

С. М. Бабійчук

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ: РЕТРОСПЕКТИВА, СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВА

Анотація. У статті висвітлено досвід впровадження технологій дистанційного зондування Землі в освітній процес Малої академії наук України як освітньої інновації. Визначено, окреслено та узагальнено умовних десять етапів впровадження цієї інновації, зокрема: виявлення суперечності, зародження ідеї щодо подолання цієї суперечності, розроблення інновації, апробація інновації, перевірка ефективності інновації, корегування інновації відповідно до результатів попереднього етапу, масштабування, перевірка ефективності інновації у масштабуванні, удосконалення інновації та органічна інтеграція або стагнація. Згідно з визначеними етапами впровадження технологій дистанційного зондування Землі в освітній процес Малої академії наук України, окреслено їхню результативність. Зокрема, в огляді першого етапу — виявлення суперечності — описано деякі міжнародні проекти, метою яких є впровадження технологій ДЗЗ в освітню практику шкільного рівня: застосування супутникових знімків Landsat в шкільній освіті (Велика Британія); проект FIS (Німеччина); проект Colors of Earth (Польща); проект YCHANGE (Чехія — Німеччина — Естонія — Швейцарія); проект GLOBE (США) та ін. Їх наведено у порівнянні з проектами, які реалізовані в Україні і мають стосунок до сфери ДЗЗ, а саме: секцією «ГІС у географії» Київської Малої академії наук України, проектами Sally Ride EarthKAM та GLOBE від NASA за участю учнів з України. Подано візуальне представлення моделі авторської інформаційно-освітньої системи природничо-наукової підготовки учасників освітнього процесу МАНУ до застосування технологій ДЗЗ. На основі ретроспективного аналізу впровадження технологій ДЗЗ в освітній процес Малої академії наук України окреслено сучасний стан та перспективи розвитку цієї інновації.

Ключові слова: Мала академія наук України, дистанційне зондування Землі, супутникові знімки.

Постановка проблеми. Технологія дистанційного зондування Землі (далі — ДЗЗ) з 2012 р. активно впроваджується в освітній процес Малої академії наук України. З 2017 р. технології ДЗЗ були об'єднані з геоінформаційними системами (далі — ГІС), оскільки в сукупності ці дві науки створюють замкнений цикл роботи з геоданими. Супутникові знімки — першоджерело інформації, вони надають учневі можливість працювати з актуальними, об'єктивними та глобальними геоданими. У свою чергу технології

ГІС дають змогу ґрунтовно та швидко аналізувати й у різний спосіб відображати опрацьовані геодані у вигляді карт, картосхем, діаграм, гістограм тощо. Ідея поєднання технологій ГІС та ДЗЗ, безумовно, мала осучаснити освітній процес відділення наук про Землю Малої академії наук України (далі — МАНУ), проте існувала низка системних труднощів, зокрема, педагогічного, технічного, організаційного характеру. Щоб їх подолати та в перспективі організувати й підтримувати цей освітній напрям у територіальних відділеннях МАНУ, було створено лабораторію «ГІС та ДЗЗ» у Національному

центрі «МАНУ», науковим керівником якої від часу її заснування є президент МАНУ Станіслав Олексійович Довгий.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питанню впровадження технологій ДЗЗ в освітній процес закладів загальної середньої та позашкільної освіти присвячено праці здебільшого закордонних науковців, тому що для України це новий напрям освіти, який активно розвивається. Однією з перших публікацій, в якій описано застосування супутникових знімків в освітньому процесі на рівні школи, була стаття «Дистанційне зондування в географії середньої школи: місце MSS Landsat» («Remote Sensing in Secondary School Geography: the Place of Landsat MSS»), опублікована в академічному журналі «Географія» 1985 р. [1]. Хоч перший штучний супутник і був запущений 1957 р. СРСР, до складу якого тоді входила Україна, але ми не знайшли жодних свідчень про те, що супутникові дані, які отримували науковці того часу, використовувались в освіті шкільного рівня.

Перші напрацювання для освітньої сфери у цьому напрямі здійснено вже за часів відновлення незалежної України, зокрема у роботі Галини Байрак і Богдана Мухи [2], а також у працях Даценко Людмили та Остроуха Віталія [3]. Науковці окреслили можливість використання даних супутникового моніторингу Землі в освітньому процесі та їхнього аналізу у середовищі ГІС, зокрема розробили навчальні програми, посібники, організували курси для освітян. Це, безумовно, був важливий етап ознайомлення освітянської спільноти з технологіями ГІС та ДЗЗ, який створив передумови для подальших наукових розвідок, в тому числі з позиції педагогіки. Отже, в Україні вища школа має значний досвід вивчення технологій супутникового моніторингу Землі, проте щодо теоретичного і практичного їх впровадження в освітній процес шкільного рівня педагогічна думка все ще потребує фундаментальних напрацювань.

Метою статті є узагальнення етапів впровадження технологій дистанційного зондування Землі в МАНУ як освітньої інновації.

Виклад основного матеріалу. Ініціативи, спрямовані на інтеграцію технологій ДЗЗ у шкільну (як формальну, так і неформальну) освіту, можна умовно поділити на два кластери за географічною ознакою: європейський кластер, зосереджений навколо Європейського космічного

агентства (European Space Agency), і північно-американський кластер, зосереджений навколо Національного управління з аеронавтики і дослідження космічного простору (The National Aeronautics and Space Administration (NASA)). Європейським космічним агентством започатковані такі ініціативи: Європейські центри космічної освіти (European Space Education Resource Office), Академія Copernicus (Copernicus Academy), проекти YCHANGE, EO4GEO, Columbus Eye тощо. Ініціативи Європейського космічного агентства спрямовані на розширення використання даних супутникового моніторингу Землі в освітньому процесі через проекти, заходи, освітні курси для дітей і курси перепідготовки вчителів. Особливий акцент робиться на популяризації даних місії Sentinel Європейського космічного агентства. Варто зазначити, що певні проекти та можливості доступні винятково для освітян і студентів, які проживають на території Європейського Союзу, а це створює додаткові виклики для української освіти щодо інтеграції у цьому напрямі. З іншого боку, ініціативи Національного управління з аеронавтики і дослідження космічного простору більш глобальні й мають довшу історію. Найвідомішими програмами є GLOBE, Sally Ride EarthKAM, NASA Kids' Club, NOAA та багато інших проєктів та активностей, які можуть бути використані у шкільній освіті.

В Україні системне вивчення основ ДЗЗ на рівні загальної середньої освіти, зокрема позашкільної, започатковано відносно недавно. Воно відрізняється від тих механізмів і проєктів, які використовують у вищезгаданих організаціях, тому методика дослідження ми описали відповідно до етапів розвитку і формування інновацій в освітньому процесі МАНУ.

1. Виявлення суперечності. Виявлення суперечності між ідеальними (еталонними, тими, до яких потрібно прагнути) та реальними умовами використання технологій ГІС та ДЗЗ в освітньому процесі МАНУ. За основу результатів цього етапу ми брали найбільш відомі освітні практики впровадження технологій ГІС та ДЗЗ в освітній процес і досвід інших країн з різною формою підтримки (бюджетною, грантовою тощо).

Велика Британія. Одну з перших згадок про важливість застосування супутникового моніторингу Землі в освітньому процесі ми знайшли

у вигляді наукової статті «Remote Sensing in Secondary School Geography: the Place of Landsat MSS» у журналі «Географія» за 1985 р. [1]. У ній зазначається, що попри широкі можливості застосування супутникових знімків Landsat в освітньому процесі шкіл Великої Британії це впровадження відбувається повільно. Водночас застосування супутникового моніторингу під час вивчення географії у декількох курсах продемонструвало позитивний вплив на освітні результати, особливо при створенні карт та дослідженні природних феноменів. У статті зазначено п'ять причин для застосування даних супутникового моніторингу Землі в освітньому процесі шкіл, а саме:

1) учні позитивно сприймають використання супутникових знімків у навчанні, особливо під час дослідження знайомих їм територій;

2) масштаб знімків дає змогу широко досліджувати регіональні зв'язки, що може стосуватися вивчення як окремих узагальнюючих тем (пустелі, льодовики тощо), так і територій (Африка, Південна Америка тощо);

3) супутник Landsat може робити знімки однієї території через певний період, тож учні мають змогу їх порівнювати і досліджувати зміни, які відбуваються на земній поверхні;

4) дані супутникових знімків Landsat зберігаються у цифровому форматі, завдяки чому можна створювати й оновлювати просторово прив'язану інформацію у вигляді архівів;

5) супутникові знімки в освітньому процесі можна порівнювати з паперовими картами, планами, атласами тощо.

У згаданій статті представлено вісім ресурсів, які містять знімки Landsat і можуть бути використані в освітньому процесі, зокрема: підручники, атласи, набори слайдів, пакети супутникових зображень, відеофільми, постери, календарі й оригінальні негативи [1].

Німеччина. FIS — це німецька аббревіатура від повної назви проекту «Дистанційне зондування в школах» (*англ.* Remote Sensing in Schools (FIS = German acronym)). Реалізацією ідей проекту FIS опікується Географічний інститут Боннського університету (*англ.* Geographic Institute of Bonn University) спільно із закладами загальної середньої освіти за фінансової підтримки Німецького аерокосмічного центру (*нім.* Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)) та Федерального міністерства економіки та технологій

Німеччини (*нім.* Duitse Federale Ministerie van Economie en Technologie (BMW)). Задля найбільш комфортного та результативного впровадження ДЗЗ у шкільну освіту в межах програми FIS розроблено цифрові навчальні матеріали, які можна використовувати без встановлення програм на свій ПК, приміром створені на базі функціоналу Flash plug-in (<https://www.fis.uni-bonn.de/en/node/22>). На офіційному сайті проекту представлено детально розроблені заняття для школи, зокрема, з таких предметів, як біологія, географія, комп'ютерні науки, математика та фізика, де використано інформацію із супутникових знімків. Значні успіхи впровадження ДЗЗ в освіту Німеччини описано у наукових роботах [4].

Польща. У статті «Міждисциплінарне навчання з використанням супутникових знімків як спосіб упровадження дистанційного зондування Землі в середній школі» («Interdisciplinary Teaching Using Satellite Images as a Way to Introduce Remote Sensing in Secondary School») польських науковців з Медичного коледжу Ягеллонського університету та Центру космічних досліджень Польської академії наук описується проект «Кольори Землі» (Colors of Earth) [5], що об'єднав знання з різних предметів та дав змогу продемонструвати їхнє практичне застосування. Освітній зміст проекту мав прямі зв'язки з основними навчальними програмами школи Польщі, зокрема: географією (аналіз земельного покриття навколо школи), фізикою (електромагнітні хвилі), інформаційно-комунікаційними технологіями (використання цифрових даних і програмного забезпечення) та біологією (людський зір). До цього проекту були залучені 39 викладачів середніх шкіл і 184 школярі (К-9 та К-10) протягом літнього семестру 2019/2020 навчального року. Вчителі, які брали участь у проекті, викладали такі предмети: географію (9), біологію (8), хімію (4), фізику (9), математику (5) та інформатику (4). Через обмеження внаслідок пандемії COVID-19 освітня діяльність проходила дистанційно з використанням мережі Інтернет. Учасники, волонтери з різних польських шкіл, мали можливість заздалегідь отримати доступ до підготовлених даних і програмного забезпечення. Після занять були зібрані думки викладачів і студентів щодо проекту. Опитування учителів проводилося з використанням чотирьох основних запитань: 1) Яка ваша думка щодо

проєкту? Думаєте, це може бути цікаво учням у школі? 2) Як ви вважаєте, чи можна реалізувати цей проєкт у школі? На які труднощі при цьому ви очікуєте? 3) Які, на вашу думку, переваги та недоліки проєкту? 4) Чи можуть такі проєкти вплинути на майбутню кар'єру та напрями навчання учнів? Щодо першого запитання 92 % вчителів зауважили, що проєкт цікавий і може бути застосований для подальшого масштабування у закладах освіти. Щодо другого запитання усі вчителі погодилися, що проєкт можна або навіть слід імплементувати у школі. Однак майже половина з них запропонувала його як додаткові заняття, а не звичайний урок. Загалом 15 учителів зазначили, що наявність комп'ютерів може бути проблемою, особливо коли весь клас працюватиме за ними. Чверть з них висловили стурбованість тим, що їм доведеться заздалегідь витратити багато часу на підготовку до опанування програмного забезпечення. Вони припустили, що підготовка детальних інструкцій для учнів заздалегідь зробить їхню роботу простішою та комфортнішою. Відповіді на третє запитання розділилися таким чином: позитивними сторонами проєкту названо те, що учасники працювали з реальними даними (87 %), могли корегувати проєкт відповідно до регіонів та інтересу (79 %), створювати свій власний колір (тобто комбінувати діапазони електромагнітного спектра, в якому знімає супутник) карти (64 %) та поєднувати знання з різних предметів (49 %). Цікаво, що кілька (18 %) вчителів визначили останній момент як складність проєкту, запит про додаткові освітні матеріали для себе був найпоширенішим недоліком проєкту, про який згадували 64 % вчителів. У відповідях на останнє запитання «Чи можуть такі проєкти вплинути на майбутню кар'єру та напрями навчання учнів?» 24 % учителів припустили, що це може залежати від профілю класу та предметів, з якими вони прагнуть поєднати свою кар'єру. Вчителі вважали, що такий проєкт нічого не змінить для учня, який приєднався до біологічно-хімічного класу з наміром у майбутньому вивчати медицину, але може вплинути на решту класу. Це справді так, бо старшокласник знає лише кілька популярних професій, як-от будівельник, архітектор або геодезист, і не знає багатьох інших. Найповніша відповідь на це запитання надійшла від вчителя математики: «Нам обов'язково потрібно розширити кругозір учнів. Вони

завичай замислюються про те, щоб навчатись звичним професіям: вони знають лише деякі з найпопулярніших галузей. Будь-яка діяльність, як ця, показує їм щось нове і може надихнути хоча б деяких учнів. Звичайно, далеко не кожен пов'яже майбутню професію з дистанційним зондуванням Землі, але кожен побачить, що воно існує, а це вже багато» [5].

Чехія — Німеччина — Естонія — Швейцарія. Міжнародний проєкт YCHANGE — «Молоді вчені як дослідники змін — студенти оцінюють екологічні зміни в Європі за допомогою технологій цифрового простору» (Young Scientists as Change Explorers — Students Evaluating Environmental Change in Europe with Digital Space Technologies) мав на меті підвищити компетентність учителів і учнів у роботі із супутниковими знімками, а також допомогти учням використовувати їх, щоб дізнатися про взаємодію людини з навколишнім середовищем і навчити моніторити зміни довкілля. У цьому дворічному проєкті спільно працювали дослідники з Талліннського університету (Естонія), Карлового університету в Празі (Чехія), Гайдельберзького університету освіти (Німеччина) та Школи освіти FHNW (Швейцарія). Вагома частина питань, на які мала дати відповідь участь у проєкті YCHANGE, стосувалася самооцінки компетентностей учителів з різних країн-учасниць, а саме: «Якими компетентностями, на вашу думку, володіють учителі перед початком навчання?», «Чи впливає на рівень компетентностей те, з якої країни походять учасники проєкту і якою мовою розмовляють, зокрема в швейцарських кантонах?», «Чи вплинула участь у проєкті на оцінку власних компетентностей у галузі ДЗЗ?», «Як вчителі бачать навчальну програму, приклади проєктів, учнівські проєкти, вебплатформу й ефективність освітнього процесу із застосуванням даних ДЗЗ?».

Учасники проєкту з усіх країн переважно зазначили, що не знали абсолютно нічого або майже нічого про можливості застосування супутникових знімків в освітньому процесі. Компетентність учасників щодо аналізу екологічних змін була в середньому низькою, хоча зміни навколишнього середовища є центральною частиною географічної освіти. Проте неочікувані цифри щодо самооцінки компетентностей організатори отримали після курсів для вчителів. Так, деякі учасники зі Швейцарії фактично повідомили про зниження рівня своїх компетенцій

у галузі ДЗЗ після тренінгового заходу порівняно з даними, отриманими до початку заходу. Можливо, це відбулося внаслідок усвідомлення масштабності можливостей ДЗЗ, про які вони дізналися власне з тренінгу. У Німеччині 100 % респондентів зауважили, що покращили свій рівень компетентностей після освітнього курсу: підвищили здатність використовувати супутникові знімки самостійно (100 %) та в освітньому процесі, яким опікуються (85,7 %), отримали навички аналізувати зміни навколишнього середовища (100 %).

Також організатори проєкту аналізували відкриті коментарі учасників. Зокрема, один з них: «*Google Планета Земля — це програмне забезпечення дуже цікаве, але я нічого не дізнався під час уроку про дистанційне зондування Землі*», — свідчить про нерозуміння учасником проєкту того, що в основі програми «Google Планета Земля» власне і є аналіз супутникових знімків. Онлайн-опитувальники з деяких із цих курсів мають достатньо низьку якість через невелику вибірку, але демонструють певне покращення щодо компетентностей, які оцінюються самостійно кожним учителем. Загалом матеріали YCHANGE та навчальні заходи були оцінені позитивно більшістю учасників проєкту [6].

США. Проєкт GLOBE від NASA. Окрім розглянутих вище країн, використання ДЗЗ як інструменту для викладу навчальних тем природничого напрямку у початкових класах (для учнів 2 та 3 класів) США описано в роботі Н. Адактилоу [7]. Це дослідження показало, що для застосування ДЗЗ в освіті надзвичайно важливо мати доступні адекватні та відповідні ресурси, а також ефективне сприяння.

Також була вивчена ефективність використання ДЗЗ в освіті Італії [8] та Греції [9], зокрема при дослідженні наслідків змін клімату.

Такий досвід впровадження даних супутникового моніторингу Землі в освітній процес в інших країнах та міжнародних проєктах ми порівняли з українськими реаліями, де впровадження даних супутникового моніторингу Землі є точковим (проєкт Sally Ride EarthKAM від NASA, участь українських закладів освіти у програмі GLOBE від NASA, секція «ГІС у географії» Київської МАН, окремі ініціативи й освітні проєкти, якими, зокрема, займалися науковці в межах діяльності МАНУ).

2. Зародження ідеї щодо подолання цієї суперечності. Цей етап передбачав окреслення технічних передумов впровадження технологій ДЗЗ в освітній процес МАНУ, зокрема вибір хмарних сервісів, які дають змогу аналізувати відкриті дані супутникових знімків. Важливим компонентом, який допоміг сформуванню і структурувати ідею, було оприлюднення Європейським космічним агентством хмарного сервісу EO Browser, який має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і містить супутникові дані спостереження за Землею від 1972 р. місії Landsat-1 до актуальних даних місії Sentinel-2 та Sentinel-5P, а головне — надає відкриті дані з базовою можливістю їх обробки й аналізу. Також визначено, що ефективними для освітнього процесу МАНУ можуть стати сервіси Google Earth Pro та WorldView.

Наступні етапи на практиці мають достатньо умовний поділ з огляду на те, що розроблення, апробація та впровадження технологій ДЗЗ в освітній процес МАНУ відбувалися інколи одночасно.

3. Розроблення інновації. На цьому етапі передбачалося з'ясувати практичну готовність освітян використовувати дані супутникового моніторингу Землі в освітньому процесі. Для того щоб учителі мали можливість сформуванню уявлення про таку опцію, ми підготували курс «*Основи ДЗЗ*» із трьох лекцій і трьох практичних, розрахований на 15 годин. Він складався з таких тем: «*Ознайомлення з EO Browser (на прикладі завантаження космічного знімка території м. Києва)*»; «*Оцінювання наслідків надзвичайних ситуацій (на прикладі лісової пожежі в Херсонській області)*» та «*Дослідження водних об'єктів (на прикладі оцінювання динаміки весняного водопілля на півночі Київської та Чернігівської областей)*». Ці практичні роботи згодом увійшли в робочий зошит комплексу «*Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування*».

4. Апробація інновації. З 2017 до 2019 р. ми провели комплекс семінарів для освітян м. Києва за програмою курсу «*Основи ДЗЗ*». На цьому етапі були залучені 193 вчителі здебільшого географії, екології, історії та біології. Заняття для освітян окремо кожного з районів м. Києва проводилися в очному форматі у комп'ютерних класах, де вчителі, окрім теорії, могли самостійно опанувати функціонал хмарного сервісу EO Browser, який ми описували у курсі.

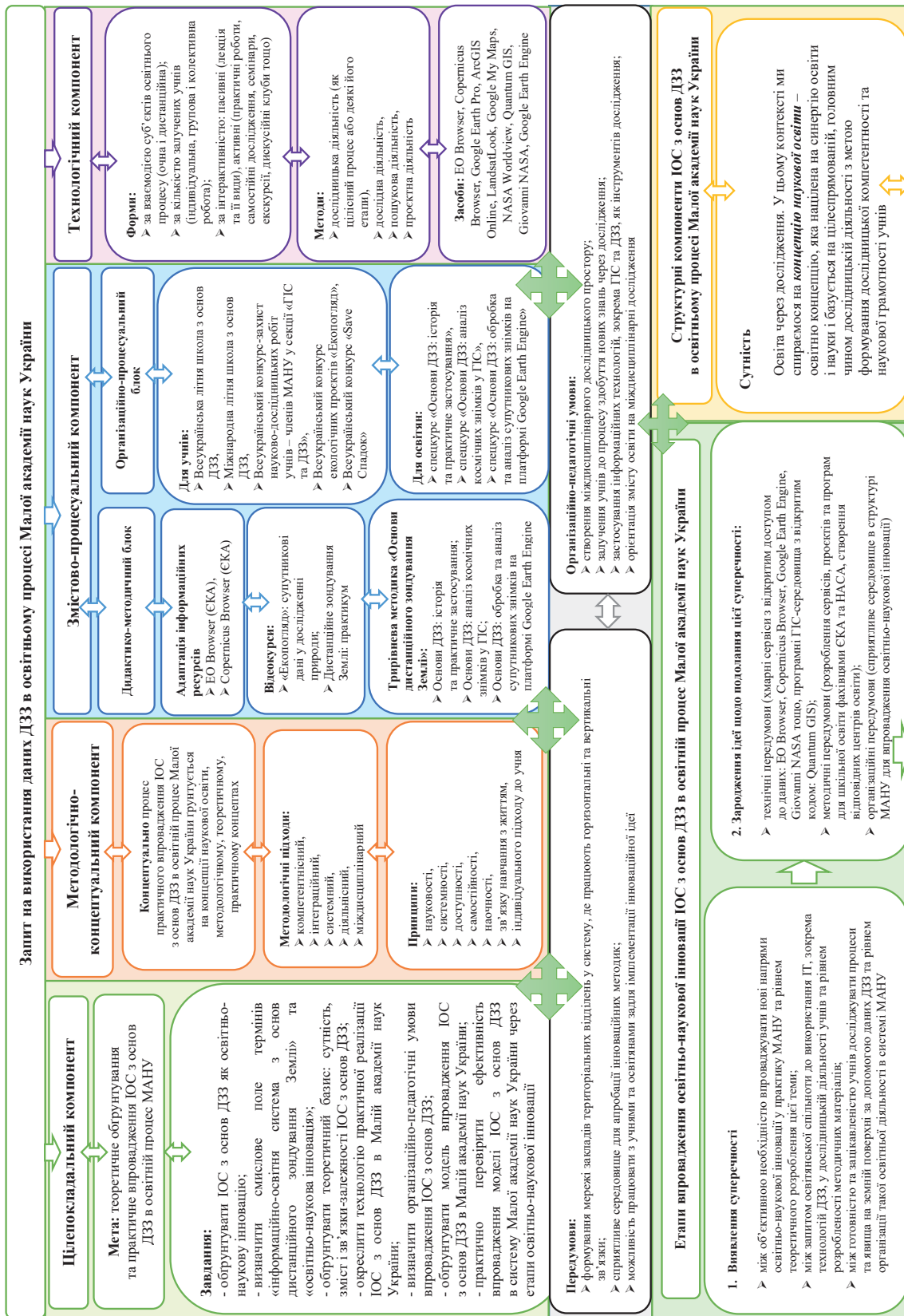


Рис. 1а. Модель авторської інформаційно-освітньої системи природничо-наукової підготовки учасників освітнього процесу МАНУ до застосування технологій ДЗЗ

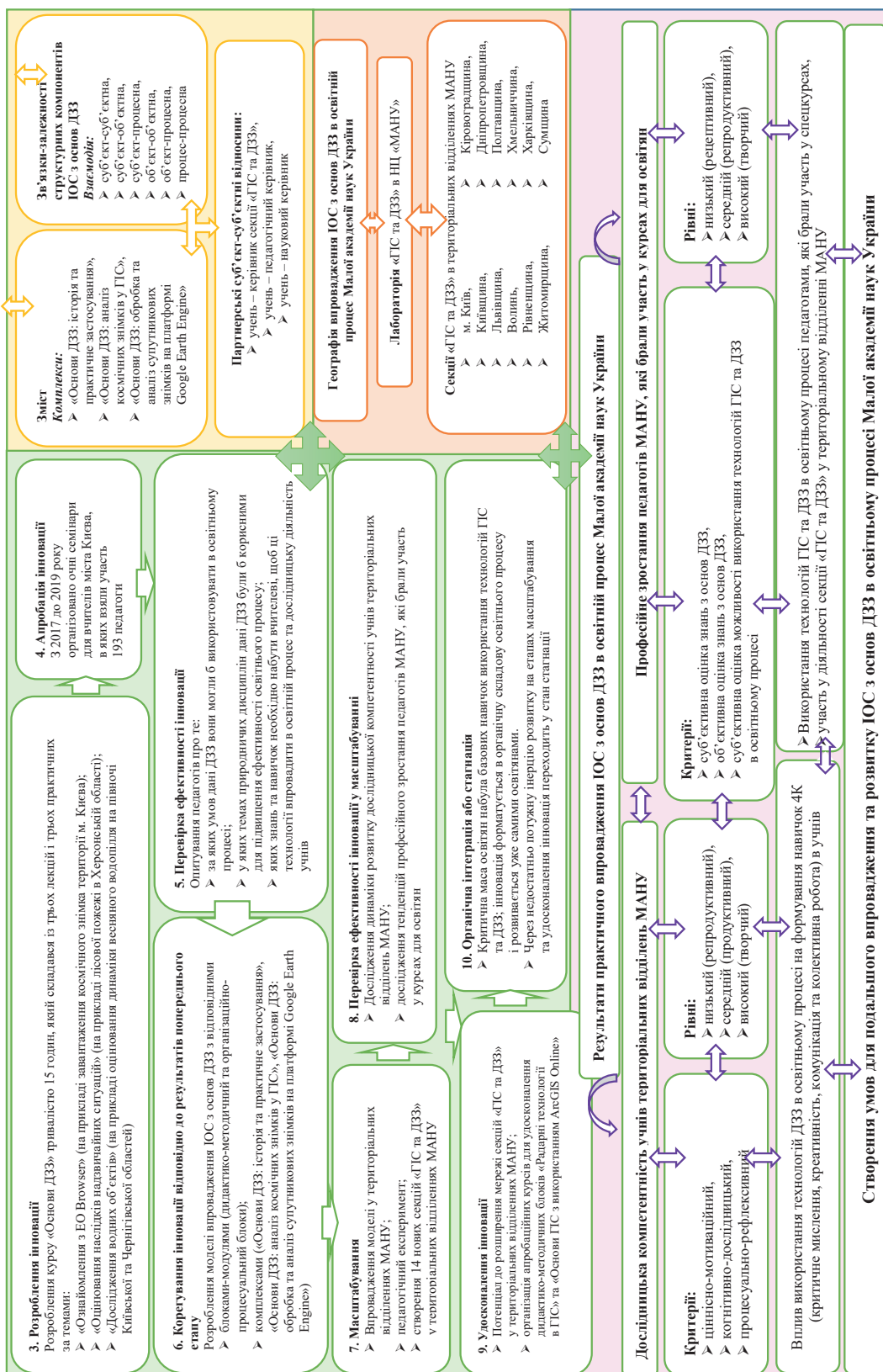


Рис. 16. Модель авторської інформаційно-освітньої системи природничо-наукової підготовки учасників освітнього процесу МАНУ до застосування технологій ДЗЗ

5. Перевірка ефективності інновації. На цьому етапі ми аналізували анкети освітян одразу після занять за такими критеріями: суб'єктивна оцінка знань з основ ДЗЗ; об'єктивна оцінка знань з основ ДЗЗ; суб'єктивна оцінка можливості використання технологій ГІС та ДЗЗ в освітньому процесі. Важливим завданням для нашого дослідження було зібрати відгуки від освітян про те, чи корисні інструменти ГІС та ДЗЗ конкретно для закладів освіти, в яких вони викладають; у чому вони вбачають складність використання цих інструментів; що ми можемо зробити, аби допомогти вирішити чи зменшити цю складність. Наша мета складалася з двох компонентів: 1) перевірити гіпотезу про низький рівень обізнаності з технологіями ГІС та ДЗЗ більшості вчителів, у тому числі природничих спеціальностей, і якщо вона підтвердиться, то для формування спільноти тих, з ким можна проводити подальше розроблення і апробацію методики, ознайомити їх з уже існуючими можливостями, які надають Європейське космічне агентство і Національне управління з аеронавтики і дослідження космічного простору у використанні даних супутникового моніторингу Землі в освітньому процесі; 2) зрозуміти запити освітян, а саме: які теми і в якому форматі вони хотіли б навчитися досліджувати за допомогою ГІС та ДЗЗ. Загалом складність досягнення самої мети полягала у тому, що вчителі мало знайомі з інструментами ГІС та ДЗЗ, тому не використовують їх в освітньому процесі й не розуміють можливості, які створюють ці технології для підвищення ефективності освітнього процесу.

6. Корегування інновації відповідно до результатів попереднього етапу. На цьому етапі ми розробляли модель впровадження технологій ДЗЗ в освітній процес МАНУ — Модель авторської інформаційно-освітньої системи природничо-наукової підготовки учасників освітнього процесу МАНУ до застосування технологій ДЗЗ з відповідними блоками-модулями та комплексами з урахуванням результатів попереднього етапу. Також на цьому етапі ми уклали дидактико-методичне забезпечення та умови для реалізації організаційно-процесуального блоку (рис. 1а, 1б).

7. Масштабування. На цьому етапі відбулася реалізація організаційно-процесуального

блоку. Курси для педагогів мали на меті ознайомити освітянську спільноту з методикою використання технологій ГІС та ДЗЗ в освітньому процесі, мотивувати і надати необхідні знання та навички, щоб учасники курсів потенційно змогли очолити секції «ГІС та ДЗЗ» у територіальних відділеннях МАНУ, організувати педагогічне та наукове керівництво учнівськими роботами. Для учнів були організовані такі заходи: Міжнародна та Всеукраїнська літні школи з основ ДЗЗ, Всеукраїнський конкурс екологічних проєктів «Екопогляд» [10] та Всеукраїнський конкурс «Save Спадок». Цей етап створив передумови для розширення мережі секцій «ГІС та ДЗЗ» у територіальних відділеннях МАНУ.

8. Перевірка ефективності інновації у масштабуванні. На цьому етапі ми досліджували, як модель видозмінюється та розширюється внаслідок масштабування у роботі секцій «ГІС та ДЗЗ» чотирнадцяти територіальних відділень МАНУ: м. Києва, Київщини, Львівщини, Волині, Рівненщини, Житомирщини, Закарпаття, Буковини, Хмельниччини, Харківщини, Сумщини, Полтавщини, Кіровоградщини, Дніпропетровщини. Зокрема, у Сумському та Львівському територіальних відділеннях організували регіональні літні школи з основ ДЗЗ.

9. Удосконалення інновації. Зараз процес упровадження інновації перебуває між попереднім і цим етапом. Теперішні напрями удосконалення: переклад українською мовою функціоналу хмарного сервісу Copernicus Browser Європейського космічного агентства, апробація та укладання комплексу «Основи дистанційного зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах», організація курсів за темами «Радарні технології в ГІС» та «Основи ГІС з використанням ArcGIS Online». Також у межах цього дослідження ми створюємо умови для реалізації перспективних напрямів впровадження технологій ДЗЗ в освітній процес МАНУ, зокрема: технологізації освітнього процесу, розширення його міждисциплінарності, забезпечення широкої мережі міжнародної співпраці та розвою освіти для сталого розвитку та відновлення.

10. Органічна інтеграція або стагнація. У своїй діяльності ми прагнемо органічно інтегрувати технології ДЗЗ в освітній процес не лише МАНУ, але й закладів загальної середньої освіти, тобто щоб вони використовувалися

не як додатковий компонент до змісту, а як за-сіб підвищення ефективності освітнього проце-су разом іншими — паперовими типами карт, фізичними та цифровими моделями рельєфу тощо.

Висновки. Дані ДЗЗ, безумовно, осучасню-ють освітній процес відділення наук про Зем-лю МАНУ. Водночас це багаторічна, системна і комплексна робота, яка передбачає управлін-ські, дослідницькі (зі сфери педагогіки), органі-заційні (розроблення компонентів організацій-но-процесуального та дидактико-методичного блоків) і стратегічні рішення. Шлях упроваджен-ня технологій ДЗЗ в освітній процес МАНУ ми умовно узагальнили й окреслили десять ета-пів: виявлення суперечності, зародження ідеї щодо подолання цієї суперечності, розроблен-ня інновації, апробація інновації, перевірка ефективності інновації, корегування інновації відповідно до результатів попереднього етапу, масштабування, перевірка ефективності інно-вації у масштабуванні, удосконалення інновації та органічна інтеграція або стагнація.

Список використаних джерел

1. Curran P., Wardley N. Remote Sensing in Sec-ondary School Geography: the Place of Landsat MSS. *Geography*. 1985. № 70 (3). Pp. 237–240. URL: <https://www.jstor.org/stable/40570957> (дата звер-нення: 24.06.2024).
2. Байрак Г. Р., Муха Б. П. Дистанційні дослідження Землі : навч. посіб. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. 712 с.
3. Даценко Л. М., Остроух В. І. Основи геоінформацій-них систем і технологій : навч. посіб. Київ, 2013. 184 с.
4. Voss K., Goetzke R., Thierfeldt F., Menz G. Integrating Applied Remote Sensing Methodology in Secondary Education. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. Barcelona, 2007. Pp. 2167–2169.
5. Dziob D., Krupiński M., Woźniak E., Gabryszewski R. Interdisciplinary Teaching Using Satellite Images as a Way to Introduce Remote Sensing in Secondary School. *Remote Sensing*. 2020. № 12 (18), 2868. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12182868>.
6. Schulman K. et al. Training Teachers to Use Remote Sensing: The YCHANGE Project. *Review of International Geographical Education (RIGEO)*. 2021. № 11 (2). Pp. 372–409.
7. Adaktylou N. Remote Sensing as a Tool for Phenomenon-Based Teaching and Learning at the Elementary School Level: a Case Study for the Urban Heat Island Effect. *International Journal of Educa-tional Methodology*, 6 (3), 517–532.
8. Amici S., Tesar M. Building Skills for the Future: Teaching High School Students to Utilize Remote Sensing of Wildfires. *Remote Sensing*. 2020. № 12 (21), 3635. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12213635>.
9. Asimakopoulou P. et al. Earth Observation as a Facilitator of Climate Change Education in Schools: The Teachers' Perspectives. *Remote Sensing*. 2021. № 13 (8), 1587. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13081587>.
10. Babiichuk S. M., Dovgyi S. O., Davybidia L. I. Remote sensing as a tool for science education and engagement: the case of the All-Ukrainian competition «Ecoview». *EGU General Assembly 2024*. Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024. EGU 24–6381. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-6381>.

References

1. Curran, P., & Wardley, N. (1985). Remote Sensing in Secondary School Geography: the Place of Landsat MSS. *Geography*, 70 (3), 237–240. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/40570957>.
2. Bairak, H. R., & Mukha, B. P. (2010). *Dystantsiini doslidzhennia Zemli [Remote sensing of the Earth]*. Lviv : Vydavnychiy tsentr LNU imeni Ivana Franka [in Ukrainian].
3. Datsenko, L. M., & Ostroukh, V. I. (2013). *Osnovy heoinformatsiinykh system i tekhnolohii [Fundamentals of geographic information systems and technologies]*. Kyiv [in Ukrainian].
4. Voss, K., Goetzke, R., Thierfeldt, F., & Menz, G. (2007). Integrating Applied Remote Sensing Methodology in Secondary Education. *Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. (Pp. 2167–2169). Barcelona.
5. Dziob, D., Krupiński, M., Woźniak, E., & Gabryszewski, R. (2020). Interdisciplinary Teaching Using Satellite Images as a Way to Introduce Remote Sensing in Secondary School. *Remote Sensing*, 12 (18), 2868. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12182868>.
6. Schulman, K., Fuchs, S., Hämmerle, M., Kisser, T., Laštovička, J., Notter, N. et al. (2021). Training Teachers to Use Remote Sensing: The YCHANGE Project. *Review of International Geographical Education (RIGEO)*, 11 (2), 372–409.
7. Adaktylou, N. (2020). Remote Sensing as a Tool for Phenomenon-Based Teaching and Learning at the Elementary School Level: a Case Study for the Urban Heat Island Effect. *International Journal of Educa-tional Methodology*, 6 (3), 517–532.
8. Amici, S., & Tesar, M. (2020). Building Skills for the Future: Teaching High School Students to Utilize

- Remote Sensing of Wildfires. *Remote Sensing*, 12 (21), 3635.
DOI: <https://doi.org/10.3390/rs12213635>.
9. Asimakopoulou, P., Nastos, P., Vassilakis, E., Hatzaki, M., & Antonarakou, A. (2021). Earth Observation as a Facilitator of Climate Change Education in Schools: The Teachers' Perspectives. *Remote Sensing*, 13 (8), 1587.
DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13081587>.
10. Babiichuk, S. M., Dovgyi, S. O., & Davybida, L. I. (2024). Remote sensing as a tool for science education and engagement: the case of the All-Ukrainian competition "Ecoview". *EGU General Assembly 2024*. Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU 24-6381.
DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-6381>.

S. M. Babiichuk

INTRODUCTION OF REMOTE SENSING TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE JUNIOR ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE: RETROSPECTIVE, CURRENT CONDITIONS AND PROSPECTS

Abstract. *The article describes the experience of introducing remote sensing technologies into the educational process of the Junior Academy of Sciences of Ukraine as an educational innovation. Ten conditional stages of implementation of this innovation are identified, specified and generalized, in particular: identification of contradiction, generation of an idea, development of innovation, testing of innovation, verification of effectiveness of innovation, correction of innovation in accordance with the results of the previous stage, scaling, verification of effectiveness of innovation in scaling, improvement of innovation and organic integration or stagnation. According to the defined stages of the introduction of remote sensing technologies into the educational process of the Junior Academy of Sciences of Ukraine, the author outlines their effectiveness, in particular, at the first stage — the identification of contradictions, describes some international projects aimed at introducing remote sensing technologies into the educational practice of the school level: The use of Landsat satellite images in school education (UK); FIS project (Germany); Colors of Earth project (Poland); YCHANGE project (Czech Republic-Germany-Estonia-Switzerland); GLOBE project (USA) and others, compared to projects implemented in Ukraine and related to remote sensing: the GIS in Geography section of the Kyiv Junior Academy of Sciences of Ukraine, NASA projects involving students from Ukraine: Sally Ride EarthKAM and GLOBE. A visual representation of the author's model of information and educational system of science education of participants of the educational process of the Junior Academy of Sciences of Ukraine for the use of remote sensing technologies is presented. On the basis of a retrospective analysis of the introduction of remote sensing technologies into the educational process of the Junior Academy of Sciences of Ukraine, the current state and prospects for the development of this innovation are outlined.*

Keywords: *Junior Academy of Sciences of Ukraine, Remote Sensing, Satellite Images.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРА

Бабійчук Світлана Миколаївна — д. пед. наук, завідувачка лабораторії «ГІС та ДЗЗ», НЦ «Мала академія наук України», доцентка кафедри ЮНЕСКО, Український державний університет імені Михайла Драгоманова, м. Київ, Україна, brevus.lana@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6556-9351>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Babiichuk S. M. — D. Sc. in Pedagogy, Head of the GIS and Remote Sensing Laboratory, NC "Junior Academy of Sciences of Ukraine", Associate Professor at the UNESCO Chair, Mykhailo Drahomanov Ukrainian State University, Kyiv, Ukraine, brevus.lana@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6556-9351>

Стаття надійшла до редакції / Received 24.06.2024