

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет географії, туризму та історії
Кафедра географії та методики її навчання**

**ВИКОРИСТАННЯ БПЛА В ПРОЦЕСІ ФОРМУВАННЯ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ НА УРОКАХ
ГЕОГРАФІЇ**

Кваліфікаційна робота студента
групи Гм-24

ступінь вищої освіти: магістр
спеціальності: 014 Середня освіта
(Географія)

Костюка Владислава Сергійовича

Керівник:

доцент, кандидат геолого-
мінералогічних наук

Холошин І.В.

ЗАПЕВНЕННЯ

Я, Костюк Владислав Сергійович, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомлений. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА У ГЕОГРАФІЧНІЙ ОСВІТІ.....	6
1.1. Безпілотні літальні апарати: види, особливості та сфери застосування.....	6
1.2. Використання БПЛА у шкільному курсі географії: огляд світового та українського досвіду	21
1.3. Переваги та виклики впровадження БПЛА у шкільну географічну освіту	33
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	55
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ГЕОГРАФІЇ.....	56
2.1. Практичні аспекти використання БПЛА при вивченні географічного простору в шкільному курсі географії.....	56
2.2. Методичні особливості проведення занять з географії з використанням БПЛА	71
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2	87
ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	90
ДОДАТКИ	96

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сучасна освіта зазнає значних трансформацій у зв'язку з активним впровадженням цифрових технологій, які змінюють традиційні підходи до навчання. Одним із найперспективніших напрямів розвитку освітніх технологій є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у навчальному процесі, зокрема у шкільному курсі географії. БПЛА є інноваційним інструментом, який дозволяє здійснювати дистанційне зондування Землі, аналізувати ландшафтні особливості, створювати високоточні картографічні матеріали та проводити польові дослідження безпосередньо у природних умовах. Їхнє застосування сприяє покращенню просторового мислення, розвитку аналітичних навичок та підвищенню зацікавленості учнів у вивченні географії.

Сучасний світовий освітній простір характеризується активним розвитком STEM-освіти, яка орієнтована на інтеграцію природничих наук, технологій, інженерії та математики. Використання БПЛА є важливим елементом цієї концепції, оскільки дозволяє не лише отримувати нові знання, але й застосовувати їх у реальних умовах, розвиваючи в учнів практичні навички роботи з технологіями майбутнього.

Географія як навчальна дисципліна охоплює вивчення різноманітних аспектів просторової організації природних та соціально-економічних процесів. Традиційні методи викладання часто обмежуються матеріалом з підручників, картами та практичними роботами, що не завжди дозволяє сформувати повноцінне розуміння просторових процесів та закономірностей. Впровадження БПЛА в шкільний курс географії може забезпечити учнів автентичними візуальними матеріалами, отриманими з незвичної перспективи, сприяти розвитку їхніх дослідницьких навичок, активізувати пізнавальну діяльність та підвищити інтерес до предмета.

Незважаючи на значний потенціал використання БПЛА в освіті, питання їх методично обґрунтованого застосування у шкільному курсі

географії залишається недостатньо розробленим. В Україні немає чітких методичних рекомендацій щодо застосування дронів у викладанні географії, а досвід інших країн поки що не набув широкого поширення. Саме тому дослідження можливостей і методичних аспектів використання БПЛА у шкільному курсі географії є актуальним і своєчасним.

Мета роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні та розробці методичних рекомендацій щодо ефективного впровадження БПЛА у шкільний курс географії для підвищення якості географічної освіти учнів.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати сучасний стан використання БПЛА у сфері освіти.
2. Визначити можливості та обмеження застосування БПЛА у викладанні шкільного курсу географії.
3. Проаналізувати практичні аспекти використання БПЛА при вивченні географічного простору в шкільному курсі географії.
4. Узагальнити результати дослідження та надати методичні рекомендації щодо їхнього практичного впровадження.

Об'єкт дослідження: процес навчання географії у школі.

Предмет дослідження: методика застосування БПЛА у шкільному курсі географії та їхній вплив на якість навчання.

Методи дослідження. Методи дослідження обрані з урахуванням поставленої мети і завдань дослідження, його об'єкта та предмета: аналіз наукової літератури, історичний, структурно-функціональний, порівняльний, узагальнення, картографічний, геоінформаційні технології та ін..

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання її результатів учителями географії для вдосконалення навчального процесу, а також у створенні методичних рекомендацій щодо впровадження БПЛА в освітню практику.

Структура роботи: складається з вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОРИСТАННЯ БПЛА У ГЕОГРАФІЧНІЙ ОСВІТІ

1.1. Безпілотні літальні апарати: види, особливості та сфери застосування

Безпілотні літальні апарати – це автономні або дистанційно керовані літальні пристрої, які виконують різноманітні завдання без прямої присутності людини на борту. Вони широко використовуються в різних сферах діяльності завдяки можливості проведення аерознімання, швидкому збору даних та доступу до важкодоступних територій.

Історія БПЛА сягає корінням у ранні роки авіації, демонструючи поступову еволюцію від простих експериментальних моделей до складних багатофункціональних систем, які ми бачимо сьогодні. Розуміння цього історичного шляху є важливим для усвідомлення сучасного стану технології БПЛА та її потенціалу, зокрема в освітній сфері.

Перші спроби створення літальних апаратів без пілота на борту датуються початком XX століття. Ці ранні розробки часто були мотивовані військовими потребами, зокрема для використання як літаючих мішеней або дистанційно керованих бомб. Так однією з перших задокументованих спроб створення безпілотного літального апарату з військовою метою стала розробка американського винахідника Бенджаміна Франкліна Сімса (1903 рік). Його "літаюча бомба" мала керуватися радіосигналами, але проєкт не отримав подальшого розвитку [21].

Під час Першої світової війни британці розробили *Aerial Target* – невеликий безпілотний біплан, призначений для використання як літаюча мішень для навчання зенітної артилерії. Цей апарат керувався радіосигналами та вважається одним з перших практично застосованих БПЛА, хоча й з обмеженими можливостями.

Сполучені Штати також активно працювали над безпілотними літальними апаратами під час Першої світової війни. *Kettering Bug* був ранньою

формою крилатої ракети, яка мала нести вибухівку на задану відстань за допомогою гіроскопічної системи керування та таймера. Хоча війна закінчилася до того, як *Kettering Bug* був використаний у бойових діях, він став важливою віхою в розвитку безпілотних технологій [21].

У міжвоєнний період (1919 - 1945) дослідження в галузі безпілотних літальних апаратів продовжувалися, хоча й не такими інтенсивними темпами, як під час війни. Так у 1930-х роках британці розробили серію радіокерованих біпланів *Queen Bee* та *Queen Wasp*, які використовувалися як більш досконалі літаючі мішені для тренувань військово-морського флоту та протиповітряної оборони.

З початком Другої світової війни інтерес до БПЛА знову зріс. Німецька крилата ракета V-1 (Фау-1) стала одним з найбільш відомих безпілотних літальних апаратів Другої світової війни. Вона мала пульсуючий реактивний двигун та систему інерційного наведення, призначалася для завдання ударів по містах союзників. Хоча V-1 була радше крилатою ракетою, ніж БПЛА в сучасному розумінні (оскільки була одноразовою), вона продемонструвала руйнівний потенціал безпілотних систем [39].

Сполучені Штати також використовували безпілотні літаки-розвідники під час Другої світової війни для фотографічної розвідки над ворожою територією, зменшуючи ризик втрати пілотованих літаків.

Період Холодної війни (1946 - кінець XX століття) ознаменувався значним прогресом у розвитку безпілотних літальних апаратів, зумовленим зростаючими військовими потребами в розвідці, спостереженні та радіоелектронній боротьбі. З'явилися реактивні безпілотні літаки, здатні літати на великих висотах та швидкостях для виконання розвідувальних місій над територією противника.

Саме в цей період почав широко використовуватися термін "*drone*" (англ. "трутень") для позначення безпілотних літальних апаратів, особливо тих, що використовувалися як літаючі мішені. Значний прогрес був досягнутий у

технологіях дистанційного керування, включаючи вдосконалення каналів зв'язку та систем навігації, що дозволило операторам більш ефективно контролювати політ БПЛА на значних відстанях.

У другій половині XX століття почали з'являтися перші спроби використання БПЛА в цивільних галузях, зокрема для аерофотозйомки, сільськогосподарських робіт та наукових досліджень, хоча ці застосування були ще досить обмеженими.

Початок XXI століття став свідком справжнього буму в розвитку та застосуванні безпілотних літальних апаратів. Цей період характеризується значним технологічним прогресом, зниженням вартості компонентів та розширенням сфер застосування далеко за межі військової справи.

Розвиток мікроелектроніки, сенсорів, акумуляторних технологій та систем GPS призвів до появи малих, легких та відносно недорогих БПЛА, які стали доступними для широкого кола користувачів.

Сучасні БПЛА оснащуються складними системами автопілотування, навігації, уникнення перешкод та штучного інтелекту, що дозволяє їм виконувати складні місії в автономному або напіваавтономному режимах. Вони можуть нести широкий спектр корисного навантаження, включаючи високоякісні фото- та відеокамери, тепловізійні та мультиспектральні сенсори, лідари, газоаналізатори та інші спеціалізовані прилади, що значно розширило їхні функціональні можливості. Як результат, БПЛА стали незамінними інструментами в багатьох галузях, включаючи сільське господарство, будівництво, інфраструктуру, енергетику, транспорт, логістику, охорону правопорядку, моніторинг навколишнього середовища, картографію, кінематографію, наукові дослідження та освіту.

Зі зростанням популярності БПЛА уряди різних країн почали розробляти та впроваджувати нормативно-правові акти, що регулюють їхнє використання з метою забезпечення безпеки повітряного простору та захисту приватного життя.

Таким чином, історичний розвиток БПЛА є яскравим прикладом технологічного прогресу, що постійно розширює межі можливого. Від простих військових розробок до складних багатофункціональних систем, БПЛА пройшли довгий шлях і сьогодні відіграють все більш важливу роль у багатьох сферах людської діяльності, включаючи наукові дослідження та освіту. Розуміння цієї історії допомагає краще оцінити потенціал БПЛА як інноваційного інструменту в шкільному курсі географії.

Сучасне розуміння БПЛА охоплює широкий спектр літальних апаратів, які функціонують без фізичної присутності пілота на борту. Ключовими характеристиками, що визначають БПЛА сьогодні, є:

1. *Відсутність пілота на борту.* Це є визначальною ознакою, що відрізняє БПЛА від традиційних літаків та вертольотів. Керування апаратом здійснюється дистанційно оператором або за заздалегідь запрограмованим автономним маршрутом.

2. *Дистанційне керування або автономне функціонування.* Залежно від типу та складності БПЛА, керування може здійснюватися в режимі реального часу оператором за допомогою каналів зв'язку, або апарат може виконувати політ за заздалегідь заданою програмою з використанням систем автопілотування та навігації. Існують також гібридні системи, що поєднують обидва підходи.

3. *Багаторазове використання (зазвичай).* Більшість сучасних БПЛА розробляються з розрахунку на багаторазове використання, за винятком деяких спеціалізованих одноразових апаратів.

4. *Наявність корисного навантаження.* БПЛА призначені для виконання певних завдань, для чого вони оснащуються різноманітним корисним навантаженням, таким як камери (фото-, відео-, тепловізійні, мультиспектральні), сенсори (метеорологічні, газоаналізатори), обладнання для картографування (лідари, сканери), засоби зв'язку тощо.

Важливо розрізняти терміни "безпілотний літальний апарат" (БПЛА) та "дрон". Термін "дрон" є більш загальним та часто використовується як синонім до БПЛА, особливо в контексті невійськового застосування, такого як розваги, фото- та відеозйомка, доставка. Однак, у більш технічному та регуляторному контексті перевага надається терміну БПЛА або "безпілотна авіаційна система" (БАС). БАС включає в себе не тільки сам літальний апарат, але й станцію дистанційного керування, лінії зв'язку та інше допоміжне обладнання, необхідне для безпечної та ефективної експлуатації БПЛА.

Таким чином, сучасне розуміння БПЛА є комплексним і охоплює широкий спектр технологічно складних літальних апаратів, що функціонують без пілота на борту та використовуються для різноманітних цілей завдяки можливості нести корисне навантаження та виконувати польоти дистанційно.

Різнноманіття конструкцій, розмірів, можливостей та сфер застосування БПЛА зумовлює необхідність їхньої систематизації за різними класифікаційними ознаками. Детальний розгляд існуючих класифікацій дозволяє краще розуміти характеристики різних типів БПЛА та їхню придатність для конкретних завдань, зокрема в контексті географічної освіти.

За аеродинамічною схемою. Цей критерій є одним з основних, оскільки визначає принципи підтримання апарату в повітрі та його льотні характеристики.

Мультикоптери (квадрокоптери, гексакоптери, октокоптери тощо). Ці БПЛА використовують кілька (зазвичай від чотирьох до восьми) роторів (пропелерів) для створення підйомної сили та керування польотом. Їхніми основними перевагами є висока маневреність, здатність до вертикального зльоту та посадки, а також можливість зависання в одній точці. До недоліків можна віднести відносно невеликий час польоту та меншу ефективність на великих відстанях порівняно з літаками. Кількість роторів впливає на вантажопідйомність, стабільність та резервування у випадку відмови одного з двигунів рис. (рис. 1.1А,Б). Квадрокоптери є найбільш поширеним типом для

освітніх цілей завдяки їхній відносній простоті та доступності.

Літаки (з фіксованим крилом). Ці БПЛА мають крила, що забезпечують підйомну силу під час поступального руху, подібно до звичайних літаків (рис. 1.1 В). Їхніми ключовими перевагами є висока швидкість, значна дальність польоту та більша енергоефективність, що забезпечує довший час перебування в повітрі. До недоліків належать необхідність наявності злітної смуги або спеціальних засобів для запуску та посадки (наприклад, катапульты або сітки), а також менша маневреність у порівнянні з мультикоптерами. Літаки-БПЛА можуть бути ефективними для аерофотозйомки великих територій.

Гібридні моделі. Ці БПЛА поєднують елементи конструкції мультикоптерів та літаків, намагаючись об'єднати їхні переваги (рис. 1.1 Г). Наприклад, існують моделі з можливістю вертикального зльоту та посадки, які потім переходять у горизонтальний політ з використанням крил для підвищення ефективності та дальності. Такі моделі можуть бути перспективними для складних завдань, але часто є більш складними та дорогими.

За масою та розмірами. Ця класифікація є важливою з точки зору регулювання та безпеки польотів.

Мікро-БПЛА. Мають дуже малу вагу (зазвичай до кількох десятків грамів) та невеликі розміри. Часто використовуються для внутрішніх польотів або в обмеженому зовнішньому просторі.

Малі БПЛА. Вага може сягати кількох кілограмів. Є найбільш поширеним класом для комерційного та освітнього застосування.

Середні БПЛА. Мають більшу вагу (десятки кілограмів) та розміри, здатні нести більш важке корисне навантаження та літати на значні відстані.

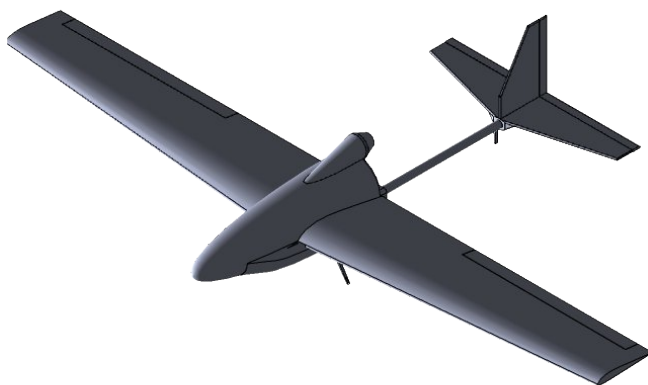
Великі БПЛА. Вага може перевищувати сотні кілограмів, а розмах крил сягати багатьох метрів. Зазвичай використовуються у військових або великих промислових цілях.



А



Б



В



Г

Рис. 1.1. Типи БПЛА за аеродинамічною схемою: А – квадрокоптер; Б – гексакоптер; В – літак-БПЛА; Г – гібридний БПЛА

Масогабаритні характеристики безпосередньо впливають на вантажопідйомність, час польоту, радіус дії, вартість та вимоги до експлуатації та регулювання. Для шкільного курсу географії найбільш прийнятними є малі та, можливо, деякі середні БПЛА.

За дальністю польоту та висотою. Ці параметри визначають географічний масштаб застосування БПЛА.

Ближньої дії. Радіус дії становить кілька кілометрів.

Середньої дальності. Радіус дії може сягати кількох десятків або сотень кілометрів.

Великої дальності. Здатні долати відстані в тисячі кілометрів.

Низьколітаючі. Літають на невеликих висотах (до кількох сотень метрів).

Середньовисотні. Здатні підніматися на висоти до кількох кілометрів.

Високовисотні. Літають на значних висотах (понад 10 кілометрів).

Для географічної освіти зазвичай достатньо БПЛА ближньої та середньої дальності, що здатні літати на низьких та середніх висотах для дослідження локальних територій.

За типом керування. Цей критерій визначає ступінь автономності БПЛА.

Дистанційно пілотовані. Політ апарату повністю контролюється оператором у режимі реального часу за допомогою станції керування.

Автономні. Політ здійснюється за заздалегідь заданим маршрутом, запрограмованим оператором. БПЛА самостійно виконує зліт, політ за точками та посадку, використовуючи системи навігації та автопілотування.

Напіваавтономні. Поєднують елементи дистанційного та автономного керування, наприклад, оператор може втручатися в автономний політ для зміни маршруту або виконання спеціальних маневрів.

Для навчальних цілей можуть використовуватися як дистанційно пілотовані, так і автономні БПЛА. Автономні польоти можуть бути корисними для виконання повторюваних завдань, таких як аерофотозйомка за заданим маршрутом, тоді як дистанційне керування надає більшу гнучкість під час дослідницьких завдань.

За призначенням. (ця класифікація відображає різноманітність застосувань БПЛА).

Розвідувальні та спостережні. Оснащені камерами та сенсорами для збору інформації.

Картографічні та геодезичні. Несуть високоточні GPS/GNSS приймачі та камери для створення ортофотопланів та 3D-моделей місцевості.

Транспортні. Використовуються для доставки вантажів.

Сільськогосподарські. Застосовуються для моніторингу посівів, внесення добрив та засобів захисту рослин.

Рекреаційні та навчальні. Простіші та доступніші моделі, призначені для розваг та навчання основам керування БПЛА та аерофотозйомки.

Для шкільного курсу географії особливий інтерес становлять картографічні та геодезичні БПЛА, а також навчальні моделі, які є безпечними та зручними для використання учнями під керівництвом вчителя.

Аналізуючи в цілому технічні характеристики БПЛА для їх використання в освітньому процесі, зокрема в шкільному курсі географії, треба зауважити, що необхідно обов'язково враховувати педагогічні цілі, вікові особливості учнів, безпеку експлуатації, зручність використання, вартість та можливості інтеграції в навчальний процес.

Без сумнівів, безпека є найважливішим аспектом при використанні БПЛА в освітньому середовищі, де присутні діти та підлітки. Технічні характеристики БПЛА повинні максимально мінімізувати ризики травмування або пошкодження майна. **Головні безпекові вимоги:**

1. *Захист пропелерів.* Наявність надійного захисту пропелерів (пропелер-гардів) є обов'язковою. Захисні кожухи повинні повністю закривати пропелери, запобігаючи випадковому контакту з ними під час польоту або на землі. Матеріал захисту повинен бути міцним та гнучким, щоб поглинати удари у випадку зіткнення.

2. *Система виявлення перешкод.* Наявність вбудованих сенсорів (ультразвукових, інфрачервоних, візуальних) для виявлення перешкод у повітрі та на землі є критично важливою для запобігання зіткненням. БПЛА повинен автоматично зупинятися або змінювати траєкторію польоту при виявленні перешкоди на безпечній відстані.

3. *Функція автоматичного повернення до точки зльоту (RTH - Return to Home).* Ця функція є необхідною для забезпечення безпечного повернення БПЛА у випадку втрати сигналу керування, низького заряду акумулятора або інших непередбачуваних ситуацій. Система RTH повинна бути надійною та точною.

4. *Обмеження висоти та дальності польоту.* Програмні обмеження висоти та дальності польоту дозволяють утримувати БПЛА в межах безпечної зони та запобігати його випадковому виходу за межі видимості або у заборонений повітряний простір.

5. *Індикація стану.* Наявність чіткої візуальної (світлодіодні індикатори) та звукової індикації стану БПЛА (режим польоту, рівень заряду акумулятора, помилки) допомагає оператору контролювати роботу апарату та своєчасно реагувати на можливі проблеми.

6. *Надійна система кріплення акумулятора.* Акумулятор повинен бути надійно закріплений, щоб запобігти його випадковому від'єднанню під час польоту, що може призвести до падіння БПЛА.

Також для ефективного використання БПЛА в освітньому процесі вони повинні бути зручними у використанні та мати інтуїтивно зрозуміле керування, доступне як для вчителя, так і для учнів (під наглядом). Так програмне забезпечення для керування БПЛА та планування польотів повинно мати простий та зрозумілий інтерфейс, адаптований для користувачів без спеціальних технічних знань.

Бажана наявність спеціальних режимів польоту для початківців (наприклад, режим "початківець" з обмеженою швидкістю та чутливістю керування, режим утримання позиції), що полегшує навчання керуванню та знижує ризик аварій на початковому етапі.

Більшість сучасних БПЛА мають наявність автоматизованих режимів польоту (наприклад, політ за точками, обліт об'єкта). Це може бути корисною

для виконання заздалегідь спланованих завдань зі збору даних, дозволяючи учням зосередитися на спостереженні та аналізі.

Пульт керування повинен бути ергономічним, мати чіткі позначення кнопок та інтуїтивно зрозуміле розташування елементів керування. Наявність вбудованого екрана для відображення телеметрії та зображення з камери є перевагою. В іншому випадку необхідне підключення БПЛА до смартфона або планшета.

Основна цінність використання БПЛА в географічній освіті полягає в можливості отримання автентичних аерознімків. Тому технічні характеристики БПЛА повинні забезпечувати якісний збір даних, придатних для навчального аналізу.

В першу чергу, це *роздільна здатність камери*. Камера повинна мати достатню роздільну здатність (не менше 12 мегапікселів) для отримання чітких та детальних фото-, відеоматеріалів, придатних для ідентифікації об'єктів та проведення простих вимірювань. Бажано підтримка відеозйомки у форматі Full HD (1920x1080) або вище з достатньою частотою кадрів (не менше 30 fps) для отримання плавних та інформативних відеозаписів.

Широкий кут огляду камери дозволяє охоплювати більшу площу на одному знімку або відео, що є корисним для панорамної зйомки та огляду великих територій, а наявність механічної або електронної стабілізації зображення (гіроскоп, підвіс) є важливою для отримання чітких аероданих, особливо при вітряній погоді або під час руху БПЛА.

Хоча на початковому етапі знайомства з БПЛА достатньо звичайної RGB-камери, але суттєво розширити можливості аерозйомки дозволяє встановлення додаткових сенсорів, наприклад, мультиспектральна або тепловізійна камери. Вона дозволяє отримати інформації про стан рослинності, вологості ґрунту, виявлення захворювань рослин, допомагають виявленню температурних аномалій, дослідженню теплових островів у містах, пошуку теплових об'єктів тощо.

Наявність вбудованого GPS-модуля з достатньою точністю (бажано з підтримкою GLONASS або Galileo) є важливою для визначення координат місця зйомки, реалізації функції автоматичного повернення та для подальшої геоприв'язки отриманих зображень.

Без сумнівів, дуже важливим фактором для освітніх закладів є вартість придбання та експлуатації БПЛА. Так, наприклад, вартість БПЛА повинна бути прийнятною для бюджету навчального закладу. Слід враховувати не лише вартість самого апарату, але й вартість додаткових акумуляторів, запасних частин та програмного забезпечення (за потреби). Також, БПЛА повинен бути простим в обслуговуванні, не потребувати складних процедур налаштування та регулярного технічного обслуговування.

Виходячи з вище переліченого, в ДОДАТКУ А наведено структурований опис ключових технічних вимог до БПЛА для використання в шкільному курсі географії а на рисунку 1.2 модель такого БПЛА.



Рис. 1.2. Модель ідеального навчального дрону

Також в ДОДАТКУ Б наведено порівняльна таблиця трьох дронів, які за своїми характеристиками найбільш підходять для використання в шкільній географії. Для більшості шкіл найкращим вибором буде **DJI Mini 2 або Mini 3** – за простоту, безпеку, вартість та якість зображень. **Autel EVO Nano+** – це вибір для розширених проєктів, STEM-програм або шкіл, де планується глибше вивчення ГІС.

Як було зазначено вище, БПЛА пройшли шлях від вузькоспеціалізованих військових розробок до універсальних інструментів, що знаходять застосування в найрізноманітніших галузях цивільного життя. Але історично, **військова справа** була першою і тривалий час основною сферою застосування БПЛА. Сьогодні вони використовуються для:

- **Розвідки та спостереження:** Збір оперативної інформації, моніторинг пересування військ, виявлення цілей.
- **Ударних місій:** Нанесення високоточних ударів по ворожих об'єктах.
- **Радіоелектронної боротьби:** Подавлення ворожих систем зв'язку та радіолокації.
- **Логістики та транспортування:** Доставка вантажів у важкодоступні райони.
- **Створення мішеней:** Використання як імітаторів реальних повітряних цілей під час навчань.

Однак, за останні десятиліття спостерігається бурхливе зростання використання БПЛА в цивільних галузях. Їхні переваги, такі як мобільність, можливість доступу до важкодоступних місць, відносна дешевизна експлуатації та здатність отримувати дані з повітря, зробили їх незамінними інструментами в багатьох сферах:

- **Сільське господарство:** Моніторинг стану посівів, оцінка врожайності, виявлення захворювань та шкідників, точне внесення добрив та засобів захисту рослин, іригація.

- **Будівництво та інфраструктура:** Інспекція мостів, тунелів, ліній електропередач, трубопроводів, контроль якості будівельних робіт, геодезичні зйомки, створення 3D-моделей будівельних майданчиків.
- **Енергетика:** Інспекція вітрових турбін, сонячних панелей, нафтогазових об'єктів, виявлення витоків та пошкоджень.
- **Транспорт та логістика:** Доставка невеликих вантажів (пошта, медикаменти, продукти харчування), моніторинг дорожнього руху, управління складськими запасами.
- **Охорона правопорядку та безпека:** Патрулювання територій, пошуково-рятувальні операції, контроль масових заходів, фіксація правопорушень, криміналістичні дослідження.
- **Картографія та геодезія:** Створення високоточних ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу, оновлення карт, кадастрові зйомки.
- **Моніторинг навколишнього середовища:** Оцінка стану лісів, виявлення незаконних вирубок, моніторинг забруднення повітря та водних ресурсів, спостереження за дикою природою, оцінка наслідків стихійних лих.
- **Засоби масової інформації та розваги:** Аерозйомка для кіно, телебачення, реклами, спортивних трансляцій, фото- та відеозйомка подій.
- **Наукові дослідження:** Збір даних у важкодоступних або небезпечних для людини умовах (атмосферні дослідження, вивчення вулканів, льодовиків, морських екосистем).
- **Гуманітарна допомога та ліквідація наслідків стихійних лих:** Доставка гуманітарних вантажів, оцінка збитків, пошук постраждалих.

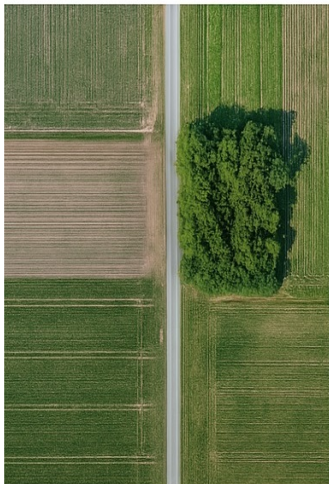
Цей перелік не є вичерпним і постійно розширюється з розвитком технологій та появою нових можливостей БПЛА. Але окремо слід охарактеризувати використання БПЛА в географічних дослідженнях. БПЛА стали потужним інструментом у руках географів, надаючи унікальні можливості для дослідження нашої планети. Їхні переваги перед традиційними

методами дистанційного зондування (супутники, пілотована авіація) полягають у високій просторовій та часовій роздільній здатності, гнучкості та оперативності, доступі до важкодоступних територій, а також відносній економічності.

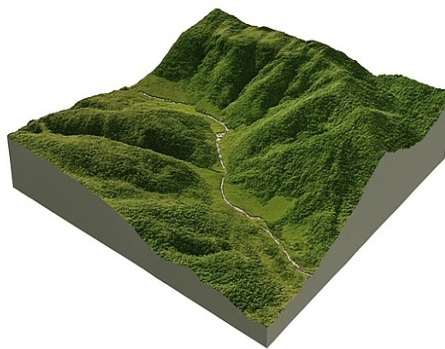
У географічних дослідженнях БПЛА застосовуються (рис. 1.3):

- *Картографія та геодезія.* Застосування БПЛА в картографії та геодезії є одним з найбільш інтенсивних та результативних напрямів. Висока просторова роздільна здатність зображень, отриманих з БПЛА, у поєднанні з технологіями фотограмметрії та геоприв'язки, дозволяє створювати надзвичайно детальні та точні геопросторові продукти, такі як ортофотоплани, цифрові моделі рельєфу, 3D-моделі об'єктів та територій тощо.

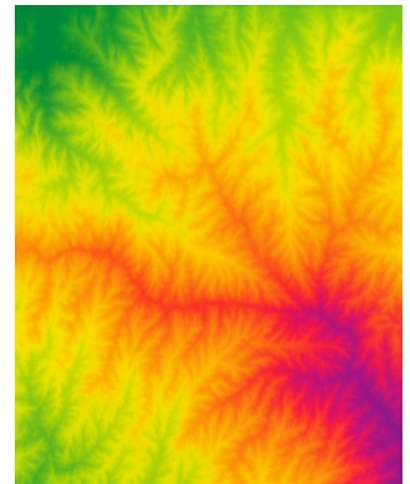
- *Моніторинг навколишнього середовища та екологічні дослідження.* БПЛА стали незамінним інструментом для моніторингу екологічного стану різних екосистем та виявлення антропогенного впливу, а саме для оцінка стану рослинності, спостереження за дикою природою, моніторингу забруднення, оцінки наслідків стихійних лих та ін..



Ортофотоплан



3-D модель рельєфу



Цифрова модель рельєфу

Рис. 1.3. Приклади результатів застосування БПЛА у географічних дослідженнях

- *Геоморфологічні дослідження.* БПЛА відкрили нові можливості для детального вивчення форм рельєфу та геоморфологічних процесів: вивчення ерозії та акумуляції, аналіз руслових процесів, дослідження льодовиків та кріосфери, вивчення вулканів та інших геологічних небезпек тощо.
- *Дослідження міських територій.* БПЛА стають все більш важливим інструментом для вивчення міських ландшафтів та процесів: містобудівне планування та управління, моніторинг транспортних потоків, оцінка стану інфраструктури, вивчення теплових островів та ін..
- *Інтеграція з геоінформаційними системами (ГІС).* Дані, отримані з БПЛА (аерознімки, ЦМР, векторні шари), легко інтегруються в ГІС, де вони можуть бути об'єднані з іншими геопросторовими даними (карти, супутникові знімки, статистичні дані) для комплексного аналізу та моделювання різноманітних географічних явищ та процесів. Висока деталізація даних БПЛА дозволяє значно підвищити точність та інформативність ГІС-аналізу.
- *Оперативне реагування на надзвичайні ситуації.* У випадках стихійних лих, техногенних катастроф або інших надзвичайних ситуацій БПЛА можуть оперативно надавати критично важливу інформацію для служб порятунку та ліквідації наслідків. Вони використовуються для оцінки масштабів руйнувань, пошуку постраждалих, координації рятувальних робіт та доставки терміново необхідних вантажів у важкодоступні райони. Подальший розвиток технологій БПЛА, сенсорів та методів обробки даних відкриває ще більш широкі перспективи для географічних досліджень майбутнього.

1.2. Використання БПЛА у шкільному курсі географії: огляд світового та українського досвіду

Застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у шкільному курсі географії поступово перетворюється на важливий елемент освітньої інновації, що сприяє модернізації традиційного навчального процесу, розвитку дослідницьких компетентностей та залученню учнів до практикоорієнтованої

діяльності. Аналіз світових та українських наукових та науково-методичних джерел демонструє зростаючий інтерес до використання БПЛА в освіті (рис. 1.4), зокрема в межах географічної освіти, де можливість збирання, аналізу та візуалізації просторових даних безпосередньо відповідає змістовим лініям шкільної програми.

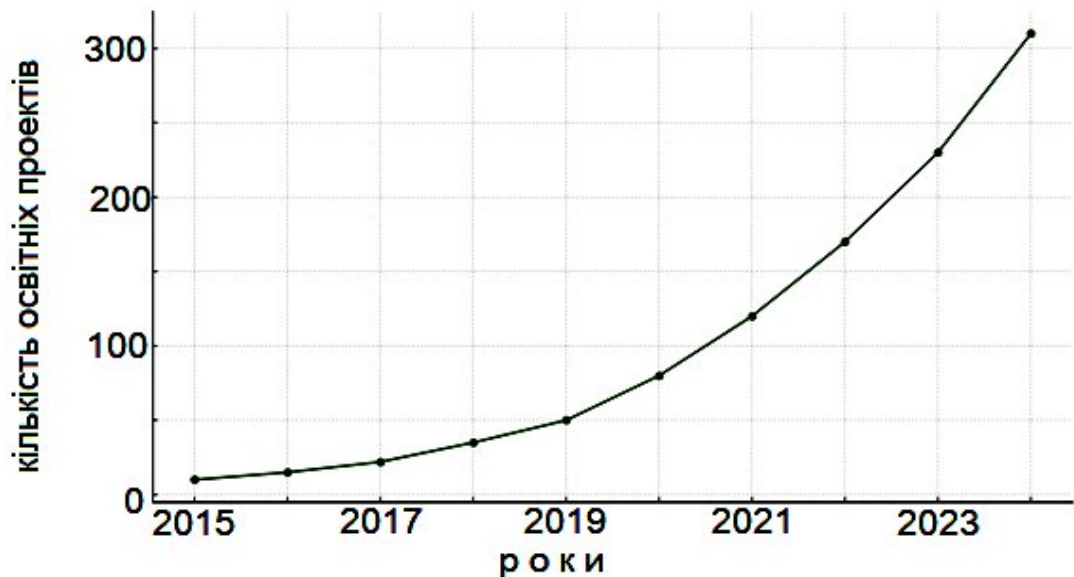


Рис. 1.4. Динаміка збільшення кількості освітніх проектів з використанням БПЛА у світі з 2015 по 2024 роки (за даними [26])

Хронологію розвитку цього освітнього напрямку можна поділити на кілька етапів, кожен з яких характеризується певними технологічними досягненнями, змінами в освітніх підходах та розширенням сфер застосування. Так перші проби обмеженого застосування БПЛА в освіті зустрічаються на початку 2000-х років. На той час БПЛА були дорогими, складними в управлінні і їхнє використання обмежувалося військовими цілями або спеціалізованими аерофотозйомками.

Але вже з'явилися перші приклади використання БПЛА для проведення польових досліджень для збору даних про рослинність або топографію місцевості в деяких університетах США. В Австралії дослідники використовували БПЛА для моніторингу стану Великого Бар'єрного рифу. Відомі також поодинокі приклади, коли окремі вчителі-ентузіасти почали

використовувати БПЛА для аерофотозйомки шкільної території та місцевих географічних об'єктів [27, 28].

З середини 2010-х років ринок БПЛА почав стрімко розвиватися. З'явилися більш доступні за ціною та прості у використанні моделі, оснащені камерами високої роздільної здатності, системами GPS та автоматизованими режимами польоту. Освітні організації та некомерційні фонди почали розробляти навчальні програми та проєкти, спрямовані на інтеграцію БПЛА в освіту. Також з'явилися перші онлайн-курси та навчальні матеріали для вчителів, присвячені використанню БПЛА в навчальному процесі.

В якості прикладу, можна навести проєкт «*Drones in Education*» в США, в рамках якого школам надавалося обладнання та навчальні матеріали для використання БПЛА в навчальному процесі. В Великій Британії деякі школи почали використовувати БПЛА для дослідження річкових басейнів і міської забудови, а в Канаді проєкт «*Geospatial Technology in Education*» сприяв використанню геопросторових технологій, включаючи БПЛА, у **навчанні** географії та інших предметах.

Сучасний етап (з початку 2020-х років) інтеграції БПЛА в навчальний процес характеризується розширенням сфер застосування дронів в географічних дослідженнях. БПЛА стають ще більш інтелектуальними, автономними та оснащеними різноманітними сенсорами. Розвиваються технології штучного інтелекту, обробки даних та хмарних обчислень, що відкриває нові можливості для використання БПЛА в освіті. Учні використовують БПЛА для виконання проєктів, пов'язаних з географією, (для створення карт місцевості, аналізу змін землекористування або дослідження екологічних проблем тощо). Також БПЛА активно використовуються для STEM-освіти.

Лідерів з інтеграції БПЛА в освіту є США (рис. 1.5). Починаючи з 2015 року, у багатьох штатах, зокрема Каліфорнії, Техасі, Флориді, розроблено пілотні освітні програми, де дрони використовуються у шкільній географії,

STEM-курсах та екологічних дослідженнях. Учні вивчають принципи роботи БПЛА, проводять польоти для збору геоданих і створюють ортофотоплани. Особливу увагу приділяють практичному застосуванню дронів: аналіз лісових пожеж, спостереження за водоймами, дослідження міських агломерацій [18].

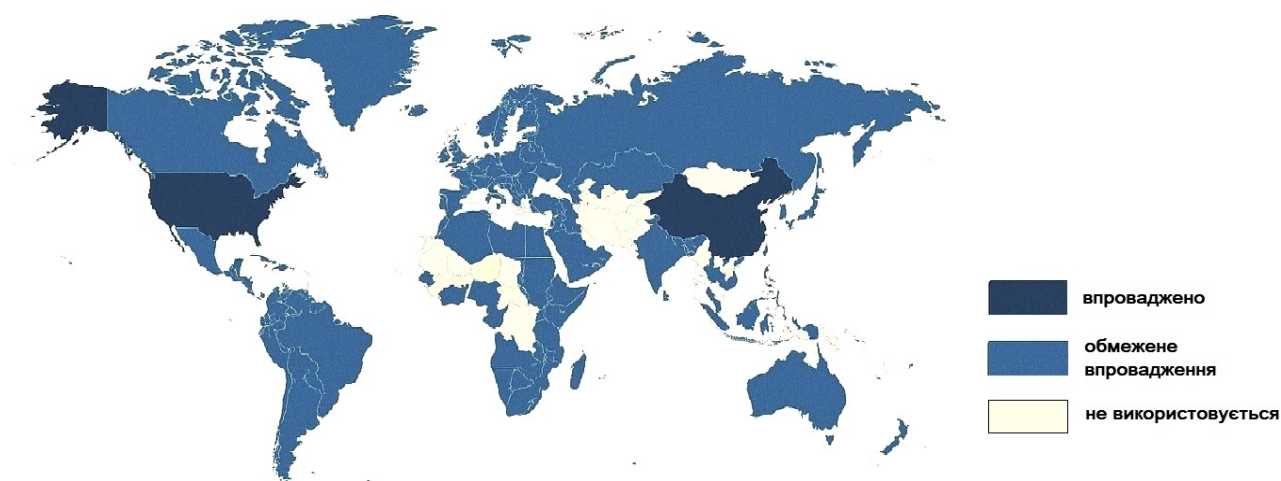


Рис. 1.5. Сучасна географія використання БПЛА в освіті країн світу (за даними аналізу літературних джерел)

Програма *DroneBlocks* (<https://www.droneblocks.io/>) пропонує модулі для учнів 5–12 класів, де географічні задачі вирішуються на основі місії дрона – картографування місцевості, фіксація змін у ландшафті, вимірювання територій, спостереження за змінами клімату, тощо.

Відомим є досвід школи *Concord High School* (Північна Кароліна), де дрони активно використовуються у проєктній діяльності з географії: учні створюють ортофотоплани шкільної території, здійснюють оцінку ландшафтного дизайну, аналізують водні ресурси, забруднення та зміни навколишнього середовища.

У Великій Британії дрони також активно використовуються у шкільних географічних проєктах. Географічне товариство Великобританії (*Royal Geographical Society*) публікує методичні рекомендації для вчителів щодо інтеграції дронів у навчальні теми: «ландшафти», «зміни клімату», «просторове планування».

Школи розробляють міні-дослідницькі проєкти: картографування територій, оцінка ерозійних процесів, спостереження за забрудненням водою. Учні залучаються до аналізу даних, створення 3D-моделей та тематичних карт [40]. Як приклад, школа St. Peter's School (Йорк) запровадила курс «Aerial Geography», де учні виконують дослідження міського планування, зелених зон, процесів урбанізації.

В Канаді використання дронів підтримується у межах STEM-ініціатив та проєктного навчання. У провінції Онтаріо, за підтримки неурядової організації *Let's Talk Science*, учні залучаються до аерофотозйомки природних об'єктів (озера, ліси, прибережні території) з подальшим аналізом екологічного стану територій [37].

Китай також знаходиться серед лідерів використання БПЛА в географічній освіті. Педагоги країни демонструють комплексний підхід до інтеграції БПЛА в освіту, охоплюючи як професійну підготовку, так і шкільну освіту. Так в Китаї було створено понад 40 спеціалізованих навчальних закладів, які пропонують інтенсивні курси з пілотування та обслуговування дронів. Ці програми включають навчання з використання симуляторів, реальних польотів, а також підготовку до отримання ліцензій, необхідних для керування дронами вагою понад 7 кг і польотами на висоті понад 120 метрів.

У Гонконзі було проведено ініціативу з використання дронів як інструменту навчання на основі досліджень у шкільній географії. Цей підхід, відомий як "навчання з використанням дронів" (*Drone-Assisted Learning, DAL*), спрямований на підтримку польових досліджень учнів. Програма включає етапи комунікації, залучення, дослідження, вираження та оцінки, що дозволяє учням самостійно планувати та виконувати завдання, пов'язані з географічними дослідженнями [26].

Серед європейських країн, використанням БПЛА в шкільній освіті виділяються педагоги Німеччини. Дрони інтегруються в шкільну географію в межах міждисциплінарного підходу. Наприклад, освітні ініціативи на рівні

федеральних земель передбачають створення STEM-хабів, де учні працюють над проєктами із застосуванням БПЛА [13]. Дослідницькі кейси охоплюють: зміни в ландшафті після повеней, просторовий аналіз транспортних систем, обстеження лісових масивів. Програма *GeoDrohne4School* поєднує навчання роботі з дронами, обробку даних у QGIS та розробку навчальних карт. Учні вивчають роботу сенсорів, програмування польотних місій, аналіз аерознімків [30].

В Україні використання БПЛА в закладах середньої освіти перебуває на стадії формування практик, однак уже існують приклади успішної реалізації таких освітніх ініціатив [8]. Так у кількох містах України діють гуртки, що навчають школярів керуванню дронами та основам аерофотознімання. Наприклад, у Києві та Львові працюють освітні центри, що готують учнів до участі у міжнародних конкурсах з використання БПЛА (рис. 1.6). Наприклад, у *Львівському фізико-математичному ліцеї* у 2023 році впроваджено STEM-гурток, у межах якого учні проводять фотозйомку території школи, досліджують водовідвід, зелені зони, створюють тематичні карти у QGIS.



Рис. 1.6. Вивчення БПЛА в освітньому центрі (джерело: SkyPilots.ua)

З ініціативи МОН України в освітні заклади країни впроваджується *Інтеграційний навчальний комплекс FPV-EDU Start* (рис. 1.7), який допомагає реалізувати навчання на теоретичному, тренувальному та практичному рівнях, отримати експертну інформацію про будову, призначення та принципи роботи БПЛА різних типів, провести тренувальні польоти на найбільш популярному у світі тренажері-симуляторі та перейти до управління справжнім дроном у приміщенні.

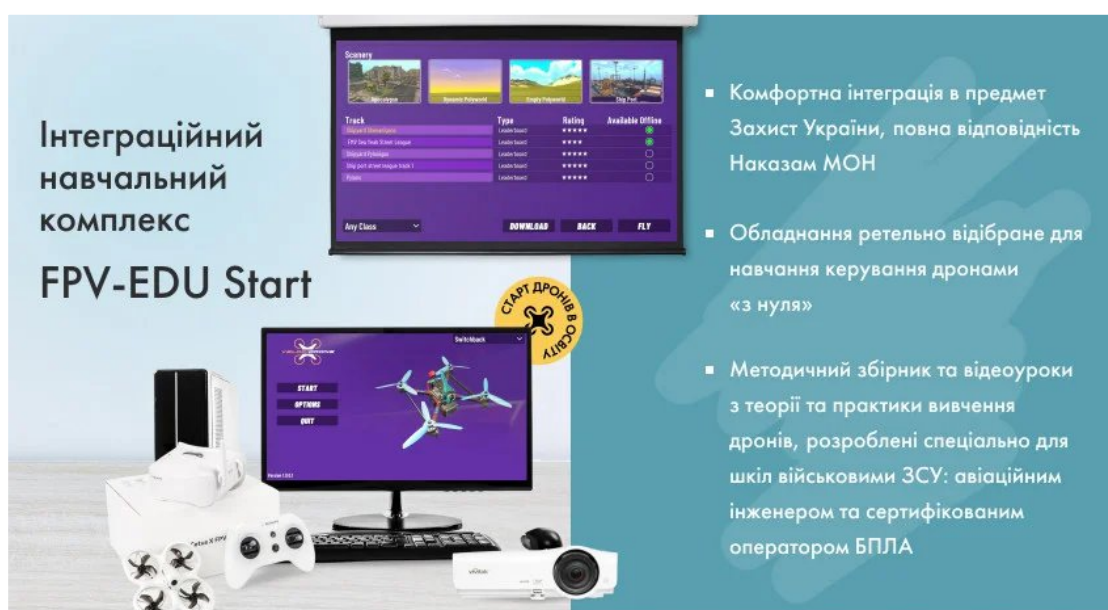


Рис. 1.7. Інтеграційний навчальний комплекс FPV-EDU Start (джерело: [42])

Із 2022 року в Україні діє курс підвищення кваліфікації *БПЛА в географії та екології* (розроблений НУ «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка), де вчителі вивчають базові принципи керування дроном, обробку зображень, створення цифрових моделей місцевості. У результаті вчителі набувають здатності інтегрувати БПЛА у навчальну програму, відповідно до Державного стандарту базової середньої освіти.

Аналізуючи наукову літературу 2005 по 2023 років Richard Yeung з співавторами встановили [41], що безпілотні технології активно використовуються у різних дисциплінах (рис. 1.8). Лідируючі позиції за STEM-

освітою (57% з усіх публікацій), інженерією (52%) та комп'ютерними науками (31%). Географія з 16% займає четверте місце.

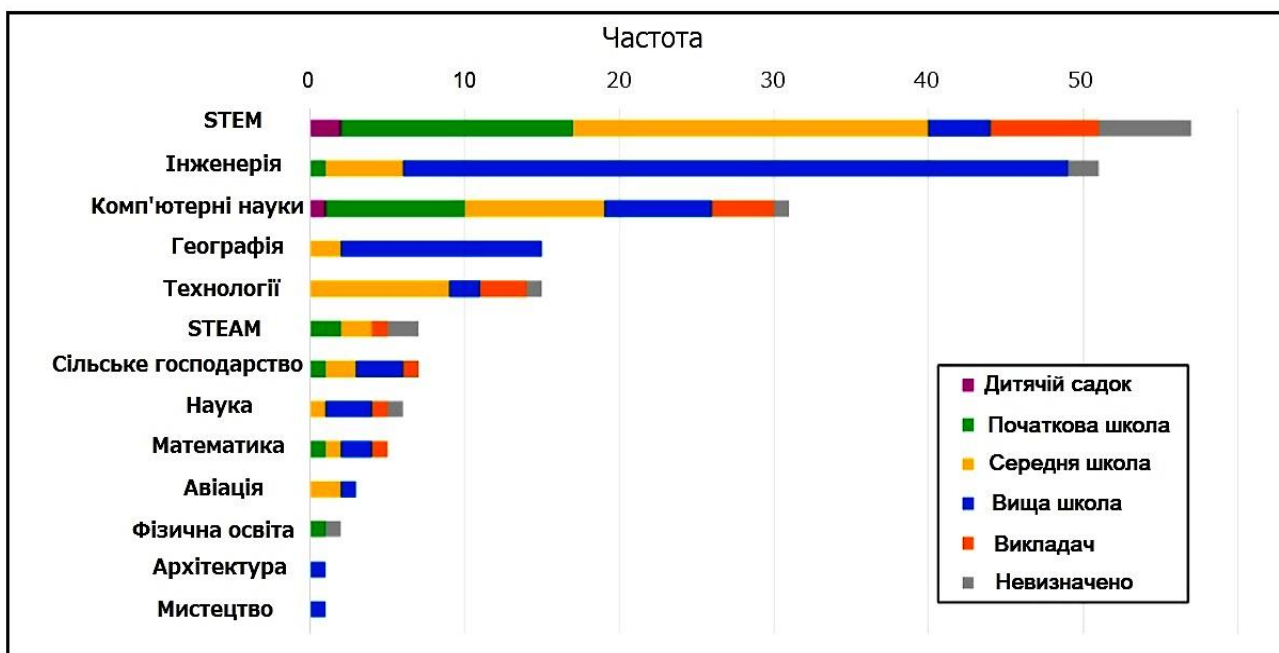


Рис. 1.8. Розподіл основних дисциплін з використанням безпілотних технологій у світовій науковій літературі за період 2005-2023 рр (побудовано з використанням даних *Richard Yeung* з співавторами [41]).

Отримані результати підкреслюють домінуючу тенденцію впровадження технологій дронів в освіту. Міждисциплінарний характер застосування дронів очевидний, оскільки такі дисципліни, як географія, активно впроваджують технології дронів в освітню практику. Ці висновки підкреслюють потенціал технології дронів для покращення навчального досвіду на різних освітніх рівнях і дисциплінах.

З рисунку 1.9 можна побачити, що застосування дронів в освіті збільшується у міру того, як учні та студенти переходять на більш високі рівні навчання (від 1,45 % у дитячому садку до майже 40 % у вищій школі).

Дрони набули швидкої популярності в середній освіті завдяки своїм надзвичайним експлуатаційним можливостям і можливостям аерофотозйомки [31]. Ці можливості дозволяють учням збирати дані з раніше недоступних висот, революціонізуючи їхній досвід навчання. В першу чергу це стосується *STEM-освіти*. С часу першого опублікованого дослідження Васона та ін.. [10],

щодо інтеграції дронів у STEM-освіту середньої школи пройшло небагато часу, але сьогодні спостерігається помітне та безперервне зростання впровадження інтегрованого STEM-навчання як у початкову, так і старшу середню освіту.

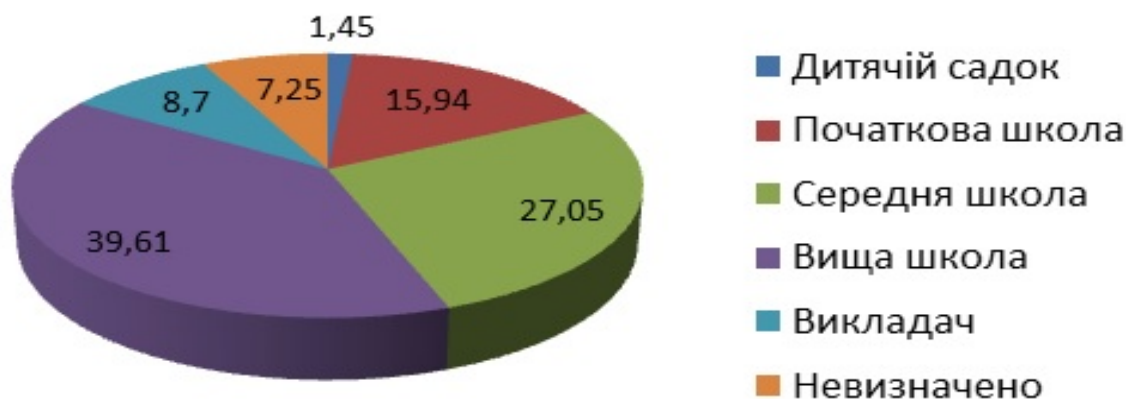


Рис. 1.9. Відсотковий розподіл застосування дронів в освіті за академічним рівнем у світовій науковій літературі з 2005-2023 рр (побудовано з використанням даних *Richard Yeung* з співавторами [41]).

Революцію в STEM-освіті роблять завдяки використанню дронів для створення навчання захоплюючими та інтерактивними, щоб зацікавити учнів тим, як все працює [27]. Дрони заохочують критичне мислення, креативність і технічні навички для вирішення реальних проблем і вирішення міждисциплінарних проєктів. Ці інструменти не лише роблять STEM більш привабливим для вивчення, вони надихають учнів готуватися до майбутнього, яке включає технології та інновації. D. Varone наголошує, що існує значний взаємозв'язок між використанням запропонованого в педагогічному процесі технологічного набору та можливістю значного навчання учнями за напрямками STEM [10].

Експериментальне та проектне навчання виділяються як найпоширеніші педагогічні методи в інтегрованій STEM-навчанні за допомогою дронів. Окрім набуття технічних навичок, пов'язаних із безпілотниками, результати навчання охоплюють цілий спектр аспектів, у тому числі підвищення обізнаності про кар'єру STEM, підвищення залученості та інтересу до навчання, а також

здатність до спільного вирішення проблем. Результати підкреслюють потенціал дронів для розпалювання пристрасті до предметів STEM серед учнів середньої школи, досягнутий за допомогою міждисциплінарних практичних програм, які сприяють вирішенню проблем і навикам дизайну[41].

Цілий ряд досліджень присвячені *вивченню впливу використання БПЛА на освітні результати учнів*. Так Е. Fokides з співавторами [16] вивчали інтеграцію дронів у навчальну програму 40 учнів 5-го класу, які були розділені на дві групи. Перша група навчалася з використанням дронів, а друга група навчалася традиційно. Результати показали, що учні в групі дронів суттєво перевершили учнів у звичайній навчальній групі з оцінювання з математики. Р. Chou [14] розглянув вплив використання дронів на розвиток навичок просторової візуалізації учнів. Десять учнів третього класу зголосилися взяти участь у шеститижневому навчальному заході. Результати показали, що програмування дронів значно покращило засвоєння учнями навичок просторової візуалізації.

Результати цікавих досліджень продемонстрували G. Palaigeorgiou та ін.. [33]. Досліджувалися учасники курсу зі сталого розвитку департаменту початкової освіти. Учні випадковим чином були поділені на дві групи. Двадцять шість студентів з першої групи в екскурсійному маршруті відвідали заздалегідь визначені міста, а друга група з 15 студентів переглядала цей маршрут у вигляді прямої відеотрансляції з дронів. Студенти стверджували, що ці два методи є однаково дієвими, кожен зі своїми перевагами та проблемами. Студенти повідомили, що віртуальні екскурсії на основі дронів забезпечили веселий і захоплюючий метод навчання, а також забезпечили кілька переваг перед реальними польовими поїздками, таких як більш детальні види на більшій висоті. Однак вони не могли передати невізуальні та слухові відчуття від перебування на місці.

Окремо слід зазначити дослідження, в яких вивчалася ставлення вчителів до використання БПЛА в освітньому процесі. Так вчителі які були

опитані J. Lur за допомогою анкети, продемонстрували позитивне ставлення до впливу та ефективності навчання з використанням дронів, а також виявили бажання вдосконалювати використовувані методи. Це також підтверджують і дослідження M. Rohman та ін.. [34]. 56,3% (62 зі 110) вчителів, які взяли участь у експерименті, погоджуються з тим, що інтеграція дронів у навчальну програму вплине на викладання та підготовку до навчання. При цьому 80% (88 зі 110) вчителів зацікавлені у вивченні технології дронів.

Цілий ряд робіт [3, 4, 6, 22, 25, 29, 35] присвячено проблемі використання БПЛА для отримання високоточних геопросторових даних про рельєф, земне покриття, гідрографію тощо. Було показано, що дрони забезпечують учням доступ до актуальних і точних даних, що сприяє сприяти розвитку географічних навичок, аналітичного мислення та інтерактивного навчання в школах. Як результат, учні отримали навички вміння роботи з геоданими, які були в подальшому інтегровані у геоінформаційні системи для проведення геопросторового аналізу. Автори в своїх дослідженнях доказують, що ці технології допомагають учням пов'язати теоретичні знання з практичними навичками.

Велику кількість наукових праць присвячено аналізу різноманітних моделей навчання з БПЛА. Так J. Lu з співавторами [26] використовували принципи, засновані на індивідуалізованому аспекті навчання, заснованому на принципі, що кожен індивід вчиться по-різному, приділяючи особливу увагу спілкуванню та співпраці. P. Voštinár [38] прагнув мотивувати учнів і застосував до учнів основний принцип мотиваційних теорій. J. Isingizwe з колегами [20] сконструювали концепцію, засновану на розумінні використанні дронів для виконання практичних завдань і аналізом над отриманими знаннями.

На рисунку 1.10 узагальнено та представлено застосування педагогічних підходів, прийнятих для комплексного навчання в середній освіті з використанням БПЛА. Найбільш поширеним підходом, який було задокументовано, є експериментальне навчання, яке робить акцент на

безпосередньому досвіді та рефлексії. Цей підхід передбачає залучення учнів до використання дронів з метою вивчення та безпосередньої взаємодії з технологією. Його мета – підвищити рівень залученості учнів, а також розвинути критичне мислення і навички розв’язання проблем [41].

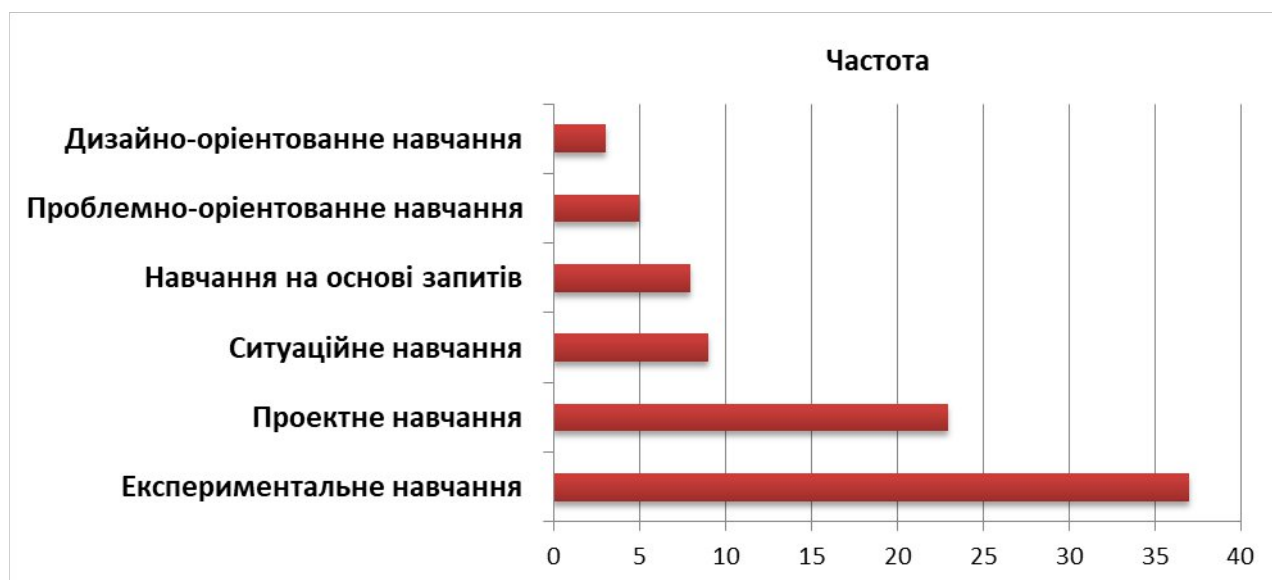


Рис. 1.10. Педагогічні підходи, прийняті для комплексного навчання в середній освіті з використанням БПЛА (побудовано з використанням даних Richard Yeung з співавторами [41]).

Іншим ефективним підходом, який було зафіксовано, є проблемно-орієнтоване навчання, що передбачає залучення учнів до тривалих проєктів практичної спрямованості із використанням дронів. Такі проєкти вимагають від учнів планування, співпраці та креативного розв’язання проблем. Цей підхід стимулює розвиток критичного мислення, аналізу складних питань і формування інноваційних рішень [17].

Таким чином, світовий досвід освітнього використання БПЛА свідчить про їх високу ефективність у шкільній освіті, особливо у вивченні географії, екології та природничих наук. В Україні цей процес тільки набирає обертів, проте вже зараз є окремі ініціативи, спрямовані на впровадження дронів у навчальний процес. Для розширення цієї практики необхідні комплексні заходи, включаючи розробку навчальних програм, підготовку педагогів та законодавче врегулювання використання БПЛА в освітніх цілях.

Розділ 1.3. Переваги та виклики впровадження БПЛА у шкільну географічну освіту

Сучасні тенденції розвитку освіти все активніше пов'язуються з цифровізацією навчального процесу, інтеграцією інноваційних технологій, а також практико-орієнтованим підходом до формування предметних компетентностей. Однією з таких інновацій, що набуває все більшого поширення у галузі географічної освіти, є використання БПЛА, що відкриває нові можливості для навчального процесу, зокрема у викладанні географії.

Теоретичні передумови впровадження БПЛА в освітній процес пов'язані з низкою педагогічних концепцій, технологічними можливостями пристроїв, а також сучасними викликами, що стоять перед географічною наукою і шкільною освітою і ґрунтуються на засадах сучасних освітніх парадигм, серед яких ключовими є конструктивізм, STEM-підхід, компетентнісна модель та інтегроване навчання (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Освітні парадигми, що підтримують використання БПЛА в шкільному курсі географії

Конструктивістський підхід передбачає активну роль учня в процесі здобуття знань. БПЛА як інструмент дослідження дозволяють учням самостійно формувати знання на основі безпосереднього досвіду — збору даних, спостережень, аналізу просторової інформації. Згідно з дослідженнями J. Scott, навчання ефективніше відбувається в умовах соціальної взаємодії, коли учні беруть участь у проєктних дослідженнях або польових роботах з використанням БПЛА [37].

В таблиці 1.1 наведено відповідність використання БПЛА ключовим засадам конструктивістського підходу.

Таблиця 1.1

Відповідність використання БПЛА ключовим засадам конструктивістського підходу

Принцип конструктивізму	Відповідна форма реалізації через використання БПЛА
Активне навчання	Учні самостійно планують політ, виконують зйомку, аналізують зібрані дані
Орієнтація на реальні проблеми	Вивчення ерозії, забудови, ландшафтних змін за допомогою аерозйомки
Конструювання знань	Учні формують знання на основі власних спостережень, побудови карт, 3D-моделей
Рефлексивна діяльність	Після польових занять відбувається аналіз результатів, обговорення, самооцінювання
Соціальна взаємодія	Командна робота в групах, розподіл ролей під час польових досліджень

Таким чином, БПЛА – це не лише інструмент технічного характеру, а й засіб побудови особистісно-значущого знання.

STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics) забезпечує міждисциплінарне поєднання знань з природничих наук, інженерії та технологій. Використання БПЛА дозволяє створити платформу для інтеграції STEM-дисциплін у шкільну географію (рис. 1.12). Їх використання в навчанні дозволяє забезпечити реалізацію дослідницького підходу через реальне збирання, обробку та аналіз геоданих, практичне застосування знань з природничих дисциплін (наприклад, аналіз ландшафтів, кліматичних змін,

водних ресурсів тощо), а також розвиток технологічної та інженерної грамотності, зокрема вміння працювати з електронними пристроями, планувати польоти, працювати з програмним забезпеченням.



Рис. 1.12. Елементи STEM, що реалізуються через використання БПЛА

Дослідження показують, що використання БПЛА в межах STEM-підходу не лише підвищує рівень мотивації учнів, а й сприяє формуванню в них цілісного уявлення про світ, здатності працювати з великими обсягами інформації, ухвалювати рішення в умовах невизначеності [11, 12, 17].

Компетентнісний підхід, що домінує в сучасній освітній політиці, орієнтований на формування у учнів здатності застосовувати знання, уміння, навички й досвід у конкретних життєвих ситуаціях. У контексті географії це означає розвиток геопросторових компетентностей, здатності орієнтуватися в середовищі, аналізувати просторові дані, формулювати та вирішувати проблеми. Використання БПЛА в цих умовах набуває особливої дидактичної цінності і сприяє формуванню компетентностей, пов'язаних з моніторингом довкілля, картографуванням територій, вивченням ландшафтів тощо [37].

Застосування БПЛА в шкільному курсі географії дозволяє реалізувати наступні компетентності (рис. 1.13):

- *інформаційно-цифрову* – через збирання, обробку, інтерпретацію геоданих;
- *екологічну* – через спостереження за змінами природного середовища;



Рис. 1.13. Компетентності, що формуються при використанні БПЛА у шкільній географії

- *комунікативну* – через групову роботу та презентацію результатів;
- *соціальну та громадянську компетентність* – через оцінювання впливу людини на довкілля;
- *підприємницьку* – через розробку власних дослідницьких проєктів;
- *уміння вчитися впродовж життя* – через самоорганізацію та рефлексію.

Технологічна готовність освітнього середовища також є важливою теоретичною передумовою. Це включає наявність обладнання (дронів,

планшетів, програмного забезпечення), кваліфікованих педагогів, які мають навички управління БПЛА та аналізу отриманих даних, а також інституційну підтримку (інструкції, навчальні програми, політика безпеки). Як зазначає F. Müller [30], ефективне впровадження БПЛА можливе лише за умови методичної підготовки вчителя та забезпечення навчально-матеріальної бази.

До компонентів технологічної готовності відносяться (рис. 1.14):



Рис. 1.14. Компоненти технологічної готовності до використання БПЛА в шкільній географії

1. **Матеріально-технічна база.** До ключових елементів належить наявність у закладі освіти функціональних БПЛА, відповідного обладнання для зйомки та обробки даних (камери, GPS-модулі, комп'ютери, програмне забезпечення для обробки геоданих), безпечних майданчиків для польотів, а також захисних елементів. Надзвичайно важливою є також наявність стабільного інтернет - з'єднання та мультимедійних засобів для демонстраційного супроводу.

2. **Цифрове та програмне забезпечення.** Важливо забезпечити учнів доступом до простих у користуванні, але функціональних інструментів для аналізу та візуалізації геопросторових даних, зокрема таких, як *QGIS*,

DroneDeploy, Pix4D, Google Earth, ArcGIS Online тощо. Ці платформи дозволяють реалізувати завдання із цифрового картографування, моделювання рельєфу та аналізу змін ландшафтів на основі даних з БПЛА.

3. **Підготовка педагогічних кадрів.** Рівень професійної готовності вчителя до впровадження дронів у навчальний процес має вирішальне значення. Необхідним є проходження курсів підвищення кваліфікації або участь у STEM-програмах, що включають вивчення основ аерофотозйомки, цифрової обробки даних, управління БПЛА та організації безпечного польоту.

4. **Інституційна підтримка та нормативне забезпечення.** Важливу роль відіграє сприяння з боку адміністрації закладу освіти, підтримка проєктної діяльності, участь у грантових ініціативах, а також чіткі нормативні вимоги щодо використання БПЛА в освітніх цілях відповідно до чинного законодавства з безпеки польотів та захисту персональних даних.

Технологічна готовність освітнього середовища створює підґрунтя для формування нових освітніх практик, де БПЛА виступають не лише як засіб наочного навчання, а як інструмент активного дослідження географічної реальності [28].

Враховуючи широке застосування БПЛА в сучасних географічних дослідженнях та їхні численні переваги, інтеграція цих технологій у шкільний курс географії відкриває значні педагогічні можливості та надає вагомі дидактичні переваги (рис. 1.15).

У сучасному освітньому просторі проблема зниження навчальної мотивації школярів є однією з найактуальніших. Особливо це стосується природничих дисциплін, таких як географія, де традиційні форми навчання часто сприймаються учнями як абстрактні, відірвані від реального життя. У цьому контексті використання інноваційних цифрових інструментів, зокрема безпілотних літальних апаратів (БПЛА), виступає ефективним засобом не лише модернізації змісту, а й **активізації пізнавальної діяльності та мотивації до навчання.**

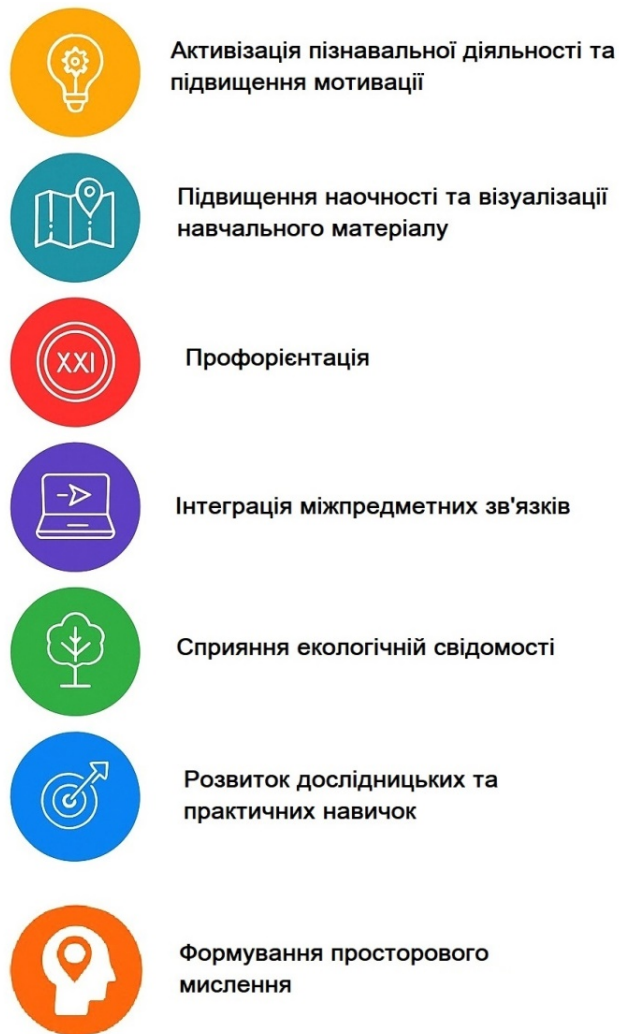


Рис. 1.15. Переваги використання БПЛА в шкільній географії

БПЛА — це технологія, яка викликає інтерес учнів уже на рівні першого знайомства. Згідно з результатами досліджень [30, 37], включення дронів у навчальний процес сприяє підвищенню внутрішньої мотивації, оскільки дає можливість учням:

- здійснювати реальні дослідження;
- працювати з сучасними цифровими технологіями;
- отримувати миттєвий результат у вигляді фото-, відео- або 3D-зображень;
- виконувати завдання, пов'язані з реальними ситуаціями та проблемами навколишнього середовища.

Учні відчують практичну значущість навчальної діяльності, а це, як є критичним фактором формування сталого інтересу.

Використання БПЛА в навчанні активізує одразу кілька типів пізнавальної активності: *сенсорної* (дрон надає візуальну інформацію високої точності, стимулюючи зорове сприйняття); *дослідницької* (учні планують маршрут польоту, проводять зйомку, збирають дані); *аналітичної* (відбувається обробка зображень, аналіз просторових об'єктів, побудова карт) та *рефлексивної* (учні оцінюють свої дії, аналізують результати, порівнюють висновки).

Географія як наука має візуальну природу: мапи, схеми, моделі, зображення – це базові засоби репрезентації географічної інформації. Згідно з концепцією візуального навчання (*visual learning*), графічна подача даних сприяє кращому запам'ятовуванню, розумінню взаємозв'язків і підвищенню мотивації до навчання [1]. Традиційні джерела візуалізації (карти, фотографії, схеми з підручника) мають обмеження, зокрема щодо актуальності, масштабності та прив'язки до локального середовища.

БПЛА дозволяють подолати ці обмеження, створюючи динамічну, сучасну й локалізовану візуалізацію, що, як результат, забезпечує ***підвищення наочності та візуалізації навчального матеріалу***.

Візуалізація стимулює уяву, креативність, когнітивну активність. Учень стає не лише спостерігачем, а й творцем навчального візуального контенту. Це підвищує інтерес, полегшує запам'ятовування і розуміння матеріалу, а також сприяє формуванню візуальної грамотності як частини ключової цифрової компетентності.

Можна визначити наступні можливості візуалізації за допомогою БПЛА:

А. Отримання аерофотознімків високої роздільної здатності в реальному часі. Учні можуть виконувати зйомку місцевості, отримувати панорамні фото, відео, здійснювати огляд важкодоступних територій. Наприклад, зйомка русла річки дозволяє вивчити природні об'єкти у реальному стані (рис. 1.16).

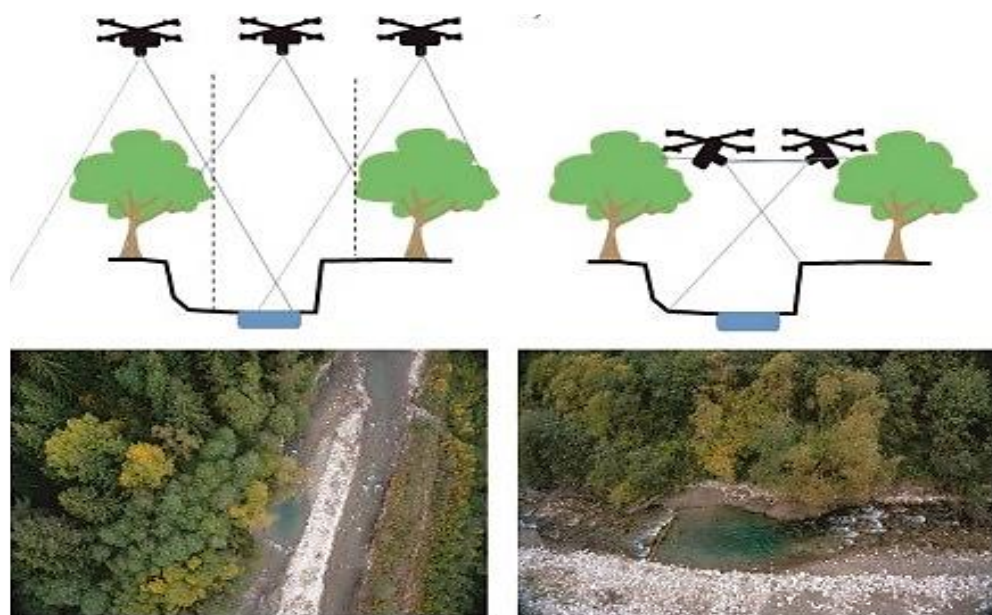


Рис. 1.16. Методи зйомки русла річки за допомогою БПЛА

Б. Створення 3D-моделей рельєфу та забудови. На основі фотограмметричних знімків можна побудувати цифрові моделі місцевості, які використовуються для вивчення форм рельєфу, рівня урбанізації, зонування території тощо.

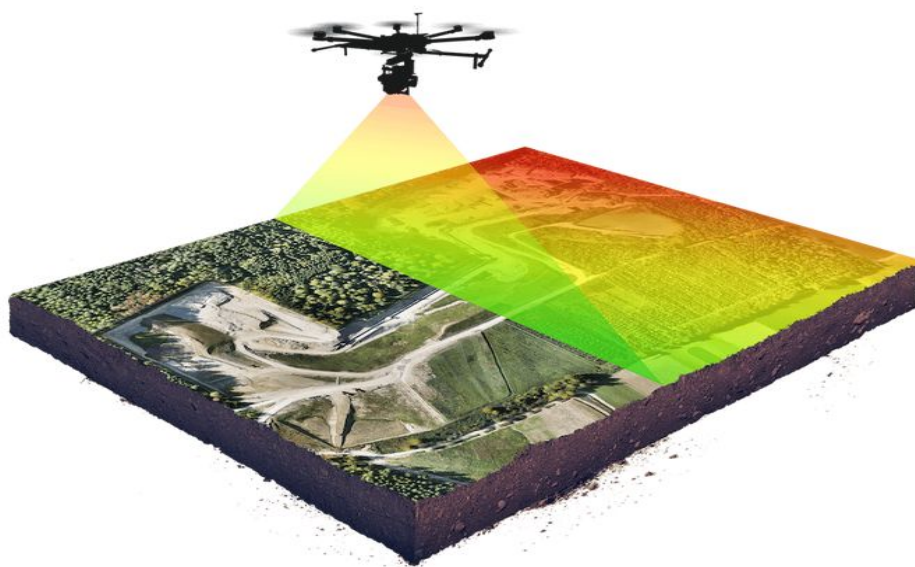


Рис. 1.17. Створення 3D-моделей рельєфу за допомогою БПЛА

В. Власна картографічна продукція учнів. Візуалізація просторових даних у вигляді карт (наприклад, карти шкільного подвір'я, карти екологічного стану мікрорайону) з використанням *QGIS* або *Google MyMaps* формує навички практичної картографії.

Г. Використання зображень у мультимедійних презентаціях. Результати зйомки можна включати в навчальні відео, електронні звіти, інтерактивні ресурси. Це сприяє розвитку навичок публічного представлення результатів досліджень.

У сучасних освітніх реаліях профорієнтація набуває особливої ваги, оскільки школа має не лише передати учневі знання, а й сформувати у нього уявлення про можливі професійні шляхи, сприяти розвитку інтересів, уподобань, схильностей. У цьому контексті використання БПЛА у навчальному процесі, зокрема у шкільному курсі географії, виступає потужним засобом **формування усвідомленої професійної орієнтації учнів.**

Географія як шкільний предмет має високий потенціал для реалізації цієї мети, адже вона охоплює знання з природничих, суспільних та економічних дисциплін, а також вимагає просторового мислення й аналітичних навичок. В таблиці 1.2 наведено професії, до яких веде навчання з використанням БПЛА.

Таблиця 1.2

Професії, до яких веде навчання з використанням БПЛА

Напрямок	Пов'язані професії
Географія, картографія	Географ-аналітик, картограф, топограф
Екологія	Еколог, експерт з моніторингу довкілля
ГІС і ДЗЗ	Фахівець з геоінформаційних систем, аналітик супутникових даних
Інженерія, авіація	Інженер-дроніст, розробник БПЛА
Агронаука	Агроном-інспектор, фахівець з точного землеробства
Урбаністика	Міський планувальник, транспортний аналітик
Освіта	Викладач ГІС, STEM-координатор

Школи, які мають відповідну матеріально-технічну базу, організовують гурткову роботу з БПЛА, де учні не лише поглиблюють знання з географії, а й опановують суміжні навички: керування польотом, обробка фото- і відеоданих, створення 3D-моделей місцевості (рис. 1.18). А. Valogun доводить, що гуртки з БПЛА формують в учнів не лише технічні навички, а й бачення себе в майбутній професії [9].



Рис. 1.18. Учні під час гурткової роботи з БПЛА.

Один із ключових викликів сучасної освіти полягає у подоланні фрагментованості знань, яка виникає внаслідок поділу навчального процесу на окремі предмети. У відповідь на це зростає актуальність *міжпредметної інтеграції*, яка дозволяє учням формувати цілісне уявлення про світ і застосовувати знання з різних галузей у комплексі. БПЛА є ефективним інструментом реалізації міжпредметних зв'язків у навчанні, особливо в курсі географії.

Безпілотники мають універсальний освітній потенціал, оскільки:

- застосовуються у природничих, технічних і гуманітарних галузях;
- пов'язані з обробкою, аналізом, інтерпретацією геоданих;
- вимагають застосування знань із різних дисциплін одночасно.

Використовуючи БПЛА у навчальному процесі, вчитель географії може організувати міжпредметні заняття або інтегровані проекти за участі вчителів інформатики, фізики, математики, біології, екології, трудового навчання тощо (рис. 1.19).



Рис. 1.19. Міжпредметні зв'язки при використанні БПЛА в географії

В умовах глобальних екологічних викликів формування екологічної свідомості школярів стає однією з провідних задач сучасної освіти. У цьому контексті використання БПЛА відкриває нові можливості для розвитку **екологічної компетентності** учнів, формуючи не лише знання, а й емоційно-ціннісне ставлення до природи.

БПЛА дозволяють отримати актуальні, локальні, візуальні дані про стан довкілля, що є потужним стимулом для формування екологічної свідомості. Так власноруч зроблені фото і відео забруднення водойм, вирубки лісів, ерозійних процесів мають значно більший вплив, ніж абстрактні приклади з підручника. За допомогою БПЛА учні можуть вимірювати площі знищених екосистем, зонувати території, аналізувати екологічні ризики, а на основі зйомки будувати тематичні карти: "зелені зони", "території з порушеною екологією", "урбанізаційний тиск" тощо.

Окрім пізнавального ефекту, БПЛА створюють умови для формування емоційного зв'язку з довкіллям. Спостерігаючи реальні наслідки діяльності людини, учні починають усвідомлювати відповідальність за природу, що є основою екологічної етики.

У сучасній освітній парадигмі все більше значення надається не лише накопиченню знань, а й формуванню *дослідницьких і практичних навичок*, які дозволяють учневі критично мислити, працювати з інформацією, робити висновки та самостійно розв'язувати реальні задачі. Використання дронів є потужним інструментом, який забезпечує польову, експериментальну, картографічну й аналітичну діяльність учнів.

Використання БПЛА дає змогу організовувати повноцінні міні-дослідження, де учень проходить усі етапи наукового процесу – від постановки проблеми до формулювання висновків.

Дослідницька діяльність з БПЛА сприяє розвитку ініціативності та самостійності, логічного та критичного мислення, усвідомлення ролі географії як інструменту пізнання світу. Крім того, учні краще запам'ятовують матеріал, оскільки він набуває персонального сенсу, а отримані знання і вміння мають прикладне значення.

На рис. 1.20 представлені основні навички, що формуються в учнів завдяки використанню БПЛА в освітньому процесі. Важливо, що навички є не лише географічними, а й міждисциплінарними, актуальними для широкого кола професій, що пов'язані з аналізом просторової інформації, екологією, урбаністикою, логістикою, ГІС.

У шкільній географії розвиток просторового мислення — не лише мета, а й один з основних засобів опанування навчального змісту. У цьому контексті використання БПЛА відкриває унікальні можливості для *формування та вдосконалення просторового мислення* учнів через практичну діяльність у реальному середовищі.

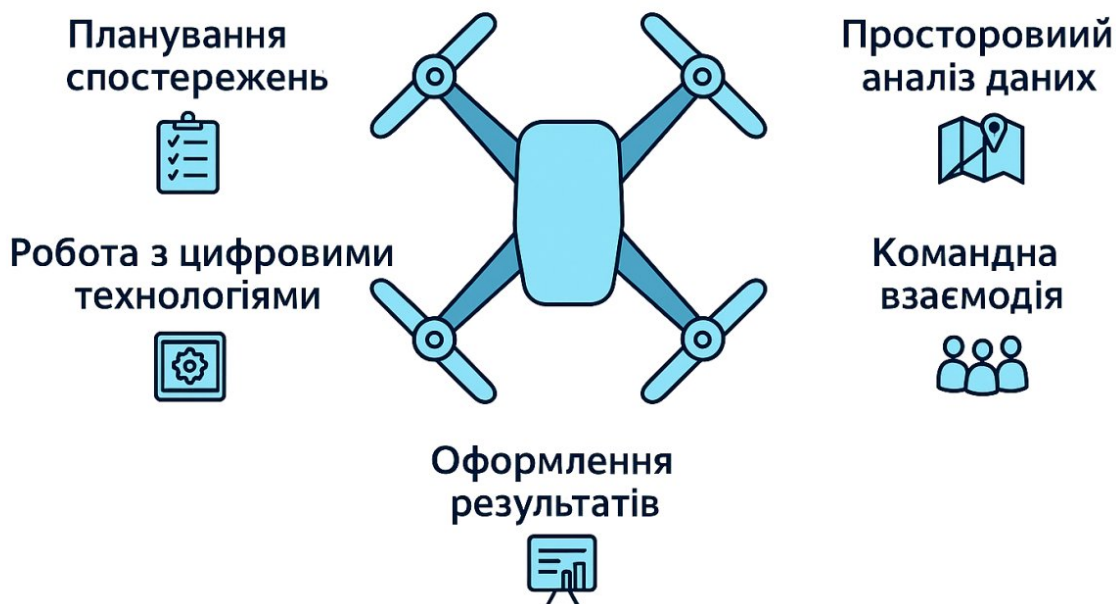


Рис. 1.20. Практичні навички, що формуються в учнів завдяки використанню БПЛА в освітньому процесі

БПЛА допомагають формувати *просторове мислення* завдяки (рис. 1.21):

1. *Роботі з об'єктами з висоти.* Зйомка територій за допомогою дрона дозволяє учням побачити рельєф, забудову, структуру ландшафту з перспективи “згори”, що суттєво покращує розуміння просторових відношень.
2. *Створенню та інтерпретації просторових зображень.* Фото, відео та 3D-моделі, отримані з дронів, дають можливість аналізувати форму об'єктів, їхнє положення, зміни в часі – що розвиває візуально-просторову уяву.
3. *Роботі з координатами та масштабами.* Учні використовують геоприв'язані дані, оперують поняттями масштабу, відстані, напрямку, що сприяє розвитку математично-просторового мислення.
4. *Побудові карт і схем.* Дані з БПЛА лягають в основу власних карт: зон ризику, зелених територій, забудови тощо. Це формує в учнів уміння перетворювати зображення в картографічну інформацію.

Результатом наведених переваг є визнаний більшістю науковців та методистів [6, 14, 18, 27] той факт, що урок географії з використанням БПЛА має низку істотних переваг порівняно з традиційною формою викладання.



Рис. 1.21. Формування та вдосконалення просторового мислення учнів завдяки використанню БПЛА

Насамперед, він забезпечує високий рівень наочності – учні отримують можливість бачити реальні об'єкти з висоти, аналізувати просторові структури та візуалізувати ландшафтні зміни в режимі реального часу. Такий підхід значно підвищує мотивацію до навчання, стимулює інтерес до предмета та активізує пізнавальну діяльність (рис. 1.22).

Уроки з БПЛА також сприяють розвитку практичних і дослідницьких навичок, формуванню просторового мислення, навичок аналізу та інтерпретації геоданих. Крім того, вони відкривають можливості для інтеграції міжпредметних зв'язків (з інформатикою, фізикою, біологією) і реалізації STEM-підходу. На відміну від стандартного викладу матеріалу, заняття з дронами є активними, інтерактивними та компетентісно зорієнтованими.



Рис. 1.22. Порівняння традиційного уроку географії та уроку з використанням БПЛА

Однак, разом із перевагами існує низка системних **викликів**, які обмежують впровадження БПЛА в освітню діяльність. У контексті сучасної української школи, що перебуває у стані трансформації згідно з концепцією НУШ, питання впровадження БПЛА виходить за межі суто технічної новації – воно набуває міждисциплінарного, нормативного, педагогічного й організаційного характеру. Цей процес стикається із проблемами різного масштабу – від браку методичних рекомендацій до нормативно-правових колізій. Тому розгляд викликів впровадження БПЛА в географічну освіту є необхідною умовою для їх успішного та безпечного застосування.

Виклики впровадження БПЛА в освіту мають комплексний характер, охоплюючи методичну, технічну, правову, фінансову й педагогічну площини

(рис. 1.23). Їх не можна розглядати ізольовано – лише комплексна стратегія, що поєднує модернізацію шкільної інфраструктури, підготовку педагогів, адаптацію нормативної бази та підтримку з боку держави й громадськості, дасть змогу подолати бар'єри й розкрити потенціал БПЛА як ефективного інструменту шкільної географії.



Рис. 1.23. Виклики впровадження БПЛА в освіту

1. **Методичні виклики.** Одною з ключових проблем у цій категорії є відсутність адаптованих навчально-методичних матеріалів, які б були адаптовані під використання БПЛА у шкільному курсі географії. Наразі відсутні затверджені державні або авторські програми, які б офіційно інтегрували результати дистанційного зондування Землі до навчального процесу [24]. Вчителі вимушені самостійно розробляти сценарії уроків, підбирати об'єкти дослідження, погоджувати їх із шкільною адміністрацією.

Складність інтеграції БПЛА у чинну навчальну програму також суттєво обмежує використання цього інноваційного інструменту. Чинні навчальні програми з географії мають чітко структурований обсяг тем і годин, що ускладнює гнучке впровадження нових форм роботи, зокрема використання дронів. Польові дослідження потребують часу на підготовку, виконання польоту, обробку й аналіз даних, а такі формати часто не передбачені у навчальному плані. Це ставить викладача перед дилемою: або йти за програмою, або ж порушувати хронометраж заради інновації.

Інновації потребують не лише наявності технічних засобів, а й відповідного рівня готовності педагогів. У більшості випадків учителі не мають попереднього досвіду керування БПЛА, не знайомі з базовими аспектами аерозйомки, фотограмметрії, роботи з ГІС-програмами. Це призводить до низької впевненості у використанні дронів на уроках, уникання інтеграції нових інструментів або перенесення їх виключно в позаурочну діяльність. Ситуація ускладнюється браком можливостей для підвищення кваліфікації з таких вузькоспеціалізованих тем.

На відміну від традиційних тем географії, де існують застарілі педагогічні практики, використання БПЛА ще не має масового досвіду реалізації у школах. Більшість науково-педагогічних джерел, присвячених темі дронів в освіті, зосереджені на технічних аспектах або STEM-освіті у США, Канаді, Німеччині, Китаї. В українських умовах бракує збірників кейсів, прикладів реалізації, поурочних розробок, що могли б бути орієнтиром для учителів-практиків.

2. Технічні виклики. Одна з найпомітніших проблем в цьому напрямку, це відсутність достатньої технічної бази для впровадження БПЛА. Дрони, які мають навчальну цінність (з якісною камерою, стабілізованим GPS, можливістю передачі зображення в реальному часі), коштують від кількох сотень до кількох тисяч доларів. Більшість загальноосвітніх шкіл не мають фінансових або логістичних ресурсів для закупівлі таких пристроїв.

До того ж необхідно мати запасні акумулятори, засоби керування (пульс, планшет), картридери та носії даних (рис. 1.24), комп'ютери для обробки результатів зйомки, та програмне забезпечення (*DroneDeploy*, *Pix4D*, *QGIS*, тощо). Без повноцінної інфраструктури техніка або не використовується, або застосовується в обмеженому режимі [5].



Рис. 1.24. Приклади інфраструктурних компонентів для БПЛА

Керування БПЛА потребує не лише базових навичок, а й технічної обізнаності щодо їхнього обслуговування, калібрування, оновлення ПЗ, тестування акумуляторів, перевірки датчиків. Такі завдання часто є складними для вчителів-предметників, які не мають технічної освіти.

У багатьох школах України наявні комп'ютери є застарілими або не мають достатньої обчислювальної потужності для обробки фотограмметричних даних. Програми для створення ортофотопланів або 3D-моделей місцевості потребують сучасної техніки. У разі відсутності швидкого інтернету або підтримки хмарних сервісів (наприклад, *ArcGIS Online*), реалізація завдань з просторовим аналізом також стає неможливою.

3. Правові та нормативні виклики. Згідно з чинними нормативами Державіаслужби України, використання БПЛА навіть у навчальних цілях підпадає під регламент щодо безпеки польотів. У деяких випадках потрібне попереднє погодження маршруту, заборонено здійснювати польоти над населеними пунктами, людними місцями, поблизу аеропортів, військових об'єктів, ліній електропередач. У законодавстві відсутнє чітке визначення «освітнього польоту», тому будь-який запуск дрона, навіть шкільного, може трактуватися як діяльність, що підлягає регулюванню згідно з цивільним

повітряним кодексом. Це створює правову невизначеність для вчителів і керівництва школи [2].

Також, аерозйомка, навіть з навчальною метою, може порушувати норми щодо захисту приватності, особливо якщо на кадрах опиняються особи, будинки, автомобілі.

У разі інциденту з дроном (наприклад, ушкодження майна або травмування учня) відповідальність несе не лише керівник польоту, а й адміністрація закладу освіти. Відсутність інструкцій з безпеки, страхових механізмів, процедур навчання ставить сьогодні під сумнів можливість масового використання БПЛА в школах.

4. Фінансові виклики. Навіть базові освітні моделі дронів (типу *DJI Mini 2* або *Autel EVO Nano+*) коштують понад 20–30 тисяч гривень. До цього потрібно додати витрати на додаткові батареї та аксесуари, планшети або ноутбуки для польотів, курси підготовки педагогів, оновлення або ремонт техніки та ін.. Таке фінансове навантаження є надмірним для більшості шкіл, особливо в сільських або депресивних регіонах.

На сьогоднішній день в Україні відсутні державні програми, що системно підтримують оснащення шкіл БПЛА. Участь у міжнародних грантах або STEM-ініціативах можлива, але потребує від шкіл високої організаційної спроможності та підготовки заявок англійською мовою. Це обмежує доступ переважної більшості педагогічних колективів до новітніх технологій.

Групу педагогічних викликів можна поділити на психолого-педагогічні та організаційні.

5. Психолого-педагогічні виклики. Для ефективного використання БПЛА в навчальному процесі педагог повинен володіти не лише методикою викладання географії, а й цифровими навичками, включаючи керування дронами, зчитування координат, обробку зображень, використання ГІС. Проте, за даними досліджень О. Ovcharuk, значна частина українських вчителів

географії оцінює власний рівень цифрової компетентності як базовий або нижчий за середній [32].

Це створює психологічні бар'єри до впровадження інновацій, включаючи страх зробити помилку під час польоту або обробки даних, побоювання за технічні несправності або відсутність підтримки з боку адміністрації.

Також, частина батьків сприймає використання дронів як ризиковану або розважальну активність, не усвідомлюючи її навчальної цінності. Це може викликати скепсис, особливо якщо мова йде про польоти поблизу навчального закладу або запис відео. Учні, своєю чергою, можуть сприймати роботу з БПЛА як ігрову або пасивну діяльність, якщо вчитель не забезпечує достатнього залучення й пояснення. Виникає ризик втрати дидактичної цінності інструменту, якщо немає чіткої освітньої мети.

6. Організаційні труднощі. Проведення занять із використанням БПЛА передбачає вихід за межі класної кімнати, що вимагає погодження з адміністрацією, обов'язкового інструктажу з безпеки, наявності дозволів, підготовки місця зльоту. Також політ дрона можливий лише за належних погодних умов: відсутності опадів, помірного вітру, достатнього освітлення. Це ускладнює планування уроків, особливо під час звичайного навчального тижня.

Слід зазначити, що у міських умовах складно реалізувати впровадження БПЛА через обмеження простору, заборони на польоти над житловими районами, ризик порушення громадського порядку. У сільських школах ситуація з простором є кращою, однак існують інші труднощі – відсутність транспорту, технічної підтримки тощо.

Також слід зазначити, що ефективне використання БПЛА передбачає інтеграцію з іншими предметами (інформатика, фізика, трудове навчання), однак у більшості шкіл навчальний процес побудований за «традиційною парадигмою», що ускладнює узгодження спільних проєктів, планування міжпредметних уроків, розподіл часу та ресурсів.

Таким чином, впровадження БПЛА у шкільний курс географії є складним, багатовимірним процесом, що стикається з великою кількістю викликів. Однак усі ці труднощі мають реалістичні шляхи подолання за умови комплексного підходу, що охоплює підготовку педагогів, нормативну підтримку, матеріальне забезпечення й освітнє партнерство. В якості прикладу, наведемо декілька можливих варіантів вирішення цих викликів:

А. Підготовка педагогів

- розробка онлайн-курсів та семінарів з безпечного використання дронів;
- сертифікація педагогів із керування БПЛА;
- інтеграція тематики в післядипломну освіту вчителів.

Б. Нормативно-правова підтримка

- розробка методичних рекомендацій МОН щодо використання БПЛА;
- включення теми в навчальні програми й курси за вибором;
- спрощення процедур дозволів для освітніх польотів.

В. Технічне та фінансове забезпечення

- запуск державних і регіональних програм зі STEM-оснащення;
- використання освітніх грантів (Erasmus+, EdTech, Український культурний фонд);
- залучення партнерів (університети, компанії відповідного профілю).

Г. Освітні формати й підтримка ініціатив

- розвиток учнівських проєктів та конкурсів на базі дронів;
- інтеграція БПЛА в діяльність STEM-центрів та хабів;
- публікація банку уроків і кейсів на всеукраїнських платформах.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Дослідження теоретичних засад використання БПЛА в географічній освіті дозволяє прийти до наступних висновків:

1. Історичний розвиток БПЛА є яскравим прикладом технологічного прогресу, що постійно розширює межі можливого. Від простих військових розробок до складних багатофункціональних систем, БПЛА пройшли довгий шлях і сьогодні відіграють все більш важливу роль у багатьох сферах людської діяльності. Розуміння цієї історії допомагає краще оцінити потенціал БПЛА як інноваційного інструменту в шкільному курсі географії.

2. Розроблено структурований опис ключових технічних вимог до БПЛА для використання в шкільному курсі географії.

3. Аналіз світових та українських наукових та науково-методичних джерел демонструє зростаючий інтерес до використання БПЛА в освіті зокрема в межах географічної освіти.

4. Теоретичні засади впровадження БПЛА в освітній процес пов'язані з низкою педагогічних концепцій, технологічними можливостями пристроїв, а також сучасними викликами, що стоять перед географічною наукою і шкільною освітою.

5. Інтеграція цих технологій БПЛА у шкільний курс географії відкриває значні педагогічні можливості та надає вагомі дидактичні переваги: активізацію пізнавальної діяльності та мотивації до навчання, підвищення наочності та візуалізації навчального матеріалу, підвищення наочності та візуалізації навчального матеріалу, формування міжпредметної інтеграції, екологічної компетентності тощо.

6. Впровадження БПЛА у шкільний курс географії є складним, багатовимірним процесом, що стикається з великою кількістю викликів. Однак усі ці труднощі мають реалістичні шляхи подолання за умови комплексного підходу, що охоплює підготовку педагогів, нормативну підтримку, матеріальне забезпечення й освітнє партнерство.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ГЕОГРАФІЇ

2.1. Практичні аспекти використання БПЛА при вивченні географічного простору в шкільному курсі географії

Практичні заняття є невід’ємною складовою навчального процесу в географії. Вони дозволяють не лише формувати знання про просторові об’єкти та процеси, а й розвивати вміння аналізувати, моделювати та інтерпретувати географічну інформацію. Особливої актуальності це набуває в умовах переходу до компетентнісного підходу в освіті, де ключовими є здатність учня працювати з реальними даними та застосовувати їх у життєвих ситуаціях[32].

У цьому контексті БПЛА виступають потужним інструментом практико-орієнтованого навчання, що дозволяє поєднувати польові дослідження, цифрову обробку даних, візуалізацію результатів та аналіз просторових закономірностей [22].

Форми організації навчання з БПЛА можуть бути реалізовані як у межах класно-урочної системи, так і в позакласній, проектній чи дистанційній діяльності (рис. 2.1).

А. Урок як основна форма організації. Інтеграція БПЛА в класно-урочну систему відбувається здебільшого на етапах актуалізації знань, пояснення нового матеріалу, практичного застосування, узагальнення й оцінювання результатів. Наприклад, у темі *«Рельєф, тектонічна та геологічна будова, мінеральні ресурси»* (8 клас) можна використати аерофотознімки, зроблені дроном, для аналізу форм рельєфу. На уроках з теми *«Природокористування»* (8 клас) – провести спостереження за змінами землекористування. Використання БПЛА у рамках уроку географії дозволяє поєднати традиційну структуру навчального заняття із сучасними технологічними підходами.



Рис. 2.1. Форми організації навчання з БПЛА

Фронтальна робота, як традиційна форма організації навчання, може бути значно збагачена використанням матеріалів, отриманих за допомогою БПЛА, забезпечуючи спільний досвід навчання для всього класу.

- *Демонстрація аерознімків та відеозаписів.* Вчитель використовує аерознімки та відеозаписи, отримані з БПЛА, для наочної ілюстрації нового навчального матеріалу. Це може бути демонстрація різних типів ландшафтів, географічних об'єктів (річок, озер, гір, міст), природних явищ (повеней, зсувів), антропогенної діяльності (вирубки лісів, кар'єри). Використання великоформатних екранів або інтерактивної дошки дозволяє детально розглядати зображення, акцентувати увагу учнів на ключових елементах, проводити спільний аналіз.

- *Спільне обговорення та аналіз.* Перегляд аерознімків та відеозаписів може стати основою для організації живих дискусій та спільного аналізу географічних об'єктів та процесів. Вчитель ставить проблемні

запитання, спонукаючи учнів до висловлення власних спостережень, гіпотез та умовиводів на основі візуальних даних. Порівняння аерознімків різних територій або однієї території в різний час може сприяти розвитку критичного мислення та вміння встановлювати причинно-наслідкові зв'язки.

- *Інтерактивні вправи.* Аерознімки, отримані з БПЛА, можуть бути використані для створення різноманітних інтерактивних вправ. Наприклад, учням пропонується знайти на знімку певні об'єкти за їхнім описом, визначити напрямки та відстані між ними, розрахувати площу певних ділянок, порівняти різні типи землекористування. Використання інтерактивних інструментів дозволяє учням безпосередньо маніпулювати зображеннями, робити позначки, вимірювання, що підвищує їхню залученість та сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

БПЛА можуть бути використані на різних типах уроків:

- урок вивчення нового матеріалу (візуалізація географічних об'єктів та явищ).
- урок практичного застосування знань, умінь та навичок (картографування, дослідження місцевості).
- урок узагальнення та систематизації знань (аналіз змін території за різночасовими знімками).
- урок контролю та оцінювання навчальних досягнень (тестування з використанням аерознімків).

Використання дронів дозволяє зробити уроки географії більш інтерактивними та наближеними до реальних досліджень. Учні можуть порівнювати аерофотознімки різних періодів, моделювати наслідки ерозії, створювати мапи місцевості або зон ризику затоплення.

Б. Польові дослідження. Однією з найефективніших форм є проведення польових занять з використанням БПЛА. У рамках таких занять учні можуть:

- здійснювати зйомку певної ділянки місцевості;
- визначати координати об'єктів за GPS;

- аналізувати зміни ландшафту або наслідки стихійних явищ;
- вивчати структуру ландшафтів;
- отримувати 3D-моделі місцевості для подальшого аналізу.

Але ефективність польових досліджень вимагає ретельного планування та врахування ряду практичних аспектів. Ось основні з них (рис. 2.2):



Рис. 2.2. Модель організації польових досліджень з використанням БПЛА

1. Підготовка. На цьому етапі закладається основа всього дослідження. Перш за все, необхідно чітко визначити, що саме ви хочете дослідити: які географічні явища чи об'єкти будуть вивчатися, які дані необхідно зібрати та які навчальні цілі мають бути досягнуті. Завдання повинні бути конкретними, вимірними, досяжними, релевантними та обмеженими в часі [19].

Критично важливим є правильний вибір БПЛА. Потрібно врахувати вантажопідйомність, тривалість польоту, стабільність у різних погодних умовах, якість камери тощо.

Обов'язково на цьому етапі треба з'ясувати які дозволи потрібні для польотів БПЛА в обраному місці та дотримуватися усіх місцевих, регіональних і національних правил і норм.

2. *Планування польоту.* Безпека та ефективність польоту залежать від ретельної оцінки місцевості. Треба проаналізувати місцевість, визначити безпечні місця для зльоту та посадки, врахувати погодні умови, перешкоди (дерева, лінії електропередач) та розробити детальний план польоту (рис. 2.3).

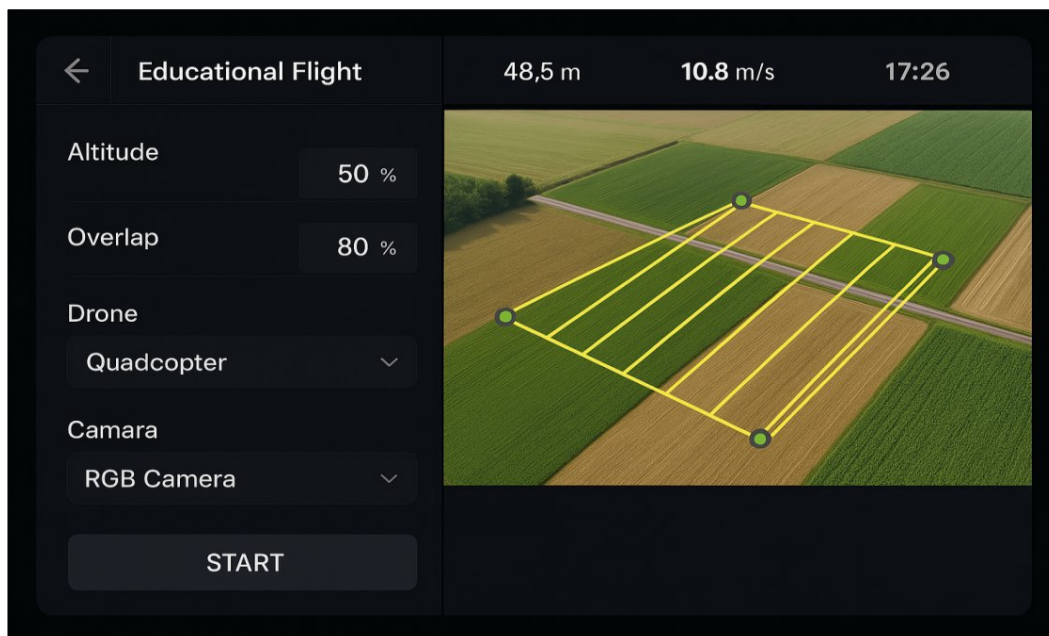


Рис. 2.3. Інтерфейс планування польоту БПЛА

Для планування можуть використовуватися спеціалізоване програмне забезпечення, яке дозволяє задавати маршрут на карті, розраховувати перекриття знімків для подальшої фотограмметричної обробки, або просте візуальне визначення ключових точок. Також необхідно забезпечити студентів необхідними знаннями та навичками з управління БПЛА, збору та обробки даних, а також техніки безпеки. За потреби можна організувати практичні тренування на симуляторах або в контрольованих умовах.

3. *Рольовий етап.* Перед виїздом на місцевість треба переконатися, що все обладнання в належному стані, зарядити усі батареї та взяти запасні частини та інструменти для дрібного ремонту. За потреби готуються роздаткові матеріали з інструкціями, завданнями, бланками для фіксації спостережень.

Проведення детального інструктажу з правил безпечного використання БПЛА є абсолютно обов'язковим. Учні повинні бути ознайомлені з потенційними ризиками (падіння дрона, травмування людей, пошкодження

майна), правилами поведінки під час польотів, забороненими зонами, діями у випадку нештатних ситуацій. Інструктаж має бути чітким, зрозумілим та підкріпленим наочними матеріалами (схемами, плакатами). Учні повинні підписати журнал про проходження інструктажу.

Також відбувається розподіл ролей між учнями (пілот - відповідальний за керування дроном під наглядом вчителя, оператор камери - відповідальний за налаштування камери та здійснення зйомки, спостерігач - відповідальний за візуальний контроль за польотом та оточуючим простором, аналітик даних - відповідальний за первинний перегляд та сортування отриманих матеріалів). Чітке визначення ролей сприяє ефективній співпраці та відповідальності кожного учня.

Запуск БПЛА здійснюється вчителем або учнем під його безпосереднім контролем. Під час польоту учні, виконуючи свої визначені ролі, спостерігають за рухом дрону, роботою камери, фіксують важливі моменти. Вчитель координує дії учнів, контролює дотримання запланованого маршруту та висоти польоту, забезпечує безпеку. Залежно від навчальної мети, здійснюється фотографування заданих точок, відеозйомка певних ділянок або панорамна зйомка(рис. 2.4).



Рис. 2.4. Збір даних під час польових досліджень з використанням БПЛА

Політ виконується плавно, уникаючи різких маневрів. Необхідно постійно контролювати положення БПЛА та його параметри (висота, швидкість, заряд батареї). Паралельно треба здійснювати збір даних згідно з планом польоту, забезпечуючи необхідне перекриття зображень.

Залежно від цілей дослідження, треба зібрати додаткові дані за допомогою традиційних методів (наприклад, вимірювання на місцевості, збір зразків). Також треба документувати всі етапи роботи, включаючи параметри польоту.

4. Обробка даних. Після повернення з польових робіт необхідно перенести дані з БПЛА на комп'ютер та підготувати їх до аналізу. Учні разом з вчителем переглядають зібрані аерознімки та відеозаписи, сортують їх за певними критеріями (наприклад, за точками зйомки, типами об'єктів), відбирають найбільш якісні та інформативні матеріали для подальшого аналізу. Обов'язково перевіряється цілісність даних. За потреби за допомогою відповідного програмного забезпечення виконується попередня обробка зображень (наприклад, корекцію кольору, вирівнювання). Окремі знімки зшиваються в єдину мозаїку.

5. Аналітика та інтерпретація. На цьому етапі учні аналізують кольори, форми, розміри, текстури об'єктів на аерознімках, їхнє взаємне розташування для виявлення географічних закономірностей, процесів та явищ. Вчитель допомагає їм провести дешифрування знімків та пов'язати візуальну інформацію з теоретичними знаннями, отриманими на попередніх уроках [7]. Наприклад, аналізуючи аерознімок річкової долини, учні можуть визначати типи заплавних утворень, меандри, стариці.

Отримані результати необхідно пов'язати з географічними процесами та явищами, які є об'єктом дослідження. Методи аналізу залежать від цілей дослідження:

- візуальний аналіз: розпізнавання об'єктів, виявлення змін;
- просторовий аналіз: вимірювання площ, відстаней, висот;

- статистичний аналіз: обчислення середніх значень, кореляцій, трендів;
- геопросторове моделювання: створення карт, прогнозування змін.

По завершенні, учні готують звіт про проведені польові дослідження, включаючи опис методології, зібрані дані, результати аналізу, висновки та рекомендації. Результати дослідження демонструються у формі презентації, доповіді або іншого формату, що дозволяє поділитися досвідом та знаннями з іншими.

В. Проектна діяльність. Проектна діяльність є ефективним методом навчання, що дозволяє учням застосовувати знання на практиці, розвивати критичне мислення та самостійність. Використання БПЛА в проектній діяльності з географії відкриває нові можливості для дослідження навколишнього світу.

На відміну від загальних географічних досліджень, у шкільному контексті тема проекту з БПЛА має бути тісно пов'язана з конкретними розділами та темами шкільної програми з географії. Мета проекту повинна бути чітко сформульована у відповідності до очікуваних результатів навчання, визначених програмою.

Планування проекту має враховувати обмеження шкільного розкладу, доступність обладнання та інші ресурси. Важливо визначити конкретні етапи виконання проекту, встановити часові рамки для кожного етапу та скласти детальний план діяльності.

Учні здійснюють зйомку досліджуваної території під керівництвом вчителя відповідно до розробленого плану, враховуючи цілі проекту. Зібрані дані обробляються з використанням відповідного програмного забезпечення. Аналіз даних має бути спрямований на вирішення конкретних географічних завдань, передбачених шкільною програмою.

Учні можуть реалізувати індивідуальні або групові проекти на теми:

- *«Моніторинг стану місцевих водойм за допомогою БПЛА».*

- *«Картографування зелених зон міста ...».*
- *«Оцінка ерозійних процесів на схилах річки...».*
- *«Дослідження впливу рельєфу на сільськогосподарське використання земель у [назва району]».*
- *«Вивчення поширення небезпечних геологічних процесів (зсуви, обвали) на території [назва регіону]».*

Ці проекти можуть мати міжпредметний характер (інтеграція з біологією, екологією, інформатикою), бути частиною навчальних модулів або позакласних ініціатив.

Слід зазначити, що в проектній діяльності вчителю необхідно постійно експериментувати, адаптувати існуючі методичні підходи та розробляти власні, враховуючи специфіку навчального матеріалу, вікові особливості учнів та наявні технічні можливості.

Г. Позакласна та гурткова робота. Використання БПЛА в позакласній та гуртковій роботі з географії є інноваційним підходом, що відкриває нові можливості для навчання та розвитку учнів, роблячи навчання більш інтерактивним, захоплюючим та сучасним.

Можна запропонувати наступні форми організації позакласної роботи: факультативи, гуртки й секції, STEM-гуртки, шкільні дослідницькі експедиції та ін.. Вони можуть включати навчання керуванню БПЛА, обробку зображень, створення карт, роботу з ГІС-програмами.

При виборі тем позакласної роботи слід орієнтуватися на об'єкти локального значення (територія школи, мікрорайону, територіальної громади). Зразки можливих тем:

- *«БПЛА як інструмент географічного моніторингу»;*
- *«Зйомка та обробка панорамної інформації»;*
- *«Створення туристичних маршрутів на основі дрон-зйомки».*

В якості приклада можна навести освітню програму *Drone Club* в Канаді (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Навчання в *Drone Club* в Канаді (джерело: [43])

Д. Інтегроване та міжпредметне навчання. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) є надзвичайно потужним інструментом для впровадження міжпредметних зв'язків, оскільки їх використання вимагає поєднання знань із географії, фізики, інформатики, математики, біології та технологій [37].

Інтегроване навчання з використанням БПЛА у шкільній географії може реалізовуватись у різних формах організації навчального процесу, що відповідають компетентнісному та практикоорієнтованому підходам. Насамперед це інтегровані уроки (географія + інформатика, географія + біологія тощо), де учні аналізують результати аерозйомки, виконують розрахунки, створюють карти. Також ефективними є проектні роботи, у яких група учнів досліджує локальну проблему за допомогою БПЛА, обробляє дані в ГІС і презентує результати. Крім того, інтеграцію можна здійснювати через позакласні експедиції, практикуми або навчальні STEM-дні, які об'єднують кілька дисциплін навколо одного об'єкта вивчення.

При цьому кожна з дисциплін вносить свій внесок в загальне вирішення спільних завдань навчальних досліджень учнів:

- **Географія** забезпечує розуміння просторової організації територій;
- **Інформатика** дає навички обробки аерофотознімків і створення карт;
- **Фізика** пояснює принципи польоту й метеорологічні умови;
- **Математика** допомагає у вимірюваннях і розрахунках площ, відстаней;

- **Біологія** дозволяє оцінювати стан екосистем.

В таблиці 2.1 наведено декілька прикладів тем інтегрованих досліджень с використанням БПЛА.

Таблиця 2.1.

Приклади тем інтегрованих досліджень с використанням БПЛА

Теми наукових досліджень	Інтегровані предмети	Очікуваний результат
Моніторинг зелених зон міста	Географія, Біологія, Інформатика	Картосхема зеленого покриття
Побудова цифрової моделі рельєфу	Географія, Фізика, Математика	3D-модель ділянки місцевості
Аналіз транспортної доступності регіону	Географія, Технології, Інформатика	Карта маршрутів і транспортної доступності

Інтегроване та міжпредметне навчання сьогодні розглядаються як важливі стратегії розвитку компетентнісної освіти [15]. Вони дозволяють учням бачити світ у його природній цілісності, формуючи системне мислення та вміння застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Е. Дистанційне та змішане навчання.

В умовах зростаючої актуальності дистанційної освіти, БПЛА відкривають нові горизонти для вивчення шкільної географії, надаючи унікальні можливості для візуалізації геопросторових даних, проведення досліджень та підвищення зацікавленості учнів.

БПЛА можуть бути використані для демонстрації реальних досліджень у відеоформаті, віртуальних турів місцевістю, побудови цифрових моделей або участі учнів у проектуванні місій дронів у програмному середовищі (наприклад, *DroneBlocks* – рис. 2.6). Таким чином, навіть без фізичної присутності на полігоні, учні можуть аналізувати просторову інформацію, робити висновки, працювати в командах над спільними дослідженнями.

Результати аналізу даних, отриманих за допомогою БПЛА, можуть стати основою для виконання учнівських навчальних проєктів та досліджень у дистанційному форматі:

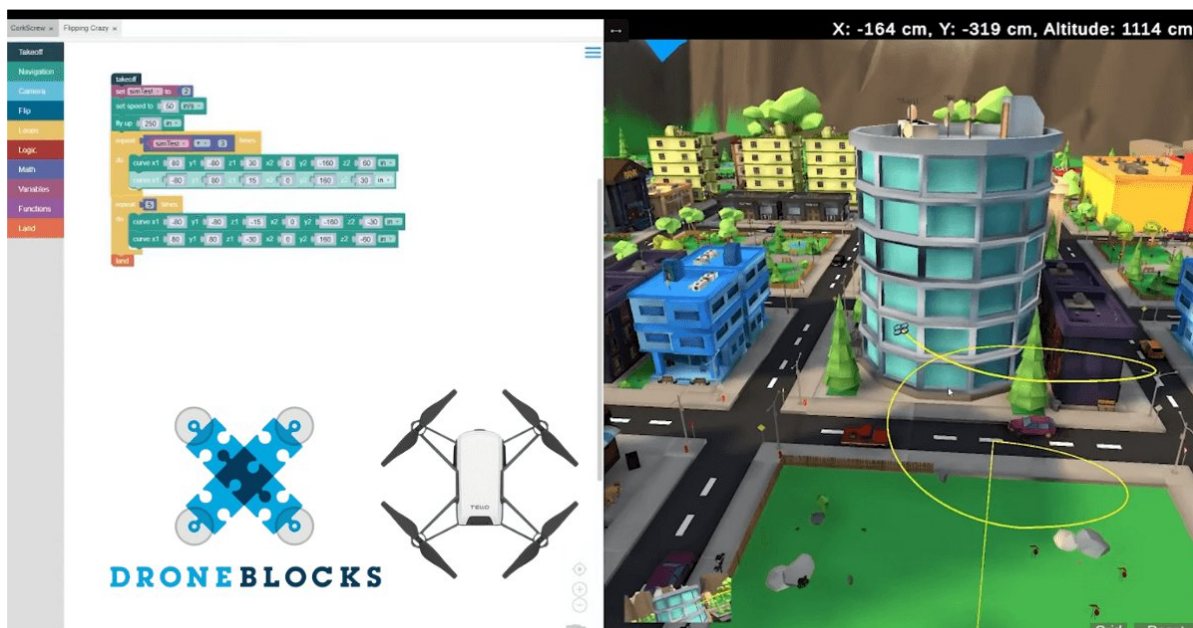


Рис. 2.6. Вікно віртуального симулятора кодування польотів у навчальній програмі *DroneBlocks* (джерело: <https://www.eduporium.com/blog/droneblocks-simulator-and-droneblocks-code/>)

Картографування та геопросторовий аналіз. Учні можуть використовувати опрацьовані аерознімки для створення тематичних карт (наприклад, карта землекористування, карта рослинності), проводити аналіз просторового розташування об'єктів, виявляти взаємозв'язки між різними географічними явищами [23].

Оцінка екологічного стану території. На основі мультиспектральних знімків та відеоматеріалів учні можуть оцінювати стан рослинного покриву, виявляти ділянки забруднення, аналізувати наслідки антропогенного впливу на довкілля.

Дослідження соціально-економічних об'єктів. Аерофотознімки можуть використовуватися для аналізу розміщення та функціонування міських і сільських поселень, транспортної інфраструктури, промислових об'єктів, сільськогосподарських угідь.

Моніторинг змін навколишнього середовища. Порівнюючи дані БПЛА, отримані в різний час, учні можуть досліджувати динаміку ландшафтів, наслідки стихійних лих, процеси берегової ерозії тощо.

Окрема слід зупинитися на оцінюванні навчальних досягнень учнів при використанні БПЛА. Воно має бути системним, різнобічним та охоплювати не лише засвоєння теоретичних знань, але й розвиток практичних умінь, дослідницьких навичок та здатності до співпраці. Традиційні методи оцінювання можуть бути доповнені та модифіковані з урахуванням специфіки роботи з безпілотними технологіями та аерокосмічними даними.

1. Оцінювання теоретичних знань. Оцінювання розуміння учнями теоретичних основ використання БПЛА в географії є важливим елементом контролю навчальних досягнень.

- **Тестування:** Проведення письмових або комп'ютерних тестів, що охоплюють знання про типи БПЛА, принципи аерофотозйомки, основи геоприв'язки, можливості використання різних типів сенсорів, правила безпеки польотів та нормативно-правові аспекти.

- **Письмові роботи:** Запропонування учням написати **есе**, реферати або творчі роботи, що демонструють їхнє розуміння теоретичних аспектів застосування БПЛА в географічних дослідженнях, аналізу конкретних прикладів використання, обґрунтування переваг та обмежень технології.

- **Усні опитування та бесіди:** Проведення індивідуальних або фронтальних усних опитувань для перевірки розуміння ключових понять, принципів та процесів, пов'язаних з використанням БПЛА в географії.

2. Оцінювання практичних умінь. Оцінка практичних навичок учнів, пов'язаних з безпосередньою роботою з БПЛА та аерокосмічними даними, є важливим аспектом оцінювання.

- **Оцінювання навичок керування БПЛА (під час навчальних польотів):** Спостереження за діями учнів під час навчальних польотів (під контролем вчителя) для оцінки їхнього вміння здійснювати зліт та посадку, виконувати прості маневри, дотримуватися правил безпеки, реагувати на нештатні ситуації. Може використовуватися шкала оцінювання, що враховує

точність виконання елементів польоту, плавність керування, дотримання інструкцій.

- **Оцінювання навичок збору даних:** Оцінка вміння учнів налаштовувати камеру БПЛА, вибирати оптимальні параметри зйомки (висоту, кут нахилу), планувати маршрут польоту для отримання необхідних даних (за потреби).

- **Оцінювання навичок обробки аерознімків:** Перевірка вміння учнів завантажувати та сортувати отримані зображення, виконувати базові операції з обробки (кадрування, регулювання яскравості та контрастності), здійснювати прості вимірювання відстаней та площ за допомогою програмного забезпечення.

- **Оцінювання навичок геоприв'язки:** Оцінка розуміння учнями принципів геоприв'язки та вміння виконувати елементарні операції з прив'язки аерознімків до координат місцевості за допомогою програмних інструментів або орієнтирів на місцевості.

- **Оцінювання вміння створювати прості карти та схеми:** Аналіз створених учнями на основі аерознімків схем, картосхем, тематичних карт з точки зору їхньої точності, інформативності та наочності.

3. Оцінювання дослідницьких навичок. Розвиток дослідницьких навичок є однією з ключових цілей використання БПЛА в географічній освіті, тому їхнє оцінювання є важливим.

- **Оцінювання навчальних проектів:** Оцінка проектної діяльності учнів на всіх етапах: від формулювання гіпотези та планування дослідження до аналізу даних, формулювання висновків та представлення результатів.

- **Оцінювання звітів про дослідження:** Аналіз письмових звітів учнів за результатами індивідуальних або групових досліджень з використанням БПЛА. Оцінюється вміння учнів формулювати проблему, описувати процес дослідження, аналізувати отримані дані, робити висновки. та оформлювати звіт відповідно до вимог.

- **Оцінювання презентацій:** Оцінка усних презентацій учнів за результатами дослідницьких проектів або індивідуальних завдань з використанням БПЛА. Критерії можуть включати змістовність доповіді, якість візуального супроводу, вміння відповідати на запитання.

4. Оцінювання роботи в групі. При організації групової роботи з використанням БПЛА важливо оцінювати внесок кожного учня у спільний результат та їхні навички співпраці.

- **Спостереження за роботою групи:** Вчитель спостерігає за процесом роботи учнів у групах, фіксує їхню активність, вміння розподіляти обов'язки, співпрацювати, знаходити компроміси.

- **Оцінювання спільного результату:** Оцінка кінцевого продукту групової діяльності (звіту, презентації, карти) з урахуванням внеску кожного члена групи (на основі само- та взаємооцінювання).

5. Самооцінювання та рефлексія. Залучення учнів до самостійної оцінки власної діяльності сприяє розвитку їхньої самосвідомості та відповідальності за результати навчання.

- **Рефлексивні звіти:** Пропонування учням написати короткі звіти, в яких вони аналізують свій досвід роботи з БПЛА, визначають свої успіхи та труднощі, формують плани на майбутнє.

- **Усні рефлексії:** Організація колективного обговорення після завершення заняття або проекту, під час якого учні діляться своїми враженнями, думками та пропозиціями щодо покращення навчального процесу.

Для забезпечення об'єктивності та прозорості оцінювання необхідно використовувати чіткі критерії оцінювання для кожного виду діяльності, доводити ці критерії до відома учнів на початку виконання завдання, надавати учням конструктивний зворотний зв'язок щодо їхніх досягнень та шляхів покращення.

2.2. Методичні особливості проведення занять з географії з використанням БПЛА

Використання безпілотних літальних апаратів в шкільному курсі географії – один із яскравих прикладів глибоких трансформацій, пов'язаних із цифровізацією, зміною освітніх парадигм і підвищенням практичної спрямованості навчального процесу. Цей інструмент дозволяє безпосередньо включати учнів у процес збору, обробки та аналізу геопросторових даних, створює умови для інтеграції природничих і суспільно-гуманітарних знань, а також сприяє формуванню критичного мислення та навичок роботи з інформацією.

З огляду на ці фактори, вкрай важливо розробити і впровадити чіткі методичні підходи до проведення занять із використанням БПЛА. Вони мають бути адаптовані до вікових особливостей учнів, технічних умов школи та рівня цифрової компетентності педагогів.

Вікова диференціація змісту занять з використанням БПЛА – дуже важливе питання для всіх форм освітнього процесу. Так для учнів 5-6 класів основна увага повинна приділятися демонстрації роботи дрона, знайомству з БПЛА та сферами їх застосування, перегляду записів польотів та аналізу простих зображень. В якості методичних прийомів можна використовувати спостереження, роботу з ілюстраціями, колективне обговорення.

Учні 7–9 класів вже здатні брати участь у плануванні польоту, здійснювати елементарну обробку отриманих даних (визначення масштабів, аналіз об'єктів) та використовувати матеріали зйомки для складання тематичних карт. Методичні прийоми – групова робота, аналітичні вправи, практикуми, міні-проекти.

Старшокласники (10-11 класи) вже можуть самостійно планувати місії польотів, використовувати ГІС-програми (QGIS, ArcGIS) для побудови карт, аналізувати зміни в довкіллі та презентувати результати дослідження. В якості методичних прийомів можна рекомендувати дослідницькі проекти, інтегровані

завдання, використання мобільних додатків, обробка 3D-моделей.

Таким чином, вчитель в реалізації навчання з БПЛА має виступати:

- організатором освітнього середовища;
- медіатором між технологією та учнем;
- консультантом під час збору та обробки геоданих;
- наставником у розробці мініпроектів;

Аналіз початкової програми з географії для загальноосвітніх навчальних закладів (6-9 класи) [44] дозволяє визначити теми, які можна змістовно поглибити завдяки інтеграції БПЛА:

6 клас «Загальна географія»

РОЗДІЛ I. Розвиток географічних знань про Землю

Тема 3. Сучасні дослідження: демонстрація можливостей використання БПЛА в географічних дослідженнях.

РОЗДІЛ II. Земля на плані та карті

Тема 1. Орієнтування на місцевості: фотофіксація об'єктів, співставлення з картою.

Тема 2. Способи зображення Землі: використання БПЛА при побудові та оновленні картографічних матеріалів.

РОЗДІЛ III. Оболонки Землі

Тема 3. Гідросфера: демонстрація річкової системи.

Тема 4. Біосфера та ґрунти: візуалізація впливу господарської діяльності людини на ґрунтовий покрив, рослинність і тваринний світ.

РОЗДІЛ IV. Планета людей:

Тема 3. Вплив людини на природу: збирання візуальних доказів та демонстрація забруднення довкілля.

7 клас. «Материки і океани»

РОЗДІЛ VI. Вплив людини на природу материків й океанів

Тема 2. Екологічні проблеми материків та океанів: демонстрація забруднення навколишнього середовища

8 клас. «Україна у світі: природа, населення»

Розділ I. Географічна карта та робота з нею

Тема 1. Географічна карта: демонстрація БПЛА, як інструменту геоінформаційних технологій.

Розділ III. Природні умови і ресурси України

Тема 1. Рельєф, тектонічна та геологічна будова, мінеральні ресурси: демонстрація типів рельєфу та цифрової моделі рельєфу.

Тема 3. Води суходолу і водні ресурси: моніторинг стану водойм.

Тема 5. Рослинність: моніторинг зелених насаджень.

Тема 7. Ландшафти України: візуалізація антропогенних ландшафтів.

Тема 8. Природокористування: моніторинг навколишнього середовища.

Розділ V. Природа й населення свого адміністративного регіону

Тема 2. Природа регіону: вивчення об'єктів природно-заповідного фонду.

Ще більше можливостей застосування БПЛА в навчальному процесі відкривається в шкільній програмі 10-11 класи (Профільний рівень). Але головна їх відмінність – інтеграція БПЛА в практичну складову освітнього процесу, оскільки практичні роботи, є важливою й обов'язковою складовою цього курсу. Вони передбачають розв'язування географічних, екологічних і соціально-економічних задач, здійснення порівняльного аналізу, проведення міні-досліджень, дискусій, круглих столів, ділових ігор, моніторингових досліджень, підготовку презентацій, написання **есе**, творчих робіт, створення індивідуальних і колективних проектів [45]. В 11 класі передбачено виконання 54 практичних робіт, в частину яких можна інтегрувати дослідження з використанням БПЛА.

Наприклад, практична робота 2 *«Перевірка та оновлення топографічного плану чи карти свого населеного пункту або його частини (польове дослідження)»* надає можливість продемонструвати використання аерознімків, отриманих з БПЛА для оновлення планів місцевості.

В практичній роботі 13 *«Дешифрування космознімку заданої ділянки своєї місцевості»* та 14 *«Опис території за космічним знімком. Порівняння різночасових космічних знімків і відповідних картографічних матеріалів»* вчитель має можливість навчити учнів основам дешифрування аерокосмічних знімків та продемонструвати їх практичне значення.

Практична робота 51 *«Нанесення на план (топографічну карту) населеного пункту (району) релігійних будівель різних конфесій та об'єктів, що мають сакральне значення»* надає можливість учням продемонструвати практичні навички з питання проведення зйомки за допомогою БПЛА.

При виконанні практичної роботи 52 *«Розробка регіональних маршрутів туристичних подорожей, прокладання їх на топографічній карті (плані), обчислення витрат (часових, фінансових тощо)»* учні завдяки польовим дослідженням мають можливість побудувати детальні схеми туристичного маршруту використовуючи БПЛА.

Наведемо приклади методичних розробок занять з шкільного курсу географії з використанням БПЛА для різних форм організації навчання.

Урок з географії. 11 клас (профільний рівень).

Тема: Екологічний стан, екологічні проблеми своєї області та шляхи їх вирішення. Антропогенний вплив на природне середовище. Моніторинг навколишнього природного середовища (з використанням матеріалів БПЛА)

Мета:

Навчальна: Поглибити знання учнів про екологічний стан своєї області, виявити основні екологічні проблеми. Ознайомити з методами моніторингу навколишнього природного середовища, зокрема з використанням БПЛА.

Розвивальна: Розвивати навички аналізу геопросторових даних, виявлення причинно-наслідкових зв'язків між антропогенною діяльністю та змінами в навколишньому середовищі. Формувати вміння використовувати цифрові інструменти для обробки та інтерпретації даних БПЛА. Розвивати

критичне мислення та вміння формулювати обґрунтовані пропозиції щодо вирішення екологічних проблем.

Виховна: Виховувати екологічну відповідальність, активну громадянську позицію щодо збереження довкілля своєї області, спонукати до пошуку шляхів мінімізації негативного антропогенного впливу.

Тип уроку: Комбінований (поглиблення та застосування знань, формування нових знань елементами дослідження та проєктної діяльності).

Методи та прийоми:

Словесні: лекція-презентація, бесіда, пояснення, дискусія.

Наочні: демонстрація аерофотознімків БПЛА, тематичних карт, графіків, діаграм, відеоматеріалів.

Практичні: аналіз аерофотознімків, обробка геопросторових даних (за можливості), робота з онлайн-платформами екологічного моніторингу, розробка проєктних пропозицій.

Інтерактивні: проблемне навчання, кейс-метод, мозковий штурм, робота в експертних групах, метод "SWOT-аналіз", презентація проєктів.

Обладнання та матеріали:

- Комп'ютери або планшети з доступом до Інтернету.
- Програмне забезпечення для перегляду зображень та обробки геопросторових даних.
- Презентація вчителя з інформацією про екологічний стан області.
- Аерознімки своєї області, отримані за допомогою БПЛА (сучасні та попередніх років, що відображають проблемні ділянки).
- Статистичні дані про екологічний стан області.
- Відеоматеріали, що ілюструють екологічні проблеми.
- Інтерактивна дошка.

Хід уроку:

I. Організаційний етап

- Привітання вчителя та учнів.

- Перевірка готовності до уроку та створення сприятливої атмосфери.

II. Актуалізація опорних знань (7 хвилин)

Бесіда:

Що таке екологічний стан території? Які фактори його визначають?

Які основні джерела антропогенного впливу на природне середовище вам відомі?

Які екологічні проблеми характерні для України в цілому?

Що ви знаєте про екологічні проблеми нашої області? Наведіть приклади.

Мозковий штурм: Учні на онлайн-дошці записують ключові екологічні проблеми своєї області.

III. Мотивація навчальної діяльності

Вчитель демонструє учням серію аерофотознімків своєї області, отриманих за допомогою БПЛА, що ілюструють різні аспекти антропогенного впливу (ДОДАТКИ).

Проблемне питання: Яку інформацію про екологічний стан нашої області ми можемо отримати, аналізуючи ці знімки? Як ці дані можуть допомогти у вирішенні екологічних проблем?

Повідомлення теми та мети уроку. Акцентування на ролі сучасних технологій, зокрема БПЛА, у моніторингу та вирішенні екологічних проблем.

IV. Вивчення нового матеріалу

1. Екологічний стан своєї області: огляд основних проблем (лекція-презентація вчителя з використанням статистичних даних, тематичних карт, відеоматеріалів):

А. Характеристика основних екологічних проблем області: забруднення атмосферного повітря (джерела, основні забруднювачі, наслідки), стан водних ресурсів (забруднення поверхневих та підземних вод, проблеми водопостачання), стан земельних ресурсів та ґрунтів (ерозія, забруднення, виснаження), проблеми поводження з відходами (утворення, захоронення,

переробка), стан лісових ресурсів та біорізноманіття (вирубки, браконьєрство, втрата середовищ існування).

Б. Визначення основних джерел антропогенного впливу в області (промисловість, сільське господарство, транспорт, комунальне господарство).

В. Взаємозв'язок між різними екологічними проблемами.

2. *Антропогенний вплив на природне середовище (бесіда з елементами дискусії):*

А. Деталізація впливу різних видів господарської діяльності на окремі компоненти природного середовища (атмосферу, гідросферу, літосферу, біосферу).

Б. Розгляд прямих та опосередкованих наслідків антропогенного впливу.

В. Обговорення екологічного сліду людини та шляхів його зменшення.

3. *Моніторинг навколишнього природного середовища (пояснення вчителя):*

- Поняття моніторингу довкілля, його мета та завдання.
- Основні види моніторингу (атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів, біологічного різноманіття тощо).
- Методи моніторингу: стаціонарні спостереження, лабораторні дослідження, дистанційне зондування.

Використання БПЛА для екологічного моніторингу (рис. 2.7):

- Переваги використання БПЛА (оперативність, висока роздільна здатність, доступ до важкодоступних територій, можливість отримання різноманітних даних).
- Типи даних, що отримуються за допомогою БПЛА (аерофотознімки видимого та інфрачервоного спектрів, мультиспектральні знімки, відеозаписи, теплові знімки).
- Приклади використання БПЛА для моніторингу: виявлення незаконних вирубок лісів, моніторинг стану сільськогосподарських угідь,



Рис. 2.7. Використання аерознімків БПЛА для екологічного моніторингу на уроці географії

- Виявлення несанкціонованих сміттєзвалищ, оцінка наслідків стихійних лих, моніторинг забруднення водних об'єктів тощо.
- Демонстрація прикладів аерофотознімків БПЛА своєї області, що використовуються для екологічного моніторингу.

V. Застосування знань та вмінь

Робота в експертних групах

Учні об'єднуються в експертні групи (по 4-5 осіб), кожна з яких зосереджується на одній з основних екологічних проблем своєї області (наприклад: забруднення повітря, стан водних ресурсів, поводження з відходами, стан лісів). Кожна група отримує кейс із описом конкретної екологічної проблеми в області, а також набір матеріалів для аналізу (аерофотознімки БПЛА, фрагменти тематичних карт, статистичні дані, описи ситуацій).

Завдання для кожної експертної групи:

А. Проаналізуйте надані матеріали для більш глибокого розуміння суті проблеми, її масштабів та наслідків.

Б. Визначте основні причини виникнення цієї екологічної проблеми.

В. Запропонуйте шляхи вирішення або мінімізації негативного впливу цієї проблеми на навколишнє середовище.

В. Розгляньте можливість використання даних БПЛА для моніторингу та контролю ситуації.

Г. Підготуйте коротку презентацію (3-5 слайдів) з результатами свого аналізу та пропозиціями.

VI. Узагальнення та систематизація знань

Загальна дискусія: Обговорення основних екологічних проблем області та запропонованих шляхів їх вирішення. Визначення пріоритетних напрямків екологічної діяльності на регіональному рівні.

Повернення до проблемного питання: Як аналіз даних БПЛА може допомогти у вирішенні екологічних проблем нашої області?

Спільне формулювання висновків уроку щодо екологічного стану області, антропогенного впливу та ролі моніторингу, зокрема з використанням БПЛА.

VII. Підбиття підсумків уроку

Вчитель підсумовує основні моменти уроку, відзначає активність учнів та якість їхньої роботи та оцінює роботи учнів (за активність, якість презентацій, результати SWOT-аналізу).

VIII. Домашнє завдання

Обов'язкове: Завершити SWOT-аналіз обраної екологічної проблеми.

За вибором: Підготувати **есе** на тему "Роль громадськості у вирішенні екологічних проблем моєї області".

Ця методична розробка спрямована на глибоке вивчення екологічних проблем своєї області з використанням сучасних технологій, зокрема даних БПЛА, що сприятиме розвитку дослідницьких навичок учнів та їхньої екологічної свідомості.

Практична робота 52. 11 клас (профільний рівень).

Польовий етап

Тема: Розробка регіональних маршрутів туристичних подорожей, прокладання їх на топографічній карті (плані), обчислення витрат (часових, фінансових тощо)

Мета:

Навчальна: Навчити учнів здійснювати первинну розвідку потенційних туристичних об'єктів на місцевості, оцінювати їхню привабливість та інфраструктурну доступність для включення до регіональних туристичних маршрутів. Ознайомити з основами фото- та відеофіксації об'єктів за допомогою наземних засобів та БПЛА.

Розвивальна: Розвивати навички спостереження, опису, фото- та відеозйомки географічних об'єктів, вміння орієнтуватися на місцевості, працювати в команді, збирати первинну інформацію для подальшого аналізу та розробки туристичних маршрутів. Сприяти розвитку творчого мислення та ініціативності.

Виховна: Виховувати інтерес до пізнання туристичного потенціалу рідного краю, дбайливе ставлення до природної та культурної спадщини, вміння бачити привабливість звичайних місць, формувати повагу до праці фахівців туристичної галузі.

Тип роботи: Польовий етап практичної роботи.

Форма проведення: Групова (3-4 особи).

Місце проведення: Заздалегідь визначена територія (частина міста, селища, природний об'єкт) з наявними або потенційними туристичними атракціями (природні ландшафти, історичні пам'ятки, культурні об'єкти, місця відпочинку тощо).

Обладнання та матеріали (на групу):

- Роздруковані фрагменти топографічної карти (плану) досліджуваної території з попередньо позначеними потенційними туристичними об'єктами.

- Смартфони або фотоапарати для фотофіксації.
- БПЛА з оператором (вчитель або підготовлений учень).
- Блокноти та ручки для записів (опис об'єктів, оцінка привабливості).

- Інструкційні картки для кожної групи з критеріями оцінки туристичної привабливості об'єктів.

Попередня підготовка (на попередньому уроці):

- Ознайомлення з метою та завданнями польового етапу.
- Поділ на групи та розподіл ролей (оглядач, фотограф/відеооператор (асистент оператора БПЛА), описувач, координатор).
- Вивчення критеріїв оцінки туристичної привабливості (наприклад: унікальність, історична/культурна цінність, мальовничість, доступність, наявність інфраструктури або потенціал її розвитку, безпека).
- Інструктаж з використання обладнання (фотоапаратів, БПЛА - як спостерігачів).
- Інструктаж з безпеки під час перебування на визначеній території.

Хід польового етапу:

I. Прибуття на місце дослідження:

- Організований перехід до визначеної території.
- Орієнтування на місцевості за допомогою фрагментів топографічної карти.
- Уточнення меж досліджуваної ділянки для кожної групи.

II. Розвідка та оцінка туристичних об'єктів:

Кожна група отримує завдання обстежити визначені на карті потенційні туристичні об'єкти (або самостійно виявити цікаві об'єкти в межах ділянки).

Діяльність груп:

Огляд об'єкта: Учні уважно оглядають об'єкт, звертаючи увагу на його особливості, стан, оточення.

Оцінка привабливості: За критеріями, визначеними на підготовчому етапі, групи оцінюють туристичний потенціал об'єкта, його унікальність, доступність, безпеку тощо. Результати оцінки фіксуються в блокнотах.

Фото- та відеофіксація: Учні здійснюють фото- та відеозйомку об'єкта з різних ракурсів, намагаючись відобразити його особливості та привабливість. За можливості, здійснюється аерозйомка БПЛА під керівництвом оператора для отримання загальних планів та панорамних видів об'єкта та прилеглої території. Учні спостерігають за процесом аерозйомки, зазначають вдалі ракурси.

Опис об'єкта: Учні роблять короткі описи об'єкта, фіксуючи його основні характеристики, особливості, потенційні переваги та недоліки для туристів.

III. Збір та обмін інформацією:

- Після обстеження визначеної кількості об'єктів (залежно від їхньої кількості та розміру території), групи збираються у визначеному місці.

- Кожна група коротко ділиться своїми знахідками, оцінками та фото/відеоматеріалами.

- Відбувається обмін думками щодо туристичного потенціалу різних об'єктів та можливостей їхнього включення до майбутніх маршрутів.

IV. Завершення польового етапу та повернення (5 хвилин):

- Вчитель підводить короткі підсумки роботи на місцевості.
- Нагадування про необхідність опрацювання зібраних матеріалів на наступних уроках.
- Організоване повернення до школи.

Подальша робота проводиться в аудиторії на наступному уроці (рис. 2.8).

Критерії оцінювання роботи групи на польовому етапі:

- Активність та співпраця членів групи під час розвідки та якість спостережень та повнота зібраної інформації про туристичні об'єкти.

- Обґрунтованість оцінки туристичної привабливості об'єктів за визначеними критеріями.
- Організованість роботи та дотримання інструкцій вчителя.
- Дотримання правил безпеки під час перебування на місцевості.



Рис. 2.8. Прокладання регіонального туристичного маршруту на топографічній карті за результатами польового етапу з використанням БПЛА

Факультативний курс «Використання БПЛА в географічних дослідженнях» (короткий опис)

Факультативний курс "Використання БПЛА в географічних дослідженнях" розроблено для учнів старшої школи, які цікавляться географією, сучасними технологіями та можливостями їхнього застосування в наукових дослідженнях. Курс має на меті ознайомити учнів з теоретичними основами використання БПЛА в географії, основними типами БПЛА та їхнім обладнанням, принципами аерофотозйомки та дистанційного зондування, методами обробки та аналізу отриманих даних, а також практичними аспектами застосування БПЛА в різних географічних дослідженнях.

Курс передбачає поєднання лекційних занять з практичними роботами, під час яких учні зможуть ознайомитися з програмним забезпеченням для

обробки аерознімків, навчитися створювати ортофотоплани та 3D-моделі, проводити базовий аналіз геопросторових даних, а також розробляти власні проєкти з використанням матеріалів БПЛА.

Вивчення курсу сприятиме:

- розширенню та поглибленню знань учнів з географії;
- формуванню розуміння ролі сучасних технологій у географічних дослідженнях;
- розвитку практичних навичок роботи з геопросторовими даними та програмним забезпеченням;
- стимулюванню пізнавального інтересу до географічних наук та дослідницької діяльності;
- професійній орієнтації учнів, які розглядають можливість навчання за спеціальностями, пов'язаними з географією, геоінформатикою, екологією, аерокосмічною інженерією та іншими суміжними галузями.

Курс розрахований на 35 годин (23 години – лекції, 12 годин – практичні роботи) і може викладатися протягом одного навчального року (1 година на тиждень).

Тематичний план курсу

№ з/п	Тема	Кількість годин	Форма проведення
Розділ 1. Вступ до використання БПЛА в географічних дослідженнях (3 години)			
1.1	БПЛА як сучасний інструмент географічних досліджень. Актуальність та перспективи.	1	Лекція
1.2	Історія розвитку та сучасний стан використання БПЛА у світі та в Україні.	1	Лекція
1.3	Типи БПЛА та їхні основні характеристики (класифікація за призначенням, конструкцією, дальністю польоту тощо).	1	Лекція

Розділ 2. Технічне забезпечення БПЛА (5 годин)

2.1	Основні компоненти БПЛА: планер, силова установка, система керування, навігаційна система.	1	Лекція
2.2	Сенсорне обладнання БПЛА для географічних досліджень: фотокамери (RGB, мультиспектральні, гіперспектральні), відеокмери, тепловізори, LiDAR.	1	Лекція
2.3	Принципи роботи та характеристики основних типів сенсорів.	1	Лекція
2.4	Додаткове обладнання та аксесуари для географічних досліджень (GPS/GNSS приймачі, системи скидання маркерів, тощо).	1	Лекція
2.5	Програмне забезпечення для керування польотами БПЛА та збору даних.	1	Лекція

Розділ 3. Основи аерофотозйомки з БПЛА (7 годин)

3.1	Фізичні основи дистанційного зондування. Електромагнітний спектр та його використання в ДЗЗ.	1	Лекція
3.2	Принципи аерофотозйомки з БПЛА. Планування польоту для аерофотозйомки (визначення зони зйомки, висоти польоту, перекриття знімків).	1	Лекція
3.3	Геометричні основи аерофотозйомки. Масштаб аерознімків, спотворення та їхня корекція.	1	Лекція
3.4	Основи фотограмметрії. Створення ортофотопланів та цифрових моделей рельєфу (ЦМР) на основі аерознімків БПЛА.	1	Лекція
3.5	Мультиспектральна та гіперспектральна зйомка з БПЛА. Індекси рослинності та їхнє застосування.	1	Лекція
3.6	Теплова зйомка з БПЛА та її використання в географічних дослідженнях.	1	Лекція
3.7	LiDAR зйомка з БПЛА. Принципи роботи та застосування для дослідження рельєфу та рослинності.	1	Лекція

**Розділ 4. Обробка та
аналіз даних, отриманих з
БПЛА (8 годин)**

4.1	Програмне забезпечення для обробки аерознімків БПЛА (огляд основних програмних продуктів).	1	Лекція
4.2	Етапи обробки аерознімків БПЛА: калібрування, вирівнювання, побудова хмари точок, створення ортофотоплану та ЦМР.	2	Лекція
4.3	Візуальне дешифрування аерознімків БПЛА для ідентифікації географічних об'єктів та явищ.	1	Лекція
4.4	Основи геоінформаційного аналізу даних БПЛА (інтеграція з ГІС, векторний та растровий аналіз).	2	Лекція
4.5	Статистичний аналіз даних, отриманих з БПЛА.	1	Лекція
4.6	Візуалізація результатів аналізу даних БПЛА (створення карт, 3D-моделей).	1	Лекція

**Розділ 5. Практичне
застосування БПЛА в
географічних
дослідженнях (12 годин)**

5.1	Використання БПЛА для дослідження та моніторингу природних ландшафтів (рельєф, гідрографічна мережа, рослинний покрив, ґрунти).	2	Практична робота
5.2	Застосування БПЛА в екологічних дослідженнях та моніторингу (забруднення, стихійні лиха, охорона природних територій).	2	Практична робота
5.3	Використання БПЛА в сільському господарстві (оцінка стану посівів, іригація, внесення добрив).	2	Практична робота
5.4	Застосування БПЛА в містобудуванні та кадастрі (інвентаризація будівель та споруд, моніторинг будівництва).	2	Практична робота
5.5	Використання БПЛА в туризмі та краєзнавстві (створення віртуальних турів, картографування туристичних об'єктів).	2	Практична робота
5.6	Розробка та презентація учнівських дослідницьких проєктів з використанням даних БПЛА.	2	Практична робота

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

Ретельний аналіз методичних особливостей впровадження БПЛА в шкільну географічну освіту дозволяє прийти до наступних висновків:

1. БПЛА – потужний інструмент практико-орієнтованого навчання, який дозволяє поєднувати польові дослідження, цифрову обробку даних, візуалізацію результатів та аналіз просторових закономірностей.

2. Форми організації навчання з БПЛА можуть бути реалізовані як у межах класно-урочної системи, так і в позакласній, проектній чи дистанційній діяльності.

3. Розроблені методичні підходи до проведення занять із використанням БПЛА. Вони адаптовані до вікових особливостей учнів, технічних умов школи та рівня цифрової компетентності педагогів.

4. Аналіз початкової програми з географії для загальноосвітніх навчальних закладів (6-9 класи) та програми профільного рівня (10-11 класи) дозволив визначити теми, які можна змістовно поглибити завдяки інтеграції БПЛА.

5. Наведено приклади методичних розробок занять з шкільного курсу географії з використанням БПЛА для різних форм організації навчання.

ВИСНОВКИ

Географія як навчальна дисципліна охоплює вивчення різноманітних аспектів просторової організації природних та соціально-економічних процесів. Традиційні методи викладання часто обмежуються підручковим матеріалом, картами та лабораторними роботами, що не завжди дозволяє сформувати повноцінне розуміння просторових процесів та закономірностей. Впровадження БПЛА в шкільний курс географії може забезпечити учнів автентичними візуальними матеріалами, отриманими з незвичної перспективи, сприяти розвитку їхніх дослідницьких навичок, активізувати пізнавальну діяльність та підвищити інтерес до предмета.

Теоретичні передумови впровадження БПЛА в освітній процес пов'язані з низкою педагогічних концепцій, технологічними можливостями пристроїв, а також сучасними викликами, що стоять перед географічною наукою і шкільною освітою. ґрунтується на засадах сучасних освітніх парадигм, серед яких ключовими є конструктивізм, STEM-підхід, компетентнісна модель та інтегроване навчання.

Форми організації навчання з БПЛА можуть бути реалізовані у вигляді:

- уроку, як основної форми організації;
- польових досліджень;
- проектної діяльності;
- позакласної та гурткової роботи;
- інтегрованого та міжпредметного навчання;
- дистанційного за змішаного навчання.

Оцінюванні навчальних досягнень учнів при використанні БПЛА має бути системним, різнобічним та охоплювати не лише засвоєння теоретичних знань, але й розвиток практичних умінь, дослідницьких навичок та здатності до співпраці. Традиційні методи оцінювання можуть бути доповнені та модифіковані з урахуванням специфіки роботи з безпілотними технологіями та аерокосмічними даними.

Методичні особливості впровадження БПЛА у шкільний курс географії полягають у поєднанні теоретичної бази, технічної підготовки, педагогічної адаптації та чіткого планування освітньої діяльності. Практика доводить, що заняття з використанням БПЛА:

1. підвищують мотивацію до навчання;
2. сприяють кращому засвоєнню просторових понять;
3. формують сучасні компетентності;
4. забезпечують міжпредметну інтеграцію;
5. стимулюють дослідницьку та проєктну діяльність.

Проте їх успішне застосування можливе лише за умови належного методичного супроводу, доступу до технічних засобів і відповідної підготовки вчителя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондар О. П., Ковальов Ю. Г., Ковальова О. С. Педагогічні технології у STEM-викладанні основ безпілотних літальних апаратів. *Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки : збірник наукових праць*. Кропивницький : КЛА НАУ, 2019. Випуск 5. С. 396-400.
2. Грекова Л., Демченко Ю. До питання правового регулювання використання безпілотних літальних апаратів в Україні. *Молодий вчений*. 2018. 4 (56). С. 56-60. <https://www.molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/4651> (дата звернення: 12.11.2025).
3. Зацерковний В., Тішаєв І., Комарова У. Застосування безпілотних літальних апаратів для складання ортофотопланів. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2025. 1(80), С. 87-92. <https://doi.org/10.17721/17282713.80.12>.
4. Іванов Є., Кравців С. Войтків П. Актуальні підходи до викладання топографо-картографічної складової підготовки вчителів-географів. *Актуальні питання у сучасній науці*. 2024. 3(21). С. 881–892. 10.52058/2786-6300-2024-3(21)-879-892.
5. Савченко Я., Ягодзінський С., Литвиненко Л., Сушинський О. Апаратно-програмне забезпечення та застосування безпілотних літальних апаратів. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2024. 337(3(2)). С. 273-277. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-41>.
6. Холошин І. В. Педагогічна геоінформатики. Ч.1. Дистанційне зондування Землі : Навчальний посібник. Кривий Ріг: ФО-П Чернявський Д. О. 2013. 224 с.
7. Холошин І.В. Методика впровадження даних дистанційного зондування Землі в процес підготовки майбутніх вчителів географії. *Актуальні питання природничих наук та методика викладання. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Ніжин: Видав. НДУ, 2012 С. 197-199.
8. Холошин І., Варфоломєєва І., Бондаренко О., Ганчук О. Педаго-

гічні методи використання даних дистанційного зондування Землі у сучасній шкільній практиці. *Педагогіка вищої та середньої школи*. 53 (1), 2019. С. 80-94.

9. . Balogun, A. O., & Miller, J. (2022). Drone Club: Exploring Engineering and Employability Skills Outside the Classroom. *TechTrends. Linking Research and Practice to Improve Learning*, v66 n6. P. 923-930. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1354372> (Last accessed: 18.10.2025).

10. Barone, Dante & Porciuncula, Cleber. (2021). Use of Drones as Pedagogical Technology in STEM Disciplines. *Informatics in Education*. DOI 10.15388/infedu.2022.08.

11. Bhaduri, S., et al. (2018). From Toys to Tools: UAVs in Middle-school Engineering Education. *Conference: 2018 ASEE Annual Conference & Exposition At: Salt Lake City, Utah*. DOI:10.18260/1-2—30546.

12. Bolick, M.M.; Mikhailova, E.A.; Post, C.J. Teaching Innovation in STEM Education Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Educ. Sci.* 2022, 12, 224. <https://doi.org/10.3390/educsci12030224>.

13. Clever, H., Fischer, M., & Schöner, T. (2016). The DroneLab: Integrating experiential and situated learning into geography education. *Journal of Geography in Higher Education*. 40(4). 558–574. <https://doi.org/10.1080/03098265.2016.1154934>.

14. Chou, P. Smart technology for sustainable curriculum: Using drone to support young students' learning. *Sustainability*. 2018, 10. <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/10/3819> (Last accessed: 18.10.2025).

15. Drake, S. M., & Reid, J. L. (2018). Integrated curriculum as an effective way to teach 21st century capabilities. *Asia Pacific Journal of Educational Research*. 1(1), 31–50. DOI: 10.30777/APJER.2018.1.1.03

16. Fokides, E.; Papadakis, D.; Kourtis-Kazoullis, V. To drone or not to drone? Results of a pilot study in primary school settings. *J. Comput. Educ.* 2017, 4. 339–353.

17. Huijser, H., Kek, M., and Terwijn, R. Enhancing inquiry-based learning

environments with the power of problem-based learning to teach 21st century learning and skills. *Inquiry-Based Learning for Science, Technology, Engineering, and Math (STEM) Programs: A Conceptual and Practical Resource for Educators*. Emerald Group Publishing Limited, 2015. 301-320. <https://doi.org/10.1108/S2055-364120150000004017>.

18. Gura M. Make, Learn, Succeed: Building a Culture of Creativity in Your School. ISTE.2016. 224 p.

19. Jeziorska, J. (2014). Unmanned Aerial Vehicle - A Tool for Acquiring Spatial Data for Research and Commercial Purposes. New Course in the Geography and Cartography Curriculum in Higher Education. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XL-6. <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XL-6/37/2014/isprsarchives-XL-6-37-2014.html> (Last accessed: 18.10.2025).

20. Isingizwe, J.; Eiris, R.; Albeaino, G.; Gheisari, M. Using Drones to Attract K-12 Students Towards Construction: A Pilot Study of Middle School Students' attitudes, Perceptions, and Interests. *EPiC Ser. Built Environ*. 2023. V.4. P. 243–251. <https://easychair.org/publications/paper/5kCg> (Last accessed: 17.10.2025).

21. Keane J., Carr S. A Brief History of Early Unmanned Aircraft. *Johns Hopkins Apl Technical Digest*.32(3). P. 558-571. <https://secwww.jhuapl.edu/techdigest/Content/techdigest/pdf/V32-N03/32-03-Keane.pdf> (Last accessed: 28.10.2025).

22. Kholoshyn I., Bondarenko O., Hanchuk O., Varfolomyeyeva I., Pikilnyak A Pedagogical techniques of Earth remote sensing data application into modern school practice. *CEUR Workshop Proceedings* 2433. 2018. 391-402. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.04381>.

23. Kholoshyn I., Bondarenko O., Hanchuk O., Varfolomyeyeva I. Cloud ArcGIS Online as an innovative tool for developing geoinformation competence with future geography teachers. *CEUR Workshop Proceedings* 2643. 2020. 474-486. arXiv preprint arXiv:1909.04388/. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.10774>.

24. Kholoshyn I., Bondarenko O., Hanchuk O. Cloud technologies as a tool of creating Earth Remote Sensing educational resources. *CEUR Workshop Proceedings* 2643 (2020) 474-486. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2007.10774>.
25. Lisnik, Anton & Parczewski, Rafał. (2022). The Use of Unmanned Aerial Vehicles in Environmental Education. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*. 9. P. 37-43. https://www.researchgate.net/publication/362846079_The_Use_of_Unmanned_Aerial_Vehicles_in_Environmental_Education (Last accessed: 28.10.2025).
26. Lu, J.; Dawod, A.Y.; Ying, F. From traditional to digital: The impact of drones and virtual reality technologies on educational models in the post-epidemic era. *Sustain. Eng. Innov.* 2023, 5, P. 261–280. https://www.researchgate.net/publication/376868647_From_traditional_to_digital_The_impact_of_drones_and_virtual_reality_technologies_on_educational_models_in_the_post-epidemic_era (Last accessed: 8.10.2025).
27. Marzuki, Omar Faruqi & Teo, Ellie & Abdullah, Wan & Khairuddin, Nozieana & Inai, Nor & MD Saad, Juniza & Aziz, Mohd & Asmawi, Nazrin. (2025). Drone STEM Education: Revolutionizing Learning for the Future. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*. 14. P. 1416-1433. 10.6007/IJARPED/v14-i1/24763.
28. Matthew N. O. Sadiku, Matthias Oteniya, Janet O. Sadiku and Susan Abunene Drones in Education. *International Journal of Latest Engineering Research and Applications/* Volume 09, Issue 08, August 2024, P. 01-07. <http://www.ijlera.com/papers/v9-i8/1.202408695.pdf> (Last accessed: 8.10.2025).
29. Morris J., Chin-Chung, T., De-Qi, Z. Exploring the Possibility of Harnessing Drones in Geography Education in High Schools. *International Conference on Computers in Education*. 2023. 10.58459/icce.2023.1483.
30. Müller, F. Einsatz von Drohnen im Geographieunterricht. *Geographie heute*. 2019. 40(363). P. 12–17.

31. Naab, S., Weigel, E. A Bird's-Eye View of Using Drones in the Classroom. *The American Biology Teacher* 1 August 2021; 83 (6): 407–410. doi: <https://doi.org/10.1525/abt.2021.83.6.407>.
32. Ovcharuk, O., & Ivaniuk, I. (2021). A Self-Assessment Tool of the Level of Digital Competence of Ukrainian Teachers in the Context of Lifelong Learning: The Results of an Online Survey 2021. *Educational Dimension*, 5, 75–88. <https://doi.org/10.31812/educdim.4719>.
33. Palaigeorgiou, G.; Malandrakis, G.; Tsolopiani, C. Learning with Drones: Flying windows for classroom virtual field trips. *In Proceedings of the 2017 IEEE 17th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Timisoara, Romania, 3–7 July 2017*.
34. Rahman, Mohd & Hashim, Hazimin & Ensima, Nur & Abd Majid, Mohamad Zuber. (2024). Application of Drone Technology in Learning Process Strategies. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. 14. 10.6007/IJARBS/v14-i8/22447.
35. Rogers Stephanie, Singh Kunwar, Mathews Adam, Cummings Anthony Drones and Geography: Who Is Using Them and Why?. *The Professional Geographer*. 2022. 74. 10.1080/00330124.2021.2000446.
36. Ryan, R. M., & Deci, E. L. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*. 2020. 55(1). 68–78. DOI:10.1037/0003-066X.55.1.68
37. Scott, J., Anderson, R. Using UAVs in high school geography fieldwork. *Canadian Geographic Education*. 2022. 27(1). P. 44–49.
38. Voštinár, P. Using Drones in Teaching Computer Science. *In Proceedings of the 2023 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO)*. Opatija, Croatia, 22–26 May 2023. https://www.researchgate.net/publication/372023480_Using_Drones_in_Teaching_Computer_Science (Last accessed: 8.10.2025).

39. Wang, Z. Summarize of the Development of UAV. *Academic Journal of Science and Technology*. 2024. 12(2), P. 178-179.
<https://doi.org/10.54097/brgxrg45>.

40. White, T. The use of UAVs in school geography. *Teaching Geography*. 2021. 46(2), P. 56–59.

41. Yeung, Richard & Yeung, Chi & Sun, Daner & Looi, Chee-Kit. (2024). A systematic review of Drone integrated STEM education at secondary schools (2005–2023): Trends, pedagogies, and learning outcomes. *Computers & Education*. 212. 104999. 10.1016/j.compedu.2024.104999.

Інтернет-джерела

42. <https://www.educluster.com.ua/image/cache/webp/catalog/blog/banner-851x461.webp> (дата звернення: 20.10.2025).

43. <https://projectsafecanada.ca/education-recreation-and-culture> (дата звернення: 20.10.2025).

44. Географія. 6-9 класи. Навчальна програма для закладів загальної середньої освіти: веб-сайт. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/programy-5-9-klas/2022/08/15/navchalna.programa-2022.geography-6-9.pdf> (дата звернення: 20.10.2025).

45. Навчальна програма з географії (профільний рівень) для 10-11 класів загальноосвітніх шкіл: веб-сайт. URL: https://osvita.ua/school/program/program-10-11/58910/#google_vignette (дата звернення: 20.10.2025).

ДОДАТКИ

Технічні вимоги до БПЛА для використання в шкільному курсі географії

Категорія	Технічна вимога	Пояснення
Тип дрона	Квадрокоптер (мультикоптер) з вертикальним зльотом та посадкою	Забезпечує маневреність та стабільність під час польоту, що є важливим для навчальних цілей.
Вага	До 250 г (для спрощеного регулювання та безпеки)	Легкі дрони простіші у використанні та вимагають менше навчання.
Час польоту	Не менше 20 хвилин	Достатній час для проведення навчальних місій та збору необхідних даних.
Дальність польоту	До 2 км (залежно від умов та регулювання)	Забезпечує можливість проведення польотів на значній відстані від бази, що корисно для дослідницьких цілей.
Камера	Вбудована камера з роздільною здатністю не менше 12 МП, можливість запису відео у форматі 4K	Висока роздільна здатність камери дозволяє отримувати детальні зображення та відео для аналізу географічних об'єктів.
Стабілізація	3-осьовий стабілізатор для чітких зображень	Стабілізатор забезпечує стабільність камери під час польоту, що покращує якість зображень та відео.
Система позиціонування	GPS/GLONASS для точного позиціонування та автоматичного повернення	Системи позиціонування забезпечують точне визначення місцезнаходження дрону та можливість автоматичного повернення до точки запуску.
Сенсори	Датчики уникнення перешкод (опціонально)	Допомагають уникати зіткнень з перешкодами під час польоту, підвищуючи безпеку.
Керування	Інтуїтивно зрозумілий пульт керування або мобільний додаток	Простий у використанні інтерфейс полегшує навчання та експлуатацію дрону.
Безпека	Функції автоматичного повернення при низькому заряді батареї або втраті сигналу	Підвищують безпеку польотів, запобігаючи втраті дрону через розряджений акумулятор або втрату зв'язку.
Програмне забезпечення	Сумісність з освітніми платформами та можливість передачі даних на комп'ютер	Забезпечує інтеграцію з навчальними програмами та можливість аналізу зібраних даних.
Ціна	Доступна для освітніх закладів (бюджет до 1000 USD)	Враховує бюджетні обмеження навчальних закладів при виборі обладнання.
Розмір та портативність	Компактні розміри та можливість складання для зручності транспортування	Легко транспортується та зберігається, що зручно для використання в навчальному процесі.
Екологічність	Використання матеріалів, що підлягають переробці, та низьке енергоспоживання	Сприяє збереженню навколишнього середовища та відповідає сучасним вимогам щодо екологічності технологій.

Порівняльна таблиця БПЛА для шкільної географії

Характеристика	DJI Mini 2	DJI Mini 3	Autel EVO Nano+
Вага	249 г	249 г	249 г
Час польоту	до 31 хв	до 38 хв	до 28 хв
Камера	12 Мп, 4К відео	12 Мп, 4К відео	50 Мп, 4К відео
Стабілізатор (gimbal)	3-осьовий	3-осьовий	3-осьовий
Сенсори уникнення перешкод	Відсутні	Базові (вниз)	Повні (спереду, ззаду, знизу)
Пам'ять / SD карта	microSD	microSD	microSD
Дальність польоту (FCC)	до 10 км	до 10 км	до 10 км
Ціна (орієнтовно)	≈ \$450	≈ \$550	≈ \$800
Переваги	Доступна ціна, простота використання	Тривалий політ, покращена стабільність	Найкраща камера, сенсори безпеки
Недоліки	Немає сенсорів перешкод	Обмежені сенсори	Вища вартість
Рекомендовано для	Базових шкільних завдань	Розширених завдань у географії	Поглиблених проєктів, STEM

Зміна контуру кар'єру «Центральний» з 1015 по 2022 роки за результатами
дистанційного зондування за допомогою БПЛА



2015 рік



2021 рік

Аерознімок полігону побутових відходів, отриманий за допомогою БПЛА



Аерознімок місцевості, отриманий на польовому етапі практичної роботи
*«Розробка регіональних маршрутів туристичних подорожей, прокладання їх на
топографічній карті (плані), обчислення витрат (часових, фінансових тощо)»*



Аерознімок місцевості, отриманий на польовому етапі практичної роботи
*«Розробка регіональних маршрутів туристичних подорожей, прокладання їх на
топографічній карті (плані), обчислення витрат (часових, фінансових тощо)»*

