

ВІДКРИТИЙ ЦИФРОВИЙ РЕПОЗИТОРІЙ 3D-МОДЕЛЕЙ АНАТОМІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ЯК РЕСУРС ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ БІОЛОГІЇ ДЛЯ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ

Герц Андрій Іванович

кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін, Тернопільський національний педагогічний університет імені

Володимира Гнатюка

herts@chem-bio.com.ua

Герц Наталія Володимирівна

кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки та зоології, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

herts_nv@chem-bio.com.ua

Постановка проблеми. Реалізація концепції Нової української школи зумовлює необхідність підготовки вчителів біології, здатних ефективно використовувати цифрові інструменти візуалізації у освітньому процесі закладів загальної середньої освіти. Особливого значення це набуває для викладання курсу біології у 8 класі, де засвоєння матеріалу значною мірою залежить від якості наочного представлення просторової будови органів і систем. Друковані атласи, таблиці та навчальні муляжі як традиційні засоби навчання мають низку суттєвих дидактичних обмежень. Зокрема, їм притаманні статичність зображень, відсутність інтерактивності, неможливість масштабування та обертання об'єктів, а також обмежена доступність в умовах дистанційного та змішаного навчання. Додатковим викликом є амортизація музейних колекцій закладів вищої освіти та часткова втрата препаратів у результаті їх тривалої експлуатації. Наявні комерційні цифрові ресурси (Complete Anatomy, Visible Body, BioDigital) є англійськими, платними й не завжди адаптованими до вітчизняних освітніх програм. Окреслені чинники актуалізують потребу в розробці методичних рішень, які поєднують переваги фізичних навчальних об'єктів із можливостями сучасних цифрових технологій і орієнтовані на специфіку української школи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективність застосування тривимірних технологій в анатомічній освіті є предметом численних міжнародних досліджень. Робота Р. McMenamin та співавторів [3] засвідчує, що 3D-друковані моделі не поступаються кадаверним препаратам за показниками навчальної результативності. Систематичний огляд і метааналіз Z. Ye та співавторів [4] на значній вибірці здобувачів освіти підтверджує статистично значущу перевагу 3D-моделей порівняно з двовимірними засобами наочності за критеріями успішності тестування та рівня задоволеності навчанням. Провідні університети (Medical University of Lublin, University of Dundee, Monash University) сформуvalи публічні онлайн-репозитарії анатомічних 3D-моделей, інтегровані в освітній процес. У вітчизняному науковому просторі дослідження

в галузі 3D-технологій у медико-біологічній сфері розвиваються переважно за напрямками моделювання на основі даних комп'ютерної та магнітно-резонансної томографії [1], розробки персоналізованих ортезів і протезів, сканування живих об'єктів для реабілітаційних потреб. У 2025 році Центром тривимірних технологій Харківського національного медичного університету започатковано оцифрування окремих унікальних препаратів музею медицини [2]. Водночас систематичних публічних репозиторіїв 3D-моделей анатомічних препаратів у відкритому доступі, створених у педагогічних закладах вищої освіти для потреб підготовки майбутніх учителів біології, у вітчизняній літературі нами не виявлено, що визначає наукову новизну дослідження.

Метою дослідження є обґрунтування методики розробки відкритого цифрового репозиторію 3D-моделей анатомічних препаратів і визначення напрямів його інтеграції в процес підготовки майбутніх учителів біології відповідно до вимог Нової української школи.

Виклад основного матеріалу. На базі кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін хіміко-біологічного факультету ТНПУ імені Володимира Гнатюка, починаючи з вересня 2025 року, здійснюється розробка відкритого цифрового репозиторію 3D-моделей анатомічних препаратів. Концептуальна основа проекту передбачає послідовне розв'язання низки завдань, а саме цифровізацію навчальної колекції засобами 3D-сканування, розміщення моделей у відкритому доступі та виготовлення фізичних копій методом 3D-друку для використання в аудиторній роботі.

Технологічний процес охоплює чотири етапи. На першому етапі препарат сканується 3D-сканером Revopoint MetroX (Revopoint 3D Technologies Inc., Китай) із застосуванням технології структурованого синього світла, що забезпечує високу точність відтворення геометрії поверхні. Другий етап передбачає постобробку одержаних даних у програмному середовищі Revo Scan (Revopoint 3D Technologies Inc.) для суміщення окремих ракурсів, очищення шумів, реконструкцію артефактних ділянок. На третьому етапі моделі публікуються на двох взаємодоповнюючих платформах, а саме Sketchfab – для інтерактивного перегляду в браузерному середовищі або через мобільний застосунок, та Cults3D (<http://cults3d.com/>) або Cgtrader (<https://www.cgtrader.com>) – для завантаження STL-файлів з метою подальшого поширення та виготовлення фізичних копій. Четвертий етап – друк обраних моделей на FDM-принтері з полілактидного (PLA) пластику та використання як роздаткового матеріалу в освітньому процесі.

Станом на квітень 2026 року репозиторій налічує 44 тривимірні моделі загальним обсягом 36,4 мільйона полігонів. За рівнем складності моделі згруповано у три категорії. Першу групу становлять окремі кісткові об'єкти: усі типи хребців шийного, грудного та поперекового відділів хребта, а також окремі кістки черепа – потилична, клиноподібна та нижня щелепа. До другої групи

належать складені скелетні структури, зокрема модульний череп, анатомічна модель кисті, сегмент грудного відділу хребта зі зв'язковим апаратом та крижова кістка. Третю групу, найскладнішу за технологією сканування, формують топографо-анатомічні препарати з імітацією м'якотканинних структур, а саме плечовий, ліктьовий і кульшовий суглоби в комплексі з м'язами, препарат пахвової ділянки, мімічні м'язи та сагітальний розріз шийного відділу хребта з візуалізацією ходу хребтової артерії.

Моніторинг використання репозиторію за перші сім місяців функціонування засвідчив стійку динаміку залучення користувачів. Сумарна кількість переглядів на обох платформах перевищила 7800, зокрема понад 2 тис. – на Sketchfab і понад 5800 – на Cults3D, із середнім показником 190 переглядів на модель. Найвищі показники затребуваності продемонстрували моделі клиноподібної кістки (575 переглядів), нижньої щелепи (428), мімічних м'язів (389), нижньої щелепи з жувальними м'язами (332) та анатомічної моделі кисті (314). Топографо-анатомічні препарати (плечовий, ліктьовий і кульшовий суглоби, сагітальний розріз шийного відділу хребта) демонструють показники в межах 200-230 переглядів. Географія користувачів має міжнародний характер, що засвідчує універсальність розробленого контенту.

Інтеграцію репозиторію в процес підготовки майбутніх учителів біології реалізовано за кількома напрямками. На лекційних і лабораторних заняттях з анатомії людини 3D-моделі заміщують фізично відсутні або морально застарілі натуральні препарати, що забезпечує рівний доступ усіх здобувачів освіти до якісного навчального матеріалу й нівелює дефіцит демонстраційних ресурсів. Окремим напрямом є залучення студентів до анотування моделей у середовищі Sketchfab шляхом позначення анатомічних структур відповідною термінологією, що одночасно сприяє закріпленню предметних знань і формуванню цифрових компетентностей. Важливим складником є залучення студентів до безпосереднього процесу створення моделей – опанування технологій 3D-сканування та 3D-друку формує STEM-компетентності, релевантні вимогам Нової української школи. Ще одним напрямом є розробка студентами методичних матеріалів для уроків біології із вбудованими QR-кодами, що забезпечують учням доступ до 3D-моделей через мобільні пристрої безпосередньо на уроці чи під час самостійної підготовки. Такий підхід є особливо ефективним під час вивчення теми «Опорно-рухова система».

Запропонований підхід характеризується економічною доступністю. Вартість комерційних аналогів (зокрема Anatomage Table) перевищує 2 мільйони гривень, тоді як використовуваний комплект обладнання (3D-сканер Revopoint MetroX та базовий FDM-принтер) укладається в діапазон 60–90 тисяч гривень, що робить методику придатною для масштабування на інші ЗВО. Додатковою перевагою є розміщення моделей під вільною ліцензією, що забезпечує

безоплатне використання розробленого контенту у професійній діяльності викладачів і вчителів.

Висновки. Результати проведеного дослідження засвідчують, що відкритий цифровий репозиторій 3D-моделей анатомічних препаратів є ефективним ресурсом підготовки майбутніх учителів біології. Показники використання репозиторію (понад 7800 переглядів міжнародною аудиторією за сім місяців функціонування) підтверджують затребуваність розробленого контенту. Запропонований підхід відповідає вимогам Нової української школи щодо формування предметних і цифрових компетентностей майбутніх педагогів. Перспективи подальших досліджень передбачають проведення педагогічного експерименту з кількісної оцінки ефективності використання 3D-моделей порівняно з традиційними засобами наочності, розширення колекції новими моделями, розробку методичних рекомендацій щодо інтеграції репозиторію в освітні програми підготовки вчителів природничих дисциплін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Оникієнко Н. Ю. Застосування 3D-моделювання в медицині при підготовці до 3D-друку. Електронна та акустична інженерія. 2021. Vol. 4, No. 1. <https://doi.org/10.20535/2617-0965.eae.227387>.
2. Цифрове життя унікального артефакту: Центр тривимірних технологій ННІ якості освіти та музей медицини ХНМУ. Харківський національний медичний університет. 2025. URL: <https://knmu.edu.ua/news/czyfrovo-zhyttya-unikalnogo-artefaktu/> (дата звернення: 27.04.2026).
3. McMenamin P. G., Quayle M. R., McHenry C. R., Adams J. W. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. Anatomical Sciences Education. 2014. Vol. 7, Iss. 6. P. 479–486. <https://doi.org/10.1002/ase.1475>.
4. Ye Z., Dun A., Jiang H., Nie C., Zhao S., Wang T., Zhai J. The role of 3D printed models in the teaching of human anatomy: a systematic review and meta-analysis. BMC Medical Education. 2020. Vol. 20. Article 335. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02242-x>.

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИВЧЕННЯ КЛАСІВ ВУГЛЕВОДНІВ В ПРОФІЛЬНІЙ ШКОЛІ НА ОСНОВІ МОДУЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ

Гладюк Микола Миколайович

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики її навчання
Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка
nnglad@tnpu.edu.ua

Ярмусь Ірина Любомирівна

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

Серед сучасних діяльнісно-розвиваючих технологій навчання виділяють модульну як одну з найбільш перспективних, характерною особливістю якої є реальна індивідуалізація та диференціація навчального процесу [1].

Недостатня розробленість модульної технології навчання щодо навчання учнів хімії, зокрема, органічної, особливо в умовах реорганізації системи освіти