкілозаврів, що жив на Землі наприкінці Крейдяного періоду. У нього був дзьобоподібний рот, а спина і боки були вкриті кістковими структурами. Понад півстоліття тому воїни ацтеків використовували зброю під назвою макахуль – дерев'яну палицю із зазубреними лезами з боків, щоб наносити важкі рани своїм ворогам. Новий вид панцирного динозавра, який жив у Чилійській Патагонії

близько 74 мільйонів років тому, також використовував хвіст, схожий на махауатль, щоб відбиватися від хижаків. Дослідники знайшли близько 80% скелета динозавра, названого *Stegouros elengassen*, чотириноного трав'яного, який є яскравим прикладом ранньої гонки озброєнь, що розвинулася в епоху динозаврів. Це епоха – спосіб виживання в небезпечному світі.

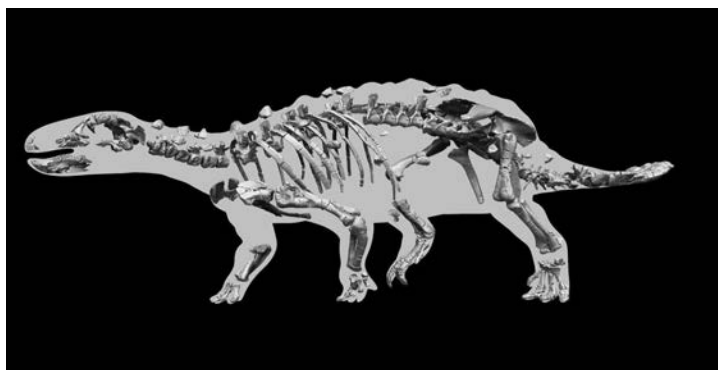


Рис. 1. Динозавр *Stegouros elengassen*

Відкриття також проливає світло на еволюцію цікавої групи танкоподібних динозаврів-анкілозаврів. *S. elengassen* жив у Крейдяному періоді, в епоху пізніх динозаврів, на території, яка зараз є найпівденнішою частиною Південної Америки.



Рис. 2. Зображення броньованого динозавра *Stegouros elengassen*, зроблене художником

Хвіст цього динозавра був унікальним не тільки завдяки своєму неповторному вигляду та потужності, але й тому, що він мав меншу кількість і відносно коротші хребці, ніж у інших панцирних динозаврів. *S. elengassen* жив разом з чотириногими довгими динозаврами, двоногими хижими динозаврами, черепахами, жабами і дрібними ссавцями на берегах звивистих річок. Майже повна і добре збережена скам'янілість була відкопана на крутому пагорбі поблизу Національного парку Торрес-дель-Пайн, Чилі.

Розвиток цифрових технологій має значний потенціал для розвитку основ палеонтології та еволюції біосфери зі значними змінами. Ось кілька способів, якими цифровими технологіями можна скористатися в таких галузях:

1. Віртуальні моделі: за доступну цифрову технологію можна створювати віртуальні моделі лавки та в міру органічних речовин. Це дає змогу студентам виступити та проаналізувати їх без посередництва на комп'ютері або за довідкою віртуально реально. Віртуальні моделі дають змогу розгледіти деталі конструкцій, реконструювати погляд вимерлих тварин та вивчати їхню еволюційну історію.

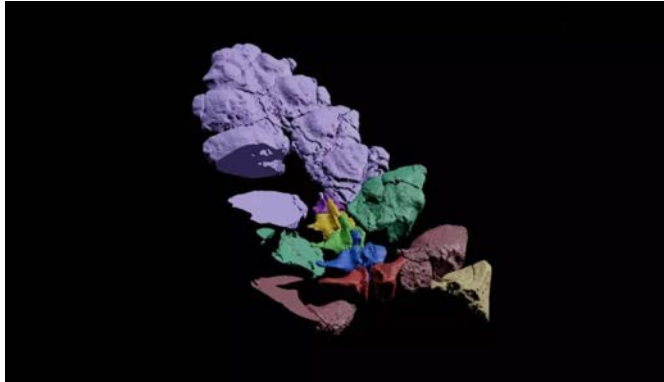


Рис. 3. Цифрова реконструкція унікальної хвостової зброї динозавра *S. elengassen*

2. Комп'ютерна симуляція: цифрові технології дають змогу створювати комп'ютерні симуляції, які моделюють процеси еволюції та зміни в біосфері. За допомогою таких симуляцій можна досліджувати і вносити різні чинники в еволюційні процеси, виявляти форму популяції, взаємодію організмів у вимерлих екосистемах тощо. Це дало можливість студентам відредувати практичні методи та максимально збільшити складські революційні процеси.

3. Аналіз даних і машин навчання: розробка цифрових баз даних і геоінформаційних систем дає змогу збирати, брати й аналізувати великі обсяги даних палеонтологічних знань. Це дає змогу студентам проводити дослідження, коригувати дані, встановлювати зв'язки між організмами та реконструювати екосистеми кількох епох. Цифрові технології дають змогу будувати швидкі й точні аналізи великих даних, які відбирають із розкопок або нових джерел.

4. Віртуальна реальність (VR) і розширення реальності (AR): VR та AR дозволяє студентам взаємодіяти з віртуальними або розширеними об'єктами палеонтологічних наук та біосферних процесів. Ви можете розшифровувати різні види, віртуально відображати середовища кількох епох і підтримувати еволюційні зміни.

Як зазначають науковці О.П. Пожарницький та Л.І. Демчук, освіта є фундаментальною основою розвитку суспільства. Саме тому вона повинна перебувати в постійному пошуку підходів викладання, які є доступними для сприйняття сучасним соціумом. Суспільство сьогодення суттєво вирізняється від суспільства 2000-х.

Тотальна цифровізація та інформатизація призвела до того, що сприйняття інформації людьми є нетиповим для стандартів двадцятирічної давності. Молоді люди перестають сприймати текстову інформацію, вони складно сприймають монологічне мовлення на складні, нетипові для повсякденного життя теми. Натомість передача знань відбувається ефективно в процесі інтерактивної двосторонньої взаємодії, коли науковий зміст доповнюється емоційним наповненням, візуалізацією та динамічністю. Сьогоднішні сучасні

технології дають можливість людям отримати інформацію у зручному форматі, яка передбачає використання різних способів її передачі [5, с. 76–77].

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Процеси цифровізації та наповнення освіти «стійким змістом» виявляються стосовно швидкості та масштабу їх впровадження досить суперечливими. Можна навіть побачити свого роду конкуренцію двох обговорюваних мегатенденцій в освіті, і це порушує питання щодо оптимізації їхніх наслідків як в освіті, так і в загальному розвитку цивілізації. Але водночас вони мають бути взаємопов'язані, необхідно їх гармонізувати, щоб не опинитися в освітній та еволюційній пастці. Якщо «цифрове прискорення» в освіті виявиться швидшим, ніж утілення контенту стратегії сталого розвитку, то навряд чи це стане благом для майбутнього людства, оскільки стимулюватиме відтворення і збереження нестійкого розвитку. Тому цифровізацію доцільно орієнтувати на більш швидке розгортання освіти в інтересах сталого розвитку. Палеонтологія займається вивченням минулого, але палеонтологам не чужі найсучасніші ІТ-технології. Завдяки їм ми вивчаємо стародавній світ швидше й ефективніше, ніж будь-коли. Недарма палеонтолог Стівен Брусатті називає початок ХХІ століття золотим віком палеонтології. Використання цифрових технологій у палеонтології та вивченні еволюції біосфери має значний потенціал і перспективи для досліджень здобувачів вищої освіти. Ось кілька напрямів, які можуть розвиватися в майбутньому:

1. Візуалізація та моделювання: цифрові технології дозволять створювати реалістичні 3D-моделі викопних останків, скам'янілостей та біосферних зразків. Ці моделі можуть бути використані для вивчення структур деталей, форми та функцій викопних організмів, а також для реконструкції давніх екосистем. Здобувачі вищої освіти можуть використовувати ці моделі для навчання та досліджень.

2. Аналіз великих обсягів даних: завдяки цифровим технологіям палеонтологи можуть аналізувати великі обсяги даних, які зібрані з викопних знахідок, геномних досліджень та геологічних даних. Це дозволяє визначити закономірності в еволюційних процесах, відновити родові дерева організмів та вивчити екологічні взаємодії між видами.

3. Використання штучного інтелекту: штучний інтелект може бути застосований для автоматизації аналізу скам'янілостей та ідентифікації видів. Здобувачі вищої освіти можуть використовувати інструменти штучного інтелекту для швидкого та точного вивчення викопних останків, а також для прогнозування змін у біосфері.

4. Віртуальні лабораторії та платформи для співпраці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Варламова Л.Д., Дмитрієв Д.Д. Використання лазерного сканера для збереження архітектурно-історичної спадщини. *Інтерактивна наука*. 2017. № 12 (22), с. 123–127.
2. Іваніна А.В., Гоцанюк Г.І. Історична геологія з основами палеонтології. Ч. 1. Палеонтологія (у схемах, рисунках і таблицях) : навчально-методичний посібник. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка. 2017. 310 с.
3. Муза Д.Є. Ноосферний проект соціоприродної еволюції: пошук алгоритмів стійкості : колективна монографія. Донецьк : ДонНТУ. Технопарк ДонНТУ УНІТЕХ. 2014. 288 с.
4. Палеонтологія, палеоекологія, еволюційна теорія, стратиграфія : Словник-довідник. Харків : Око. 1995. 288 с.
5. Пожарицький О.П., Демчук Л.І. Гейміфікація як інноваційний засіб викладання природничих дисциплін у ЗВО. Науковий журнал «Інноваційна педагогіка». 2022. Вип. 53, том 1. С. 76–81.
6. Савельєв О.Г., Олійник М.О., Янушенко Д.В. Палеонтологічні дослідження : методичні рекомендації. Запоріжжя. 2019. 40 с.

7. Свинко Й.М., Дем'янчук П.М., Волік О.В., Гулик С.В. Цікава палеонтологія Тернопілля : навчальний посібник. Тернопіль : Осадца Ю.В., 2018. 122 с.
8. Benton M.J. Paleobiology and the Fossil Record / M.J. Benton, D.A. Harper. 2015. URL: <http://www.blackwellpublishing.com/paleobiology>.
9. Education 2030: Incheon declaration and framework for action towards Inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all. URL: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002338/233813M.pdf> (дата звернення: 21.07.2023).
10. Gallison P. Visual STS. Visualization in the Age of Computerization. London : Routledge. 2014. P. 197–225. URL: https://galison.scholar.harvard.edu/files/andrewsmith/files/p_galison-visual_sts.pdf.
11. Kireitseva Hanna, Demchuk Lyudmila, Paliy Olga, Kahukina Anastasiia. Toxic impacts of the war on Ukraine. *International Journal of Environmental Studies/Taylor & Francis*. 2023. P. 267–276.

REFERENCES

1. Varlamova, L.D., & Dmytriiev, D.D. (2017). Vykorystannia lazernoho skanera dlia zberezhenntia arkhitekturno-istorychnoi spadshchyny [Using a laser scanner to preserve architectural and historical heritage]. *Interaktyvna nauka*, 12(22). S. 123–127 [in Ukrainian].
2. Ivanina, A.V., & Hotsaniuk, H.I. (2017). *Istorychna heolohiia z osnovamy paleontolohii [Historical geology with the basics of paleontology]*. Ch. 1. Paleontolohiia (u skhemakh, rysunkakh i tablytsiakh): navchalno-metodychniy posibnyk. Lviv: Vydavnychiy tsentr LNU im. I. Franka. 310 s. [in Ukrainian].
3. Muza, D.Ie. (2014). *Noosfernyi proekt sotsiopryrodnoi evoliutsii: poshuk alhorytmiv stiikosti [Noospheric project of socio-natural evolution]: kolek. monografia*. Donezk: DonNTY. Texnopark DonNTY YNITRX. 288 s. [in Ukrainian].
4. Paleontolohiia, paleoekolohiia, evoliutsiina teoriia, stratyhrafiiia (1995). [Paleontology, paleoecology, evolutionary theory, stratigraphy: Dictionary-reference]. Kharkiv: Oho. 288 s.
5. Pozharytskyi, O.P., & Demchuk, L.I. (2022). Heimifikatsiia yak innovatsiinyi zasib vykladannia pryrodnychkh dystsyplin u ZVO [Gamification as an innovative means of teaching natural sciences in higher education institutions]. *Naukovyi zhurnal «Inovatsiina pedahohika»*, V. 53, tom 1. S. 76–81 [in Ukrainian].
6. Saveliev, O.H., Oliinyk, M.O., & Yanushchenko, D.V. (2019). *Paleontolohichni doslidzhennia [Paleontological research]: metodychni rekomendatsii*. Zaporizhzhia. 40 s. [in Ukrainian].
7. Svinco, Y.M., Demianchuk, P.M., Volik, O.V., & Hulyk S.V. (2018). *Tsikava paleontolohiia Ternopillia [Interesting paleontology of Ternopil region]: navchalnyi posibnyk*. Ternopil: Osadtsa Yu.V. 122 s. [in Ukrainian].
8. Benton, M.J. (2015). Paleobiology and the Fossil Record. / M.J. Benton, D.A. Harper. Retrieved from: <http://www.blackwellpublishing.com/paleobiology>.
9. Education 2030: Incheon declaration and framework for action towards Inclusive and equitable quality education and lifelong learning for all. Retrieved from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002338/233813M.pdf>.
10. Gallison, P. (2014). Visual STS. Visualization in the Age of Computerization. London: Routledge, 197–225. Retrieved from: https://galison.scholar.harvard.edu/files/andrewsmith/files/p_galison-visual_sts.pdf.
11. Kireitseva, Hanna, Demchuk, Lyudmila, Paliy, Olga, & Kahukina, Anastasiia. (2023). Toxic impacts of the war on Ukraine. *International Journal of Environmental Studies / Taylor & Francis*. P. 267–276.

REVIEW OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF THE BASICS OF PALEONTOLOGY, THE EVOLUTION OF THE BIOSPHERE BY HIGHER EDUCATION STUDENTS

Liudmyla Demchuk¹, Iryna Patseva², Hanna Kireitseva³, Illia Tsyhanenko-Dziubenko⁴

State University "Zhytomyr Polytechnic",
Chudnivska str., 103, Zhytomyr, Ukraine, 10005
ke_dlm@ztu.edu.ua

¹orcid.org/0000-0001-5698-7113; ²orcid.org/0000-0001-6271-7355;

³orcid.org/0000-0002-1055-1784; ⁴orcid.org/0000-0002-3240-8719

The article discusses the use of some digital technologies in the humanitarian sphere, systematizes modern research methods. The application of such techniques and technologies as photogrammetry, video recording, 3D modelling is considered. These techniques make it possible to study an object with the least damage to it, to obtain and preserve the most complete information about it. She studies the use of digital technologies in teaching the basics of paleontology and biosphere evolution to higher education students. She takes into account various aspects of her approach, including virtual reality, 3D modelling, database, computer simulation, and online courses.

Achieving virtually realistic and extended realism allows students to interact with paleontological objects and biosphere processes instead of modifications. This helps them better understand extinct species, past environments, and evolutionary changes. 3D modelling and printing allow for the creation of accurate digital models of fossils and other paleontological knowledge. This gives students the opportunity to study detailed organ structures and develop physical models for detailed description. Searching databases and geographic information systems allows you to collect, retrieve, and analyze large amounts of paleontological data. This helps to compare data, establish relationships between organisms, and reconstruct ecosystems of past eras. Computer modelling and data analysis allow us to continue sequential virtual experiments, conduct evolutionary processes, and analyze genetic data. This contributes to a better understanding of the factors that influence the evolution of organisms and the biosphere.

Currently, there is a tendency to use these technologies and methods in a comprehensive manner when studying one object. The conclusion is made about the possibility of using digital technologies in the study of the basics of paleontology and biosphere evolution, which will bring the sciences of paleontology and biosphere evolution to a new level.

The article describes the use of digital technologies in the process of studying the evolution of the biosphere by students of higher education. Various aspects of this use are considered, which contribute to the improvement of the learning process.

The main issues addressed in the abstract are:

1. The achievements of virtual reality (VR) and augmented reality (AR) in the context of the evolution of the biosphere. These technologies allow students to interact with virtual objects and scenarios related to evolutionary processes, which helps to visualize and understand complex concepts.

2. Development of a computer program and analytical tools for modelling and analyzing evolutionary data. These tools allow students to identify and analyze data that should evolve in the biosphere and analyze the factors that influence these changes.

3. Search for online resources and interactive platforms to access relevant data and resources on the evolving biosphere. Students can independently select materials, bring them to the discussion and discuss with experts in the field.

4. Creating 3D modelling and designing models for implantation of complex morphology and structure of organs that have become extinct or disappeared in past eras. This allows students to gain a realistic understanding of organisms and their evolution.

Students acquire theoretical knowledge in the study of evolutionary processes in the biosphere; the principles and mechanisms of evolution are considered, and various factors contributing to evolutionary processes in living organisms and ecosystems are studied.

1. Examination of empirical documents. Students are given the opportunity to study paleontological knowledge, geological studies, genetic data, and other sources of empirical information related to evolution. You learn how to analyze data and prove them using the formula for determining values and hypotheses.

2. Modelling and simulation. Students may have the opportunity to choose computer programs for modelling evolutionary processes and virtual simulators. This allows them to experiment with different parameters and levels, use values, and analyze the principles of evolution.

3. Project groups and robot calculation. Students can work in groups, following general recommendations and projects that should be developed in the biosphere. This helps to develop communication skills, teamwork and exchange of ideas.

Key words: 3D modelling, photogrammetry, digital technologies, evolution, biosphere, paleontology.

Стаття надійшла до редколегії 23.10.2023

Прийнята до друку 20.11.2023