

УДК 38. 004.9

DOI: 10.31376/2410-0897-2026-1-60-113-119

ІГРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕЙМІФІКАЦІЯ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАННЯ В КУРСІ МІКРОБІОЛОГІЇ ТА ВІРУСОЛОГІЇ

Луценко Олена Іванівна

кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри теорії і методики викладання природничих дисциплін

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка

e-mail: lutsenko@gnpu.edu.ua

ORCID ID: 0000-0003-3705-8743

У статті розглянуто використання ігрових технологій та гейміфікації як інноваційного інструменту підвищення ефективності навчання в курсі мікробіології та вірусології. З'ясовано, що інтеграція елементів гри в освітній процес сприяє формуванню мотивації, розвитку критичного мислення та кращому засвоєнню складних теоретичних понять. Особливу увагу приділено застосуванню цифрових платформ (Kahoot!, Quizizz, Socrative) та спеціалізованих освітніх ігор (ViroGame, BacteriaGame), які забезпечують інтерактивність та зворотний зв'язок. Описано методичні прийоми використання гейміфікації на лекціях, практичних та лабораторних заняттях. Наведено приклади впровадження сюжетних квестів та рольових симуляцій для пояснення механізмів інфекційного процесу. Доведено, що гейміфікація є ефективним засобом підвищення результативності навчання, формування дослідницьких компетентностей та підготовки студентів до професійної діяльності у сфері біології та медицини.

Ключові слова: гейміфікація, ігрові технології, мікробіологія, вірусологія, інтерактивне навчання, освітні ігри, модель «Гейміфікованої спіралі інтеріоризації знань».

Постановка проблеми. Сучасна вища природнича освіта перебуває в стані глибокої дидактичної трансформації, зумовленої як глобальними цифровізаційними процесами, так і локальними кризовими явищами (наслідки пандемії COVID-19 та умови воєнного стану в Україні). Як зазначають фахівці з нейропедагогіки, хронічний дистрес і високий рівень кортизолу безпосередньо блокують роботу гіпокампа – центру мозку, що відповідає за переведення інформації в довготривалу пам'ять. На цьому тлі вивчення дисциплін мікробіологічного циклу (зокрема курсу «Мікробіологія з основами вірусології та імунології») традиційно супроводжується значними когнітивними труднощами, які в умовах дистанційного навчання лише загострюються.

Фундаментальна проблема полягає в наявності жорсткого епістемологічного бар'єра: об'єкти вивчення (віруси, бактерії, молекулярні механізми реплікації) перебувають поза межами безпосереднього чуттєвого сприйняття студента. Доречно згадати концепцію видатного французького філософа науки Г. Башляра, який увів поняття «епістемологічної перешкоди» (*obstacle épistémologique*). Він довів, що повсякденний досвід людини часто суперечить науковому пізнанню: наш мозок еволюційно налаштований на взаємодію з макрооб'єктами (тим, що можна побачити чи торкнутися), тоді як наносвіт залишається для нього чужорідною абстракцією [1, с. 187].

Відірвані від фізичних мікроскопів та STEM-лабораторій, віріони та бактеріальні клітини перетворюються для здобувачів освіти на своєрідні «симулякри» – терміни без реального змістового наповнення. Згідно з теорією когнітивного навантаження (Cognitive Load Theory) Дж. Свеллера, спроба студента механічно утримати в голові багатокомпонентні абстрактні алгоритми (наприклад, стадії проникнення вірусу в клітину) зумовлює миттєве перевантаження робочої пам'яті [13, с. 257–285]. Саме тому виникає критична необхідність у пошуку нових дидактичних інструментів – «когнітивних риштувань» (cognitive scaffolding), здатних екстеріоризувати невидиме і зробити мікросвіт доступним для інтерактивної взаємодії.

Аналіз досліджень і публікацій. Дослідження епістемічного та дидактичного потенціалу ігрових технологій має потужну міждисциплінарну базу. Гра як феномен людської культури та інструмент пізнання світу має глибоке онтологічне коріння. Ще в 1938 р. видатний нідерландський філософ Й. Гейзінг у своєму фундаментальному трактаті «Homo Ludens» довів: гра є старшою за культуру; вона є основою будь-якого творчого та інтелектуального акта людства [4, с. 126–128].

У педагогічній та когнітивній психології середини ХХ ст. потужний імпульс дослідженню гри дали праці Л. Виготського та Д. Ельконіна [3, с. 62–76]. Вони довели, що гра створює «зону найближчого розвитку», дозволяючи суб'єкту долати власні обмеження через прийняття умовної ролі [2, с. 88–95]. Ж. Піаже, досліджуючи генетичну епістемологію, зазначав, що гра є механізмом асиміляції – процесу, через який нова складна інформація (у нашому випадку – абстрактний мікросвіт) адаптується до вже існуючих когнітивних схем індивіда.

Сучасний етап розвитку цієї проблематики пов'язаний з концепцією гейміфікації (Gamification). Її основи закладені в працях К. Каппа (K. Kapp) [8, с. 238], С. Детердінга (S. Deterding) та Дж. Макгонігал (J. McGonigal) [11, с. 343]. Дослідники акцентують увагу на нейробіологічному аспекті: ігрові механіки

(таймери, бали, рівні) стимулюють вироблення дофаміну, що фізіологічно закріплює нейронні зв'язки та перетворює короткочасну пам'ять на довготривалу.

В останні роки (2022–2025 рр.) у світовій науці спостерігається справжній бум Game-Based Learning (GBL) саме у вищій біологічній та медичній освіті:

- Дослідники Інституту молекулярної медицини та інфекційних захворювань (Університет Дрекселя, США) довели необхідність переходу від традиційних лекцій до цифрових симуляцій. Вони розробили ігрові додатки (наприклад, «*CD4 Hunter*»), що дають змогу студентам на молекулярному рівні моделювати процес проникнення вірусу ВІЛ у клітину [12, с. 325–338].

- Колумбійські вчені Н. Рейна-Гусман (N. Reina-Guzmán) та колеги у своєму дослідженні (2022) ґрунтовно проаналізували вплив гейміфікації на студентів-біологів під час вивчення мікробіології в умовах пандемії COVID-19. Вони довели, що ігрові механіки безпосередньо покращують не лише когнітивні, а й праксеологічні та метакогнітивні навички здобувачів освіти [6, с. 289].

- Для подолання термінологічного бар'єра міжнародні дослідницькі групи успішно впроваджують змагальні карткові ігри (наприклад, «*BactoBattle*», 2023) та гейміфіковані банки питань із турнірними таблицями, що доказово підвищують результати екзаменаційних тестів з мікробіології на 30–40% [9].

В українському науково-педагогічному дискурсі питання ігрифікації фахової підготовки майбутніх учителів природничих дисциплін розробляє О. Марущак, Т. Заскіна. Специфіку викладання мікробіології в умовах кризового дистанційного навчання (використання тестових платформ) висвітлено в працях А. Бойко та С. Коваленка.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на потужний світовий інтерес до теми, питання комплексної гейміфікації курсу «Мікробіологія з основами вірусології» у вітчизняних закладах вищої освіти залишається фрагментованим. Більшість українських та зарубіжних розвідок фокусується на використанні поодиноких інструментів (окремо тести, окремо 3D-моделі або фізичні настільні ігри). Проте бракує науково обґрунтованої, інтегрованої моделі, яка б в умовах жорсткого дистанційного навчання синергійно поєднувала 3D-візуалізацію (*Mozaik 3D*), алгоритмічне конструювання процесів (*Wordwall*) та сюжетно-рольове моделювання (*Zoom*) в єдину епістемічну систему для студентів педагогічних університетів.

Мета статті. З огляду на виявлені суперечності між гострою потребою в подоланні епістемологічного бар'єра під час вивчення абстрактних біологічних об'єктів (вірусів та мікроорганізмів) та відсутністю комплексних гейміфікованих методик для умов дистанційного і змішаного навчання мета нашого дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні, розробці та емпіричній перевірці ефективності авторської моделі «Гейміфікованої спіралі інтеріоризації знань». Ця модель побудована на синергійній інтеграції засобів 3D-візуалізації та інтерактивних ігрових технологій і спрямована на підвищення якості фахової підготовки майбутніх учителів природничих дисциплін у процесі вивчення курсу «Мікробіологія з основами вірусології та імунології».

Для досягнення поставленої мети було визначено такий комплекс завдань дослідження:

1. Епістеміологічне завдання: проаналізувати нейрокогнітивні та дидактичні передумови виникнення «когнітивного перевантаження» в студентів-біологів під час вивчення об'єктів мікросвіту в умовах відсутності доступу до фізичних лабораторій.

2. Моделювальне завдання: спроектувати авторську поетапну модель («Гейміфіковану спіраль»), яка забезпечує безперервний перехід від візуальної ініціації до професійного синтезу через ігрову діяльність.

3. Методичне (праксеологічне) завдання: розкрити специфіку та навести конкретні приклади інтеграції цифрових інструментів (платформи *Mozaik 3D*, ігрових середовищ *Wordwall*, *Kahoot!* та сюжетно-рольового моделювання в *Zoom*) у єдиний синхронний освітній сценарій.

4. Емпіричне завдання: шляхом педагогічного експерименту перевірити вплив розробленої гейміфікованої екосистеми на рівень засвоєння фахової термінології, розуміння динамічних мікробіологічних процесів та загальну пізнавальну мотивацію здобувачів вищої освіти.

Матеріал та методи. Для реалізації поставлених завдань на базі Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка (ГНПУ ім. О. Довженка) було проведено комплексне педагогічне дослідження. В експерименті взяли участь студенти факультету природничої та фізико-математичної освіти, які вивчали дисципліну «Мікробіологія з основами вірусології та імунології».

Дослідження базувалося на змішаній методології (*mixed-methods research*), що поєднувала якісні та кількісні підходи:

1. Теоретичні методи: аналіз філософської, нейропсихологічної та педагогічної літератури [1–5] для обґрунтування концепту «епістемологічного бар'єра» та проектування авторської моделі гейміфікації.

2. Емпіричні методи: педагогічний експеримент (констатувальний та формувальний етапи), включене спостереження під час синхронних онлайн-занять у *Zoom*, метод експертних оцінок та аналіз продуктів навчальної діяльності студентів (результатів проходження квестів та цифрових симуляцій).

3. Методи математичної статистики: для верифікації вірогідності отриманих результатів (порівняння показників контрольної та експериментальної груп) використовувалися методи описової статистики та t-критерій Стьюдента.

Експериментальна група (ЕГ) навчалася за авторською гейміфікованою моделлю з інтенсивним використанням цифрової екосистеми (Mozaik 3D, Wordwall, Kahoot!, Genially), тоді як контрольна група (КГ) опановувала матеріал за традиційною лекційно-семінарською системою з використанням базових презентацій та асинхронних завдань у Google Class.

Виклад основного матеріалу. Як було зазначено вище, традиційне вивчення мікробіології в умовах дистресу та дистанційного формату неминує зумовлює когнітивне перевантаження. Згідно з дослідженнями Н. Рейна-Гусман [12, с. 325–338], перенесення складних біологічних об'єктів у площину 2D-схем руйнує просторове сприйняття студента.

Для розв'язання цієї проблеми було впроваджено концептуальну модель «Гейміфікованої спіралі інтеріоризації знань». Її архітектура спирається на теорію поетапного формування розумових дій (П. Гальперін) та теорію «поток» М. Чиксентмігаї. Згідно з останньою стан оптимального навчання (потік) досягається лише тоді, коли складність завдання точно відповідає навичкам суб'єкта, а сама діяльність супроводжується миттєвим зворотним зв'язком [10, с. 649–655]. Наша спіраль складається з чотирьох витків (фаз), кожна з яких використовує специфічні ігрові механіки для подолання конкретного дидактичного бар'єра (рис. 1).

Виток 1. Візуальна ініціація
 (Подолання бар'єра абстрактності).

На першому етапі критично важливо сформуванню зоровий образ невидимого об'єкта. Замість статичних ілюстрацій ми інтегрували освітню платформу Mozaik 3D. Під час синхронної сесії викладач або сам студент у режимі демонстрації екрана обертає, розбирає на молекулярні шари та досліджує 3D-моделі вірусів (наприклад, вірус SARS-CoV-2 або бактеріофаг).

Це створює ефект «віртуальної присутності», що, як доводять дослідження розробників платформи «CD4 Hunter» [7], активує ті ж самі нейронні зони, що й реальна маніпулятивна діяльність у лабораторії. Візуальна ініціація супроводжується ігровим сторітелінгом [6, с. 168–169] (наприклад, постановка проблеми у форматі «Епідеміологічної розвідки»).

Виток 2. Інтерактивне конструювання
 (Екстеріоризація процесів).

Зрозумівши структуру, студент має осягнути динаміку процесів (наприклад, реплікацію вірусу). Механічне зазубрювання етапів замінюється ігровою механікою *drag-and-drop* (перетягування об'єктів) у середовищах Wordwall або Genially.

Студентам пропонується цифровий ескейп-рум (квест-кімната) «Втеча фага T4». Здобувач має самостійно скласти логічний ланцюг літичного циклу, щоб отримати код доступу до наступного рівня.

Студент маніпулює картками:

1. Адсорбція.
2. Пенетрація.
3. Екліпс-фаза (біосинтез).
4. Дозрівання.
5. Лізис.

Як зазначає К. Капп [8, с. 156–157], надання студенту права на безпечну помилку під час таких ітераційних завдань значно знижує рівень кортизолу, даючи змогу когнітивним ресурсам концентруватися на вирішенні проблеми, а не на страху перед низькою оцінкою.

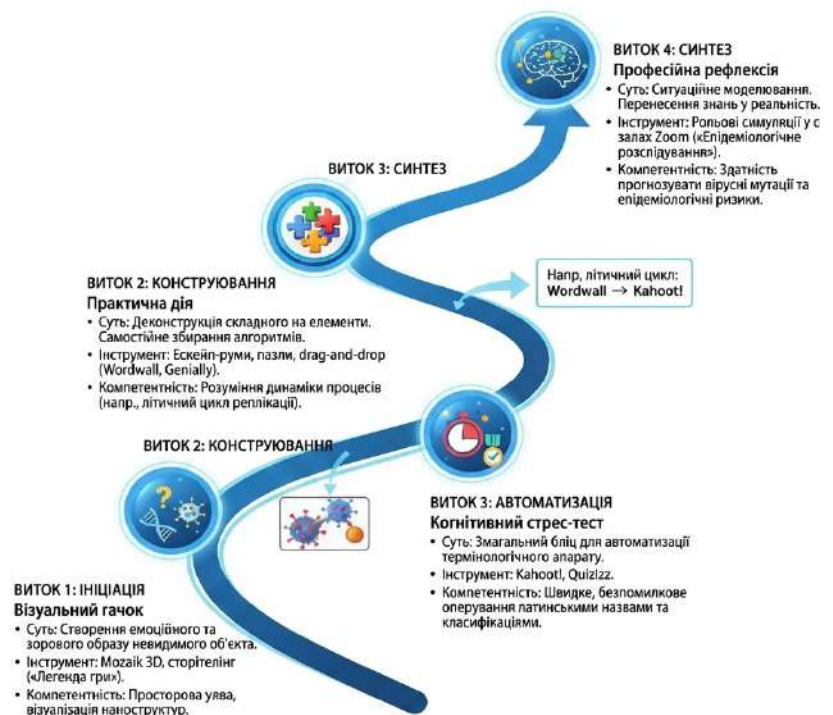


Рис. 1. Модель гейміфікованої спіралі інтеріоризації знань

Виток 3. Автоматизація термінологічного апарату (Когнітивний стрес-тест).

Мікробіологія вимагає вільного володіння масивом латинських назв та таксономічних категорій. Для швидкої автоматизації термінології ми використовуємо механіку змагального бліцу на платформах Kahoot! або Quizizz. Згідно з даними Т. С. Lu та співавторів [10, с. 649–655], гейміфіковані тести з турнірними таблицями підвищують результативність запам'ятовування медичної термінології на 35%.

Обмеження часу (20–30 секунд на відповідь) створює контрольований, позитивний стрес (еустрес), який запускає дофаміновий цикл винагороди. Студенти не просто пригадують тип дихання чи живлення бактерії, вони вчаться блискавично ідентифікувати візуальні маркери патогенів в умовах ігрового азарту.

Виток 4. Професійний синтез (Ситуаційне моделювання).

Найвищий рівень гейміфікації реалізується через синхронні рольові ігри в сесійних залах Zoom (Breakout Rooms). Студенти отримують комплексний кейс – гру «Нульовий пацієнт». Група ділиться на команди «Вірусологів», «Імунологів» та «Епідеміологів», які мають проаналізувати спалах невідомої інфекції.

На цьому етапі до біологічних знань інтегрується математичне моделювання (STEM-підхід) [5, с. 112–117]. Команда епідеміологів розраховує вірусне навантаження в культурі клітин, використовуючи формулу експоненціального росту:

$$N_t = N_0 * B^n,$$

де N_t – загальна кількість утворених віріонів, N_0 – початкова кількість інфікованих клітин, B – burst size (кількість віріонів з однієї клітини), n – кількість циклів реплікації. Така симуляція повністю компенсує дефіцит фізичного експерименту та формує системне, міждисциплінарне мислення майбутнього фахівця.

Аналіз результатів педагогічного експерименту (порівняння показників контрольної та експериментальної груп) повністю підтвердив гіпотезу про високу епістемічну ефективність запропонованої моделі.

Зафіксовано статистично значуще зростання якості знань в експериментальній групі за трьома ключовими дескрипторами:

1. Володіння фаховою термінологією: зросло з 58% (КГ) до 89% (ЕГ). Багаторазове ітераційне повторення через Kahoot! дало змогу перевести терміни в довготривалу пам'ять.
2. Розуміння просторової морфології та динаміки процесів: 92% студентів ЕГ змогли безпомилково відтворити алгоритми вірусної реплікації в нестандартних ситуаціях (завдяки роботі з Mozaik 3D та Wordwall), тоді як у КГ цей показник склав лише 41% (студенти плутали послідовність етапів).
3. Пізнавальна мотивація та залученість: опитування засвідчило, що 95% здобувачів освіти з ЕГ відзначили суттєве зниження тривожності та підвищення інтересу до дисципліни. Стан «поток», спровокований ігровими механіками, трансформувал зовнішню мотивацію (уникнення поганої оцінки) в глибоку внутрішню пізнавальну потребу.

Узагальнюючи отримані емпіричні результати, варто наголосити, що зафіксована позитивна динаміка є не просто наслідком розважального ефекту інтерактивних додатків, а результатом глибокої нейрокогнітивної перебудови освітнього процесу. Авторська «Гейміфікована спіраль» спрацювала як потужне дидактичне «когнітивне ристування» (cognitive scaffolding), що дало змогу студентам екологічно і безпечно подолати епістемологічний бар'єр мікросвіту. Ми спостерігаємо якісний феноменологічний перехід від репродуктивного споживання інформації до її свідомого конструювання: цифрова гра в цьому контексті втрачає статус факультативної «розваги», перетворюючись на повноцінний епістемічний полігон для інтеріоризації складних біологічних абстракцій. Синергія візуальних, алгоритмічних та змагальних механік у межах єдиної екосистеми доводить, що комплексна гейміфікація є не тимчасовим трендом кризового навчання, а фундаментальною умовою ефективної підготовки сучасного фахівця-біолога в епоху цифрових та когнітивних трансформацій.

Висновок. Проведене теоретико-емпіричне дослідження дає змогу стверджувати, що традиційна трансляційна модель викладання курсу «Мікробіологія з основами вірусології та імунології» в умовах дистанційного навчання стикається з жорстким епістемологічним бар'єром, який неминуче спричиняє когнітивне перевантаження студентів через неможливість безпосереднього чуттєвого сприйняття об'єктів мікросвіту. У цьому контексті впровадження гейміфікації є науково обґрунтованим механізмом зниження дистресу, оскільки ігрові механіки (право на помилку, миттєвий зворотний зв'язок) запускають дофамінове підкріплення, що оптимізує перехід абстрактної інформації в довготривалу пам'ять.

Дієвим інструментом розв'язання цієї проблеми стала розроблена та апробована авторська дидактична модель «Гейміфікованої спіралі інтеріоризації знань». Вона забезпечує безшовний перехід здобувача освіти від пасивного споглядання до активного професійного конструювання через чотири послідовні етапи: візуальну ініціацію просторових образів наноструктур (через Mozaik 3D), інтерактивне екстеріоризування прихованих динамічних процесів реплікації (Wordwall), автоматизацію латинської термінології в стані контрольованого еустресу (Kahoot!) та професійний синтез під час міждисциплінарного ситуаційного моделювання (Zoom). Висока праксеологічна ефективність запропонованої системи емпірично

підтверджується результатами педагогічного експерименту, які зафіксували статистично значуще зростання якості засвоєння фахової термінології (з 58% у контрольній до 89% в експериментальній групі) та розуміння алгоритмів вірусних інфекцій (із 41% до 92% відповідно). Окрім когнітивних зрушень, гейміфікація сприяла подоланню явища «завченої безпорадності», трансформувавши зовнішню мотивацію здобувачів у глибокий внутрішній пізнавальний інтерес та стан творчого «потокую».

З огляду на здобуті результати перспективи подальших наукових розвідок у цьому напрямі вбачаємо в дослідженні можливостей інтеграції імерсивних технологій (VR/AR) та штучного інтелекту для створення адаптивних епідеміологічних квестів, а також у масштабуванні розробленої моделі на суміжні дисципліни біологічного циклу.

Список використаної літератури

1. Бодріяр Ж. Симулякри і симуляція / пер. з фр. В. Ховхун. Київ : Вид-во Соломії Павличко «Основи», 2004. 230 с.
2. Бойко А. О., Коваленко С. М. Сучасні дидактичні інструменти викладання мікробіології в умовах кризового дистанційного навчання: від теорії до практики. *Вища освіта України*. 2023. № 2. С. 88–95.
3. Виготський Л. С. Гра та її роль у психічному розвитку дитини. *Питання психології*. 1966. № 6. С. 62–76.
4. Гейзинга Й. Homo Ludens. Досвід визначення ігрового елемента культури. Київ : Основи, 1994. 250 с.
5. Марущак О. В., Засекіна Т. О. Цифрова трансформація природничої освіти: використання 3D-моделювання та ігрових симуляцій у підготовці майбутніх учителів. *Інноваційна педагогіка*. 2024. Вип. 68. С. 112–117.
6. Bachelard G. La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective. Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1993. 306 p.
7. Digital Games and Game-based Learning / Institute for Molecular Medicine and Infectious Disease; Drexel University. URL: <https://drexel.edu/medicine/about/departments/immid/> (дата звернення: 16.02.2026).
8. Kapp K. M. The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education. San Francisco : Pfeiffer, 2012. 336 p.
9. Kerdpan P. et al. BactoBattle: a game-based learning companion for medical bacteriology. *Access Microbiology*. 2023. Vol. 5(6). DOI: <https://doi.org/10.1099/acmi.0.000570.v3>.
10. Lu T. C. et al. Leveraging Technology and Gamification to Engage Learners in a Microbiology Curriculum in Undergraduate Medical Education. *Medical Science Educator*. 2022. Vol. 32(3). P. 649–655.
11. McGonigal J. Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World. New York : Penguin Press, 2011. 416 p.
12. Reina-Guzmán N., Sandoval-Parra K., Ortiz-Moreno M., Guerrero S. Gamification in the microbiology classroom for biology students during the COVID-19 pandemic. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*. 2022. Vol. 12(2). P. 325–338. DOI: <https://doi.org/10.19053/20278306.v12.n2.2022.14223>.
13. Sweller J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*. 1988. Vol. 12. Is. 2. P. 257–285. DOI: https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4.

GAME TECHNOLOGIES AND GAMIFICATION AS A MEANS OF INCREASING LEARNING EFFICIENCY IN THE COURSE OF MICROBIOLOGY AND VIROLOGY

Lutsenko Olena

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department
of Theory and Methods of Teaching Natural Sciences
Olexandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University

Introduction. Modern higher natural science education is in a state of profound didactic transformation, caused by both global digitalization processes and local crisis phenomena (the consequences of the COVID-19 pandemic and the conditions of martial law in Ukraine). As neuropedagogical specialists note, chronic distress and high cortisol levels directly block the work of the hippocampus, the center of the brain responsible for transferring information into long-term memory. Against this background, the study of disciplines of the microbiological cycle (in particular, the course «Microbiology with Fundamentals of Virology and Immunology») is traditionally accompanied by significant cognitive difficulties, which in distance learning conditions only worsen.

The fundamental problem lies in the presence of a rigid epistemological barrier: the objects of study (viruses, bacteria, molecular mechanisms of replication) are beyond the direct sensory perception of the student.

Disconnected from physical microscopes and STEM laboratories, virions and bacterial cells become «simulacra» for learners - terms without real meaning. That is why there is a critical need to find new didactic tools - cognitive scaffolding - that can exteriorize the invisible and make the microworld accessible for interactive learning.

The purpose of our research is to theoretically substantiate, develop, and empirically test the effectiveness of the author's model, «Gamified Spiral of Knowledge Internalization». This model is built on the synergistic integration of 3D visualization tools and interactive game technologies and is aimed at improving the quality of professional training for future natural science teachers during the course «Microbiology with Fundamentals of Virology and Immunology».

Material and methods. To implement the tasks set, a comprehensive pedagogical study was conducted at the

Oleksandr Dovzhenko Glukhiv National Pedagogical University (OGPU). Students of the Faculty of Natural and Physical and Mathematical Education who studied the discipline «Microbiology with Fundamentals of Virology and Immunology» participated in the experiment.

The study was based on mixed-methods research that combined qualitative and quantitative approaches:

4. Theoretical methods: analysis of philosophical, neuropsychological, and pedagogical literature to substantiate the concept of «epistemological barrier» and design the author's model of gamification.

5. Empirical methods: pedagogical experiment (declarative and formative stages), including observation during synchronous online classes in Zoom, the method of expert assessments, and analysis of the products of students' educational activities (results of completing quests and digital simulations).

6. Mathematical statistics methods: to verify the reliability of the results obtained (comparison of the indicators of the control and experimental groups), descriptive statistics methods, and Student's t-test were used.

The experimental group (EG) studied according to the author's gamified model, with intensive use of the digital ecosystem (Mozaik 3D, Wordwall, Kahoot!, Genially), while the control group (CG) mastered the material using the traditional lecture-seminar system, with basic presentations and asynchronous tasks in Google Class.

Originality. *Traditional microbiology learning in a stressful and distance learning environment inevitably leads to cognitive overload. According to the research of N. Reyna-Guzman, transferring complex biological objects to the plane of 2D diagrams destroys the student's spatial perception. To solve this problem, we introduced the conceptual model of the «Gamified Spiral of Knowledge Internalization». Summarizing the empirical results obtained, it is worth emphasizing that the recorded positive dynamics are not simply a consequence of the entertainment effect of interactive applications, but the result of a deep neurocognitive restructuring of the educational process. The author's «Gamified Spiral» worked as a powerful didactic «cognitive scaffolding» that allowed students to ecologically and safely overcome the epistemological barrier of the microworld. We observe a qualitative phenomenological transition from reproductive consumption of information to its conscious construction: digital gaming in this context loses the status of optional «entertainment», turning into a full-fledged epistemic training ground for the interiorization of complex biological abstractions.*

Conclusion. *The conducted theoretical and empirical research allows us to assert that the traditional translational model of teaching the course «Microbiology with Fundamentals of Virology and Immunology» in distance learning conditions faces a rigid epistemological barrier, which inevitably causes cognitive overload of students due to the impossibility of direct sensory perception of objects of the microworld. In this context, the introduction of gamification acts as a scientifically substantiated mechanism for reducing distress, since game mechanics (the right to make a mistake, instant feedback) trigger dopamine reinforcement, which optimizes the transition of abstract information into long-term memory.*

An effective tool for solving this problem was the author's developed and tested didactic model «Gamified Spiral of Knowledge Internalization». It provides a seamless transition of the learner from passive contemplation to active professional construction through four consecutive stages: visual initiation of spatial images of nanostructures (through Mozaik 3D), interactive exteriorization of hidden dynamic replication processes (Wordwall), automation of Latin terminology in a state of controlled eustress (Kahoot!), and professional synthesis during interdisciplinary situational modeling (Zoom). The high praxeological efficiency of the proposed system is empirically confirmed by the results of a pedagogical experiment, which recorded a statistically significant increase in the quality of assimilation of professional terminology (from 58% in the control group to 89% in the experimental group) and understanding of viral infection algorithms (from 41% to 92%, respectively). In addition to cognitive shifts, gamification helped overcome the phenomenon of «learned helplessness,» transforming the external motivation of applicants into a deep internal cognitive interest and a state of creative «flow.» Given the results obtained, prospects for further scientific exploration in this direction are seen in exploring the possibilities of integrating immersive technologies (VR/AR) and artificial intelligence to create adaptive epidemiological quests, as well as in scaling the developed model to related disciplines of the biological cycle.

Keywords: *gamification, game technologies, microbiology, virology, interactive learning, educational games, model of the «Gamified Spiral of Knowledge Internalization».*

References

1. Bodriar, Zh. Symuliakry i symuliatsiia [Simulacra and simulation] / per. z fr. V. Khovkhun. Kyiv: Vyd-vo Solomii Pavlychko «Osnovy», 2004. 230 s.
2. Boiko, A. O., Kovalenko, S. M. Suchasni dydaktychni instrumenty vykladannia mikrobiolohii v umovakh kryzovoho dystantsiinoho navchannia: vid teorii do praktyky [Modern didactic tools for teaching microbiology in crisis distance learning: from theory to practice]. *Vyshcha osvita Ukrainy*. 2023. № 2. S. 88–95.
3. Vyhotskyi, L. S. Hra ta yii rol u psykhiichnomu rozvytku dytyny [Play and its role in a child's mental development]. *Pytannia psykholohii*. 1966. № 6. S. 62–76.
4. Heizynha, Y. Homo Ludens. Dosvid vyznachennia ihrovoho elementa kultury [Experience in defining the game element of culture]. Kyiv: Osnovy, 1994. 250 s.

5. Marushchak, O. V., Zasiakina, T. O. Tsyfrova transformatsiia pryrodnochoi osvity: vykorystannia 3D-modeliuvannia ta ihrovykh symuliatcii u pidhotovtsi maibutnikh uchyteliv [Digital transformation of science education: using 3D modeling and game simulations in the training of future teachers]. *Innovatsiina pedahohika*. 2024. Vyp. 68. S. 112–117.
6. Bachelard, G. La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective. Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 1993. 306 p.
7. Digital Games and Game-based Learning. *Institute for Molecular Medicine and Infectious Disease, Drexel University*. URL: <https://drexel.edu/medicine/about/departments/immid/> (дата звернення: 16.02.2026).
8. Kapp, K. M. The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education. San Francisco: Pfeiffer, 2012. 336 p.
9. Kerdpan, P., et al. BactoBattle: a game-based learning companion for medical bacteriology. *Access Microbiology*. 2023. Vol. 5(6). DOI: 10.1099/acmi.0.000570.v3
10. Lu, T. C., et al. Leveraging Technology and Gamification to Engage Learners in a Microbiology Curriculum in Undergraduate Medical Education. *Medical Science Educator*. 2022. Vol. 32(3). P. 649–655.
11. McGonigal, J. Reality is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World. New York: Penguin Press, 2011. 416 p.
12. Reina-Guzmán, N., Sandoval-Parra, K., Ortiz-Moreno, M., Guerrero, S. Gamification in the microbiology classroom for biology students during the COVID-19 pandemic. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*. 2022. Vol. 12(2). P. 325–338. DOI: 10.19053/20278306.v12.n2.2022.14223
13. Sweller, J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*. 1988. Vol. 12, Is. 2. P. 257–285. DOI: https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4



Авторське право ©2026 автори, всі права захищено. Автори погоджуються, що ця стаття залишається у відкритому доступі на умовах Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Отримано редакцією 19.02.2026 р.
Прийнято редакцією 19.03.2026 р.
Опубліковано 6.04.2026 р.

УДК 378.147:581.1

DOI: 10.31376/2410-0897-2026-1-60-119-126

ВТРАТИ ІНТЕГРОВАНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА РОСЛИНОЮ В ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ ФІЗІОЛОГІЇ РОСЛИН

Полякова Анастасія Сергіївна

кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри теорії і методики викладання природничих дисциплін
Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка

e-mail: aspoliakova91@gmail.com

ORCID ID: 0000-0003-0098-4313

Повномасштабна збройна агресія Російської Федерації проти України змусила заклади вищої освіти перейти на дистанційне навчання, що забезпечило безперервність освітнього процесу, але спричинило суттєві педагогічні втрати в дисциплінах природничого циклу. Дисципліна «Фізіологія рослин» є особливо вразливою, оскільки її ключовим компонентом є інтегроване спостереження за рослиною як цілісною динамічною системою, де фотосинтез, транспірація, водний обмін, ріст і реакції на стрес постійно взаємодіють. У традиційному очному форматі студенти проводять тривалі багатосенсорні спостереження за живими об'єктами, що формує системне мислення та професійні компетентності. У дистанційному режимі цей компонент фрагментується: реальні експерименти замінюються віртуальними симуляціями, таймлапсами та відеодемонстраціями. Дослідження ґрунтуються на теоретичному аналізі класичних джерел з фізіології рослин (Taiz et al., 2015; Salisbury & Ross, 1992; Hopkins & Hüner, 2009) та сучасних публікацій з дистанційного навчання (2018–2025 рр.), порівняльному аналізі очного й дистанційного форматів та узагальненні авторського педагогічного досвіду викладання в Глухівському національному педагогічному університеті імені Олександра Довженка у 2022–2025 рр. Виявлено чотири ключові категорії освітніх втрат: відсутність спостережень у реальному часі, зменшення варіабельності об'єктів, обмеження сенсорного досвіду та відсутність можливості модифікувати експеримент. Оцінено обмеження цифрових інструментів (PhET, Gizmos, Labster). Запропоновано гібридні методичні моделі компенсації, адаптовані до воєнних умов: нестабільний зв'язок, відсутність обладнання, психоемоційний стрес. Результати засвідчують, що дистанційний формат знижує глибину системного розуміння рослинного організму, водночас гібридні підходи дають змогу частково компенсувати втрати. Наукова новизна роботи полягає в першому системному визначенні категорій втрати інтегрованого спостереження з позиції фізіології рослин в умовах воєнного стану та у формуванні відповідних практичних рекомендацій. Практичне значення полягає в можливості використання отриманих результатів для вдосконалення робочих програм і методик викладання природничих дисциплін у кризових умовах.

Ключові слова: фізіологія рослин, освітні втрати, дистанційне навчання, системний підхід, віртуальні лабораторії, гібридні моделі, сенсорний досвід, варіабельність реакцій, вища освіта.

Вступ. Повномасштабне вторгнення Російської Федерації в Україну у 2022 році кардинально змінило організацію вищої освіти. Згідно з даними Міністерства освіти і науки України, станом на 2025 рік понад 85% закладів вищої освіти продовжують працювати переважно або повністю в дистанційному форматі через постійні обстріли, руйнування інфраструктури та внутрішнє переміщення студентів і викладачів [1]. Ця