

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ
ФЕДЬКОВИЧА

Географічний факультет
Кафедра фізичної географії, геоморфології та палеогеографії

СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ ПОГОДИ ТА ВИКОРИСТАННЯ
ЙОГО НА УРОКАХ ГЕОГРАФІЇ

Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Виконала:

Студентка IV курсу, 403 групи
Спеціальності 014.07 “Середня
освіта(Географія)”

Ковцун Христина Миколаївна

Керівник:

кандидат географічних наук,
доцент кафедри фізичної географії,
геоморфології та палеогеографії

Холявчук Дарія Іванівна

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри №

від « » червня 2025 р.

Зав. кафедрою _____ проф. Рідуш Б.Т.

Чернівці – 2025

Анотація

Ковцун Х. М. Супутниковий моніторинг погоди та використання його на уроках географії.

Спеціальність: 014.07 Середня освіта (Географія). Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича. Чернівці, 2025 рік.

У роботі досліджені можливості застосування супутникового моніторингу погоди у навчанні географії. Розглянуто, як супутникова метеорологія еволюціонувала від початкової ідеї до запуску першого супутника. Детально розібрано два основні типи метеорологічних супутників. Розглянуто фізичні принципи дистанційного зондування Землі з космосу які базується на взаємодії електромагнітного випромінювання з різними компонентами Землі. Проаналізовано, як супутникові дані збагачують уроки географії, дозволяючи учням візуалізувати та аналізувати динаміку природних явищ. Висвітлено потенціал супутникового моніторингу у позашкільній діяльності. Розроблено конспект уроку з використанням супутникового моніторингу на уроці географії. Детально описано, як супутникові дані є потужним інструментом для науково-дослідних проєктів школярів. Як приклад, розроблено проєкт «Супутниковий аналіз повітряного забруднення у центральній частині міста». Підкреслено роль наукових гуртків та позашкільних заходів у формуванні інтересу до географії та екології. Розроблено навчальний план гуртка «Супутниковий Моніторинг: Досліджуємо Землю з Космосу».

Ключові слова: *супутниковий моніторинг, навчання географії, уроки з використанням супутникового моніторингу, шкільні проєкти, наукові гуртки.*

Abstract

Kovtsun H. M. Satellite weather monitoring and its use in geography lessons.

**Specialty: 014.07 Secondary education (Geography). Yuriy Fedkovych
Chernivtsi National University. Chernivtsi, 2025.**

The paper explores the possibilities of using satellite weather monitoring in geography education. It examines how satellite meteorology evolved from the initial idea to the launch of the first satellite. Two main types of meteorological satellites are discussed in detail. The physical principles of remote sensing of the Earth from space, based on the interaction of electromagnetic radiation with various components of the Earth, are considered. The author analyzes how satellite data enrich geography lessons, allowing students to visualize and analyze the dynamics of natural phenomena. The potential of satellite monitoring in extracurricular activities is highlighted. A lesson plan has been developed using satellite monitoring in geography lessons. It describes in detail how satellite data is a powerful tool for schoolchildren's research projects. As an example, a project entitled «Satellite Analysis of Air Pollution in the Central Part of the City» has been developed. The role of scientific clubs and extracurricular activities in fostering interest in geography and ecology is emphasized. A curriculum for the club «Satellite Monitoring: Exploring Earth from Space» has been developed.

Keywords: *satellite monitoring, geography education, lessons using satellite monitoring, school projects, scientific clubs.*

Кваліфікаційна бакалаврська робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мвють посилання на відповідне джерело.

_____Х. М. Ковцун

Зміст	
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ ПОГОДИ	8
1.1. Історія і розвиток міжнародних метеорологічних супутників	8
1.2. Типи метеорологічних супутників (полярно-орбітальні, геостаціонарні)	12
1.3. Фізичні принципи дистанційного зондування Землі з космосу	17
Висновки до розділу 1	23
РОЗДІЛ 2. МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ ПОГОДИ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ГЕОГРАФІЇ ТА ПОЗАШКІЛЬНІЙ РОБОТІ З УЧНЯМИ	25
2.1. Застосування супутникових даних у вивченні шкільної географії	25
2.2. Застосування супутникових даних у позашкільній роботі	33
Висновки до розділу 2	38
РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ ПОГОДИ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ГЕОГРАФІЇ ТА ПОЗАШКІЛЬНІЙ РОБОТІ З УЧНЯМИ	40
3.1. План-конспект уроку із застосуванням супутникових даних	40
3.2. Науково-дослідні проєкти із застосуванням супутникового моніторингу	47
3.3. Наукові гуртки та заходи із застосуванням супутникового моніторингу	52
Висновки до розділу 3	58
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63

ВСТУП

Сучасний етап розвитку науки і техніки відзначається стрімким упровадженням інформаційно-комунікаційних технологій у всі сфери людської діяльності, зокрема в освітню та природничо-наукову. У XXI столітті людство отримало унікальну можливість отримувати метеорологічну інформацію в режимі реального часу завдяки використанню супутникових систем дистанційного зондування Землі. Водночас суттєво змінюються підходи до викладання географії у школі: від традиційного репродуктивного методу – до активного залучення учнів до дослідницької діяльності, аналізу реальних даних та моделювання природних процесів.

Актуальність теми: дослідження зумовлена необхідністю модернізації викладання географії в умовах Нової української школи, яка вимагає формування ключових компетентностей, критичного мислення, умінь працювати з цифровими джерелами інформації, самостійно аналізувати природні явища та процеси. Супутниковий моніторинг погоди є надзвичайно важливим елементом сучасної географічної науки, який дозволяє здійснювати багаторівневий аналіз атмосферних процесів, прогнозувати погодні умови, досліджувати кліматичні зміни та формувати цілісне уявлення про глобальні й регіональні закономірності функціонування геосистем.

В умовах швидкоплинних кліматичних змін, екологічних загроз та природних катаклізмів питання метеорологічної обізнаності стає не лише науковим або навчальним, а й життєво важливим для кожної людини. У цьому контексті особливого значення набуває залучення учнівської молоді до роботи з актуальними метеоданими, отриманими з супутників, адже саме така діяльність формує природничо-наукову грамотність, просторове мислення, вміння приймати рішення на основі аналізу об'єктивної інформації.

Об'єктом дослідження є процес навчання географії в закладах загальної середньої освіти.

Предметом дослідження є можливості використання супутникового моніторингу погоди в навчальному процесі, зокрема на уроках географії та в позакласній діяльності учнів.

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні теоретико-методичних засад застосування супутникових даних про погоду у процесі викладання географії та у формуванні практичних рекомендацій щодо їх ефективного використання в навчальній і дослідницькій діяльності учнів.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання дослідження:

- проаналізувати етапи розвитку метеорологічних супутників та класифікувати їх за принципом дії;
- розкрити фізичні основи супутникового моніторингу;
- визначити потенціал супутникових даних для інтеграції у зміст шкільного курсу географії;
- розробити приклади уроків та заходів із використанням супутникової метеоінформації;

Методи дослідження охоплюють аналіз наукової, методичної та навчальної літератури; порівняльний аналіз супутникових метеоплатформ; спостереження та аналіз атмосферних явищ за супутниковими даними; моделювання фрагментів уроків географії; узагальнення та систематизацію результатів дослідницької діяльності.

Наукова новизна роботи полягає у спробі інтегрувати сучасні досягнення супутникової метеорології в методичну систему шкільного курсу географії з урахуванням актуальних освітніх трендів, таких як STEM-освіта, цифровізація навчального процесу, розвиток дослідницьких умінь учнів. На відміну від традиційного вивчення метеорологічних процесів на основі підручників і простих спостережень, дана робота пропонує концептуально новий підхід до викладання погодно-кліматичної тематики через залучення реальних супутникових даних з відкритих онлайн-платформ, що використовуються у світовій науковій практиці.

Застосування супутникової інформації дозволяє не лише конкретизувати навчальний матеріал, але й формувати у школярів навички аналізу просторових даних, критичного осмислення природних явищ і наукової аргументації на основі емпіричної інформації, що надходить у режимі реального часу.

Структура роботи передбачає вступ, три розділи, що включають підрозділи, висновки, список використаних джерел (35 позицій).

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО СУПУТНИКОВИЙ МОНІТОРИНГ ПОГОДИ

1.1. Історія і розвиток міжнародних метеорологічних супутників

У сучасному світі, де стрімкий розвиток технологій став визначальною рисою наукового поступу, супутникова метеорологія поступово трансформувалася з вузькоспеціалізованої галузі космічних досліджень у важливу складову глобальної системи знань про навколишнє середовище. Її становлення та еволюція — це не лише хроніка технічних досягнень людства, а й глибоко символічний шлях до побудови принципово нових форм взаємодії між людиною і природою.

Ідея використання космічних камер для кращого спостереження за кліматом Землі почала розроблятися в 1946 році. Причина – недостатнє охоплення даних. 4 жовтня 1957 року розпочалася ера супутникової метеорології, коли Радянський Союз запустив супутник «Супутник-1».

На сьогодні вже неможливо уявити повноцінне уявлення про стан атмосфери, глобальні кліматичні процеси, а також локальні погодні явища без залучення даних, отриманих за допомогою супутників дистанційного зондування Землі. Вони стали своєрідним «оком» людства у космосі, яке постійно спостерігає за поверхнею нашої планети, фіксуючи найменші зміни у її атмосферних процесах.

Початки розвитку метеорологічного супутникового спостереження сягають середини ХХ століття. Саме в цей час, у контексті активного протистояння геополітичних блоків, яке згодом отримало назву «космічної гонки», наукова думка, підкріплена державними інвестиціями, була спрямована на досягнення якісно нового рівня пізнання та освоєння навколишнього простору [2, с. 107].

Космічний простір, що раніше існував лише у сфері фантастичних уявлень та спекулятивних гіпотез, раптово перетворюється на реальний вектор наукового поступу. У цьому процесі метеорологія — наука, покликана досліджувати динамічні та стійкі властивості атмосфери —

отримала потужний імпульс для свого розвитку, адже саме вона виявилася однією з перших прикладних сфер, де результати космічного моніторингу могли бути безпосередньо адаптовані до практичних потреб людства.

Ідея спостереження за атмосферою із суборбітальної висоти не була новою — теоретичні обґрунтування потенціалу висотного зондування з'являлися ще в працях метеорологів і фізиків початку XX століття. Однак лише розвиток ракетної техніки та супутникових платформ уможливив втілення цих гіпотез у реальність.

Саме з цього моменту розпочинається нова ера в історії науки — ера супутникової метеорології, в якій процеси атмосферної циркуляції, формування циклонів, зональні кліматичні відмінності та інші ключові феномени почали розглядатися не лише як локальні явища, доступні для спостереження з обмеженого числа метеостанцій, а як компоненти глобальної динамічної системи, що піддається безперервному, цілодобовому контролю.

Запуск першого у світі спеціалізованого метеорологічного супутника TIROS-1 (Television Infrared Observation Satellite) 1 квітня 1960 року Національним управлінням з аеронавтики і дослідження космічного простору США (NASA) у співпраці з американським метеорологічним відомством став символічним та технічно проривним актом.

Попри свою досить обмежену функціональність — зокрема, апарат був обладнаний лише двома телевізійними камерами і працював протягом 78 діб — саме TIROS-1 започаткував нову парадигму отримання метеорологічної інформації. Уперше в історії людства стало можливим отримання візуалізованих зображень хмарного покриву Землі з орбіти, що дозволило оперативно і з високою точністю відстежувати розвиток атмосферних фронтів, оцінювати масштаби погодних систем і прогнозувати ймовірні метеоявища на континентальному рівні [25].

Цей прорив, хоча на перший погляд і виглядав як суто технічне досягнення, мав фундаментальні наслідки для метеорології як науки. До

цього моменту переважна більшість метеоспостережень ґрунтувалася на наземних або повітряних засобах збору даних — від барометрів і анемометрів до аеростатів і радіозондів.

Такі методи, хоч і були ретельно стандартизовані у межах Всесвітньої метеорологічної організації, мали обмежене просторове покриття і не забезпечували цілісної картини атмосферних процесів на глобальному рівні. Супутникове спостереження натомість забезпечило радикально нову точку зору — зору «ззовні», з позиції тотального охоплення і одночасної фіксації великомасштабних явищ, таких як тропічні циклони, фронтальні системи чи атмосферні хвилі, що до того сприймалися як локальні епізоди [13, с. 89].

Крім того, впровадження супутникових технологій відкрило нові горизонти у дослідженні хмарності — одного з найменш вивчених компонентів кліматичної системи. Станом на середину XX століття вчені не мали у своєму розпорядженні надійних інструментів для кількісного аналізу просторового розподілу хмар, а супутникові знімки дозволили не лише ідентифікувати їх тип, щільність і вертикальний розвиток, а й побачити закономірності в їх глобальному формуванні. Таким чином, TIROS-1 та його наступники стали інструментами, що почали виконувати не лише функцію прогнозування, а й функцію пізнання — вивчення самих закономірностей кліматичної системи Землі.

У контексті світової метеорологічної практики запуск TIROS-1 не залишився ізольованим досягненням США. Цей приклад став сигналом для інших країн, які також усвідомили стратегічну важливість супутникового моніторингу атмосфери.

Упродовж 1960-х та 1970-х років розпочалося активне формування міжнародної супутникової метеорології, яка поступово еволюціонувала в комплексну систему глобального спостереження. Зокрема, були запуснені супутники серій Nimbus (США), Meteor (СРСР), GMS (Японія), які забезпечували спостереження з полярних та геостаціонарних орбіт,

дозволяючи досягти як високої деталізації на локальному рівні, так і безперервного моніторингу на глобальному масштабі.

Упродовж наступних десятиліть відбувалося стрімке вдосконалення супутникових платформ, що сприяло розширенню їх функціональних можливостей. Зростала точність спостережень, збільшувалась кількість спектральних каналів, удосконалювались методи обробки й інтерпретації отриманих даних. Супутникова метеорологія поступово виходила за межі власне прогнозування погоди, інтегруючись у сферу моніторингу клімату, вивчення глобальних екологічних проблем, запобігання природним катастрофам, планування сільськогосподарської діяльності тощо.

На тлі стрімкого розвитку технічних засобів дистанційного зондування атмосфери впродовж останніх десятиліть сформувалося усвідомлення того, що вирішення проблеми метеорологічного моніторингу не може бути виключно справою окремих країн чи навіть міждержавних альянсів. Розвиток супутникового моніторингу набув характеру глобальної багаторівневої співпраці, в якій беруть участь як державні, так і наддержавні структури, комерційні та академічні інституції, наукові центри та дослідницькі лабораторії.

Зокрема, ключову роль у формуванні єдиної архітекτονіки супутникового моніторингу відіграють такі авторитетні інституції, як Національне управління з аеронавтики та дослідження космічного простору (NASA), Національне управління океанічних і атмосферних досліджень США (NOAA), Європейське космічне агентство (ESA), Японське агентство аерокосмічних досліджень (JAXA), Китайська національна космічна адміністрація (CNSA), Індійська організація космічних досліджень (ISRO). Паралельно з цим активно розвивалися міжнародні платформи співпраці — як, наприклад, Всесвітня метеорологічна організація (WMO), Міжурядова група з питань спостереження за Землею (GEO), а також Європейська організація з експлуатації метеорологічних супутників (EUMETSAT), яка координує спостереження в межах європейського континенту [27].

Варто також зазначити, що у межах цих міжнародних програм реалізовувалися та реалізуються масштабні супутникові проєкти, які мають не лише метеорологічне, а й екологічне, кліматичне, геофізичне та гуманітарне значення. Так, програми типу Meteosat (Європа), GOES (США), Himawari (Японія), Fengyun (Китай), INSAT (Індія) формують сітку постійного геостаціонарного моніторингу, що дозволяє здійснювати безперервне сканування атмосферної динаміки в режимі реального часу.

Сьогодні супутники є не просто інструментами спостереження — вони стали активними агентами знання, що формують нову епістемологію природничих наук. У поєднанні з іншими видами дистанційного зондування, а також з інформаційно-комунікаційними технологіями, вони забезпечують потужний аналітичний потенціал, який може бути успішно адаптований і до освітнього середовища.

1.2. Типи метеорологічних супутників (полярно-орбітальні, геостаціонарні)

Метеорологічні супутники є важливим інструментом для спостереження за атмосферними явищами та погодними умовами на глобальному рівні. З їхньою допомогою науковці мають змогу отримувати детальні дані, які дозволяють прогнозувати зміни в кліматі, вивчати атмосферні процеси та реагувати на природні катастрофи. Оскільки Земля є складною і багатогранною системою, точне розуміння її атмосферних процесів вимагає використання різних типів супутників, що працюють на різних орбітах, з різними функціональними можливостями і зібраними даними.

Метеорологічні супутники здатні забезпечити безперервне спостереження за великими територіями, фіксуючи зміни в атмосферних процесах, температурі, вологості, швидкості вітру, а також дозволяючи здійснювати моніторинг таких важливих явищ, як урагани, торнадо, циклони,

а також вплив антропогенних факторів на атмосферу, таких як забруднення повітря. Вони працюють на основі різних технологій, що дозволяють отримувати дані в різних спектрах — від видимого світла до інфрачервоного та радіочастотного діапазону.

Метеорологічні супутники поділяються на два основних типи: полярно-орбітальні і геостаціонарні. Кожен з цих типів має свої особливості в плані збору даних, орбітальних характеристик, а також застосування в практичній діяльності. Вибір конкретного типу супутника для виконання завдань залежить від того, які саме дані необхідно отримати, на якій території і з якою періодичністю.

Полярно-орбітальні супутники є ключовими елементами сучасної метеорології та кліматичних досліджень. Вони займають особливе місце серед інших типів супутників завдяки своїм характеристикам, які дозволяють здійснювати високоточні спостереження за всією поверхнею Землі. Їх унікальна орбіта, що проходить через полюси, забезпечує постійний моніторинг атмосфери та дозволяє обертатися по так званій «підсвітленій орбіті» [4, с. 281]. Таким чином, полярно-орбітальні супутники можуть ефективно охоплювати всю планету, поступово знімаючи нові ділянки та забезпечуючи глобальну картину атмосферних змін. Це дає змогу спостерігати навіть найвіддаленіші та важкодоступні регіони, які були б недоступними для традиційних наземних метеорологічних станцій.

Однією з найбільших переваг полярно-орбітальних супутників є їх здатність працювати на низьких орбітах. Зазвичай такі супутники знаходяться на висоті від 700 до 800 км, що дає їм можливість отримувати високоякісні дані з дуже високою роздільною здатністю.

Порівняно з геостаціонарними супутниками, які обертаються на значно більшій висоті, полярно-орбітальні апарати мають значно більшу здатність деталізувати інформацію про атмосферні явища, оскільки їх орбіта дозволяє проводити спостереження з більш близької відстані. Ця характеристика є

вирішальною для отримання точних даних, необхідних для розробки прогнозів погоди та для наукових досліджень у сфері кліматології.

У процесі збору інформації полярно-орбітальні супутники оснащуються різними видами сенсорів, здатних захоплювати дані в широкому діапазоні спектрів — від видимого світла до інфрачервоного та радіочастотного діапазону.

Це дає змогу отримувати не лише зображення поверхні Землі, а й вимірювати фізичні параметри атмосфери, такі як температура, вологість, концентрація парникових газів, розподіл хмарності, а також інші важливі для прогнозування показники. Сенсори, що встановлюються на таких супутниках, можуть фіксувати температурні зміни на земній поверхні, які є важливими для вивчення змін клімату, або ж збирати інформацію про стан океанів та поверхні льодовиків.

Висока точність отриманих даних є однією з головних переваг полярно-орбітальних супутників. Ці супутники використовуються не тільки для щоденного прогнозування погоди, але й для більш глибоких наукових досліджень. Завдяки здатності здійснювати спостереження на не великій висоті, полярно-орбітальні супутники здатні забезпечити безперервне та регулярне отримання даних, що дозволяє науковцям створювати точні моделі прогнозування кліматичних змін та вивчати природні катастрофи. Вони використовуються для дослідження глобальних процесів, таких як зміни температури атмосфери та океанів, скорочення площі льодовиків, зміни рівня моря, а також вплив антропогенних факторів, таких як викиди парникових газів, на атмосферу Землі.

Одним з важливих аспектів, який слід враховувати при використанні полярно-орбітальних супутників, є те, що вони дозволяють здійснювати спостереження за різними кліматичними зонами Землі. Ці супутники здатні покривати як тропічні, так і полярні регіони, дозволяючи здійснювати точний моніторинг погодних умов, таких як температура води в океанах, зміни в розподілі хмарності або ж концентрація пилу та аерозолів в атмосфері [20].

Особливо важливим є спостереження за полярними регіонами, де зміни клімату можуть бути найбільш вираженими, і саме тому ці райони мають велике значення для глобальних кліматичних моделей [20, с. 20].

Зокрема, використання полярно-орбітальних супутників для спостереження за океанами дозволяє ефективно відстежувати розвиток таких природних катастроф, що дозволяє своєчасно прогнозувати їх та попереджати населення та відповідні служби про можливу загрозу. Такий підхід дає змогу значно підвищити точність прогнозування катастрофічних явищ, що має важливе значення для забезпечення безпеки населення та зниження економічних втрат.

Геостаціонарні супутники мають ключову роль у системі сучасного метеорологічного спостереження, завдяки своїй унікальній орбіті, яка дозволяє їм постійно залишатися над конкретними точками Землі. Вони розташовуються на орбіті на висоті близько 35 786 км від земної поверхні, де їхня швидкість обертання повністю синхронізується з обертанням планети (Рис. 1.2). Це означає, що супутники обертаються навколо Землі зі швидкістю, яка дорівнює швидкості обертання планети навколо своєї осі, що дає змогу їм залишатися "нерухомими" відносно земної поверхні. Завдяки цьому геостаціонарні супутники можуть безперервно спостерігати за одними й тими самими ділянками Землі, що є важливим фактором для метеорологічних спостережень, оскільки вони можуть здійснювати моніторинг погодних умов в реальному часі.

Одна з головних переваг геостаціонарних супутників полягає в тому, що вони дозволяють здійснювати постійну трансляцію даних з атмосфери, що є надзвичайно важливим для оперативного прогнозування та моніторингу короткострокових погодних явищ. Ці супутники часто використовуються для спостереження за швидко змінюваними атмосферними процесами, такими як штормові системи, урагани, торнадо та інші небезпечні природні явища. Оскільки геостаціонарні супутники знаходяться на одній орбіті над екватором, вони здатні охоплювати значні регіони, що дозволяє ефективно

спостерігати за тропічними і субтропічними зонами, де виникають найактивніші погодні явища .

Геостаціонарні супутники дають можливість до безперервного спостереження за конкретними географічними ділянками. Це дає змогу метеорологічним службам отримувати актуальні дані в режимі реального часу, що є важливим для своєчасного попередження про надзвичайні погодні ситуації та катастрофи[20, с. 26].

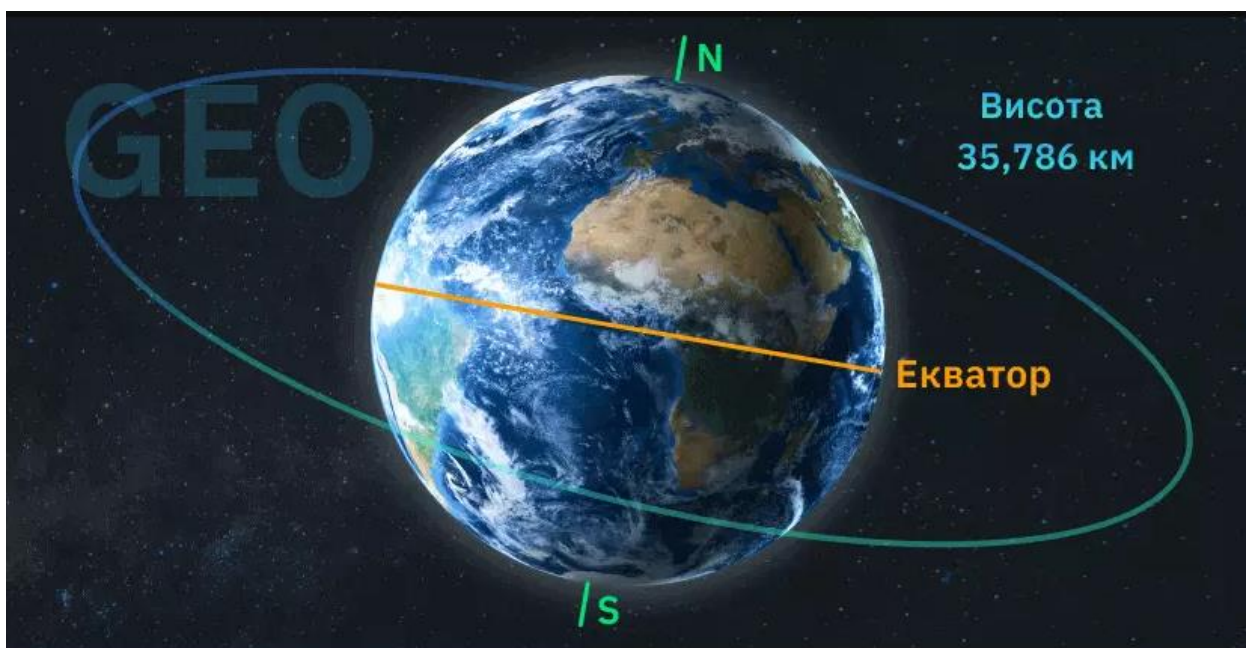


Рис. 1.2. Відстань на якій знаходиться геостаціонарні супутники[24].

Геостаціонарні супутники можуть відстежувати розвиток ураганів, тропічних циклонів, бурь та інших небезпечних погодних явищ на ранніх етапах їх формування, що дає змогу забезпечити евакуацію людей, вжити заходів з мінімізації збитків і оперативно реагувати на зміни в атмосфері. Наприклад, своєчасне виявлення розвитку урагану або потужного шторму дозволяє державним службам та організаціям організувати попередження для населення, знижуючи ризики для життя та здоров'я людей.

При цьому, хоча геостаціонарні супутники мають великий потенціал для оперативного моніторингу погоди, їх роздільна здатність зображень часто є меншою, ніж у полярно-орбітальних супутників. Це пов'язано з їх високою орбітою, яка не дозволяє досягти такої ж деталізації, як у супутників, що знаходяться ближче до Землі.

Геостаціонарні супутники, як правило, знімають зображення з меншою точністю, що обмежує їх можливості для дослідження дрібних або локальних атмосферних явищ. Однак їх безперервне спостереження за великими територіями, а також здатність отримувати дані в реальному часі, робить їх незамінними для прогнозування погоди на короткострокову перспективу та для моніторингу екстремальних погодних умов.

Не менш важливим є те, що геостаціонарні супутники зазвичай використовуються в комбінації з полярно-орбітальними супутниками, що дозволяє отримувати більш повну картину погодних процесів на Землі.

1.3. Фізичні принципи дистанційного зондування Землі з космосу

Фізичні принципи дистанційного зондування Землі з космосу становлять основу сучасних технологій спостереження за планетою та її атмосферними процесами. Вони базуються на вивченні взаємодії електромагнітного випромінювання з різними компонентами Землі, такими як атмосфера, поверхня та океани.

Дистанційне зондування є потужним інструментом для отримання даних про глобальні зміни, атмосферні процеси, екологічні явища та численні інші параметри, що можуть бути недоступні за допомогою традиційних методів спостереження. Потрібно зрозуміти, як саме працює цей процес, щоб оцінити його ефективність і можливості для розвитку наукових досліджень.

Основний фізичний принцип дистанційного зондування полягає в тому, що різні матеріали, зокрема вода, земля, повітря, мають свою специфічну

здатність поглинати, відбивати та випромінювати електромагнітні хвилі. Система дистанційного зондування використовує ці властивості для збору інформації про поверхню та атмосферу Землі, реєструючи випромінювання, яке виходить від або відбивається від об'єктів. Це дозволяє отримати різноманітні дані про температуру, вологість, хмарність, склади різних шарів атмосфери, характеристики поверхні та навіть зміни в кліматі.

Процес дистанційного зондування можна умовно розділити на три етапи: випромінювання, взаємодія з об'єктами та реєстрація відбитого сигналу. Спочатку супутник чи інший космічний апарат випромінює електромагнітне випромінювання, яке досягає земної поверхні. Це випромінювання може бути різного типу, в залежності від діапазону частот і хвиль, що використовуються: видимий спектр, інфрачервоні, ультрафіолетові або радіохвилі. Коли ці хвилі досягають поверхні, вони взаємодіють з об'єктами, які зустрічаються на їх шляху, — з землею, водою, хмарами, рослинами, та іншими компонентами [20, с. 6].

В результаті взаємодії частина енергії поглинається, частина відбивається, а частина проходить крізь матеріал. Це залежить від фізичних характеристик матеріалу, таких як колір, текстура, вологість, температура та інші параметри.

Відбиті або пройшовші хвилі знову потрапляють до супутникових сенсорів, де реєструється їх інтенсивність та спектральні характеристики. Далі на основі цих даних здійснюється аналіз і моделювання властивостей земної поверхні чи атмосфери, що дозволяє досліджувати різноманітні природні явища.

Важливо, що різні матеріали, що зустрічаються на земній поверхні, по-різному відбивають або поглинають електромагнітні хвилі в залежності від їх фізичних і хімічних властивостей. Наприклад, водні поверхні поглинають більшу частину інфрачервоного випромінювання, тоді як лісові масиви відображають його в іншому спектральному діапазоні. Завдяки цьому супутники можуть одержувати точну інформацію про типи покриття, стан

здоров'я рослинності, рівень забруднення повітря та води, а також характеристики зміни клімату.

Особливо важливим аспектом є спектральний аналіз, який дозволяє виділяти різні типи поверхні та атмосферні явища, а також оцінювати їхній вплив на кліматичні зміни. Для цього використовуються спектральні ділянки, де матеріали, з якими взаємодіє випромінювання, мають найбільші різниці в своїй реакції. Наприклад, для вивчення рослинності використовуються інфрачервоні хвилі, оскільки вони чутливі до поглинання хлорофілом у рослинах. Також застосовуються ділянки спектру, що дозволяють отримувати дані про температурні характеристики поверхні та атмосферних процесів.

Величезний вклад у розвиток дистанційного зондування Землі здійснили технології мультиспектрального та гіперспектрального зондування, що забезпечують високоточні дані про різноманітні властивості планети. Ці технології значно розширили можливості для наукових досліджень, екологічного моніторингу, сільськогосподарських оцінок та управління природними ресурсами [5, с. 12].

Мультиспектральне зондування передбачає використання кількох спектральних діапазонів, що дає змогу отримувати інформацію про різні характеристики земної поверхні, зокрема щодо температури, вологості, стану ґрунтів і рослинності. Оскільки кожен матеріал на Землі має своє специфічне відображення та поглинання хвиль у різних частинах спектра, мультиспектральні сенсори можуть точно розрізняти різні типи поверхні, відслідковувати зміни в екосистемах та виявляти потенційні загрози для навколишнього середовища.

Однією з основних переваг мультиспектрального зондування є здатність спостерігати матеріали в кількох окремих спектральних діапазонах, що дозволяє виявляти навіть мінімальні зміни в їх складі. Наприклад, за допомогою мультиспектральних сенсорів можна ефективно моніторити стан здоров'я рослин, відстежувати поширення хвороб у сільськогосподарських

культурах або виявляти нестабільні екологічні умови, такі як засухи чи забруднення води. Технології мультиспектрального зондування також широко застосовуються в оцінці біомаси, моніторингу лісових ресурсів та управлінні сільським господарством.

Гіперспектральне зондування є більш складним та точним підходом, що дозволяє здійснювати спостереження в тисячах спектральних каналів. Це дає змогу здійснювати надзвичайно точне визначення фізико-хімічних властивостей матеріалів на поверхні Землі, таких як склад ґрунту, рівень забруднення атмосфери, стан рослинності і навіть мінімальні зміни у водних та земельних ресурсах.

Гіперспектральне зондування дозволяє виявляти нові матеріали та мікроскопічні зміни в середовищі, що може бути надзвичайно важливим для дослідження природних ресурсів, вивчення кліматичних змін та пошуку нових екологічних ризиків. Наприклад, можна використовувати гіперспектральне зондування для виявлення нових забруднювачів у повітрі або воді, що можуть не бути виявлені за допомогою традиційних методів аналізу. Ці технології також використовуються для детекції та моніторингу викидів парникових газів, таких як метан або вуглекислий газ, що є критично важливим для дослідження змін клімату [20, с. 7].

Однією з важливих характеристик гіперспектральних сенсорів є їх здатність здійснювати детальне розрізнення різних спектральних характеристик, що дозволяє виявляти специфічні матеріали та процеси, які не видно в більш широких спектрах, таких як мультиспектральне зондування. Це надає вченим та інженерам нові можливості для оцінки та аналізу природних явищ з безпрецедентною точністю. Наприклад, у сільському господарстві можна використовувати гіперспектральні дані для виявлення рослин, які страждають від водного стресу або грибкових інфекцій, що дозволяє ефективно коригувати методи обробки культур.

Окрім спектрального аналізу, значну роль у процесі дистанційного зондування відіграють й інші фізичні принципи, такі як радіолокація, лазерне

сканування, а також використання радіочастотного випромінювання. Радіолокаційне зондування, яке застосовує супутники з радарними сенсорами, дозволяє здійснювати спостереження навіть за умов поганої видимості, таких як хмарність чи нічний час.

Радарні хвилі здатні проникати через різноманітні перешкоди, наприклад, хмари, та надавати точні дані про поверхню Землі. Радіолокаційні супутники використовуються для моніторингу ландшафтних змін, визначення рівня води в річках, а також для картографії в районах з великою кількістю атмосферних опадів або туманів, де традиційні оптичні сенсори не можуть працювати.

Лазерне сканування, яке також відоме як LIDAR (Light Detection and Ranging), є надзвичайно потужним інструментом для отримання детальної тривимірної інформації про поверхню Землі. Ця технологія працює за допомогою лазерних імпульсів, які направляються на поверхню і відбиваються від різних об'єктів. Вимірювання часу, за який імпульс повертається до приймача, дозволяє точно визначити відстань до об'єкта, що дає змогу будувати карти висот і точні моделі ландшафтів.

Особливість LIDAR полягає в тому, що він здатний проникати через рослинність, що робить його неймовірно корисним для картографії лісових територій, де традиційні методи вимірювання є неефективними. Зокрема, він дозволяє отримувати точні дані про структуру лісових масивів, висоту дерев, густоту рослинності та визначати зміни в екосистемах лісів, що важливо для моніторингу змін клімату.

LIDAR також широко застосовується для дослідження природних катастроф. Наприклад, в разі повеней можна за допомогою цієї технології створити точні карти затоплених територій, а також вивчити вплив води на інфраструктуру і природні ландшафти. У разі землетрусів та інших геологічних змін LIDAR допомагає виявляти тріщини та зсуви в земній корі, оцінювати структуру земної поверхні і прогнозувати можливі небезпечні зміни.

Під час лісових пожеж ця технологія дозволяє виявляти пошкодження та оцінювати ступінь ураження лісових масивів, що є важливим для планування заходів щодо відновлення та запобігання подібним катастрофам у майбутньому. Крім того, LIDAR активно використовується для створення карт підземних водних ресурсів, дозволяючи вивчати водні потоки, а також для дослідження територій, де традиційні методи вимірювань через складні географічні умови, такі як гірські чи болотисті території, є дуже складними або неможливими[29].

Іншим важливим фізичним принципом, що використовується в дистанційному зондуванні, є застосування радіочастотного випромінювання для дослідження атмосфери. Радіочастотне зондування, яке охоплює використання радіохвиль і мікрохвиль, дозволяє отримувати дані про характеристики атмосферних шарів, включаючи температуру, вологість, тиск і концентрацію різних газів, таких як водяна пара, вуглекислий газ і озон.

Це надзвичайно важливо для глибокого розуміння фізичних процесів, що відбуваються в атмосфері, а також для моніторингу змін клімату та глобальних екологічних процесів. Радіочастотне зондування може використовуватися для вимірювання змін у складі озонового шару, виявлення озонових дірок, що є важливим для оцінки впливу таких змін на клімат і здоров'я людей.

Окрім того, радіочастотне зондування є незамінним інструментом для проведення моніторингу атмосфери на великих відстанях, що дозволяє здійснювати спостереження навіть у випадках, коли традиційні методи, такі як оптичні спостереження, не можуть забезпечити необхідну точність або доступність даних. Однією з головних переваг радіочастотного зондування є його здатність працювати в умовах хмарності, дощу, пилових бур або інших атмосферних перешкод, що значно обмежують ефективність використання оптичних або інфрачервоних датчиків. Це особливо важливо для спостереження за атмосферними явищами в тропічних зонах, де часті хмарні покриви можуть заважати прямому спостереженню з космосу.

Завдяки здатності проникати через хмари, радіочастотне зондування дозволяє отримувати дані про температуру, вологість, тиск та інші важливі параметри атмосфери на різних висотах, створюючи повну картину розподілу цих величин у вертикальному профілі атмосфери. Це є критично важливим для прогнозування погодних умов, таких як шторми, урагани, снігопади, які можуть мати значний вплив на земні регіони. Зокрема, вивчення температури та вологості на різних висотах допомагає передбачити утворення хмар, які можуть привести до дощів або снігопадів, а також сприяти формуванню сильних атмосферних фронтів, що часто є причиною погодних катастроф.

Висновки до розділу 1

1. Історія становлення міжнародної системи метеорологічних супутників — це не лише історія технічного вдосконалення, а й свідчення глибоких змін у способі пізнання навколишнього світу. Вона вказує на те, як новітні технології здатні перебудовувати методологічні основи науки, змінювати освітні парадигми, розширювати горизонти людського розуміння планетарних процесів. І саме тому вивчення цієї теми є надзвичайно важливим не лише для фахівців, а й для кожного, хто прагне формувати об'єктивне, науково обґрунтоване бачення світу.

2. Кожен тип супутника має свої особливості та переваги, і їх взаємодія дозволяє створювати більш точні прогнози та наукові моделі. Полярно-орбітальні супутники можуть здійснювати детальніші дослідження на глобальному рівні, зокрема в областях, що перебувають поза зоною покриття геостаціонарних супутників. Завдяки цьому комбіноване використання обох типів супутників дає змогу забезпечити більш точне та всебічне спостереження за змінами в атмосфері та на земній поверхні.

3. Фізичні принципи дистанційного зондування Землі з космосу базуються на складному поєднанні явищ електромагнітного випромінювання і взаємодії з різними компонентами Землі. Ці принципи лежать в основі численних супутникових технологій, які дозволяють отримувати надзвичайно важливу інформацію для досліджень атмосфери, кліматичних змін, екологічних проблем і багатьох інших аспектів. Дистанційне зондування дає змогу науковцям отримувати дані з високою точністю в режимі реального часу, що дозволяє своєчасно реагувати на зміни та прогнози нашої планети.

РОЗДІЛ 2. МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ ПОГОДИ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ГЕОГРАФІЇ ТА ПОЗАШКІЛЬНІЙ РОБОТІ З УЧНЯМИ

2.1. Застосування супутникових даних у вивченні шкільної географії

У сучасній географічній освіті дедалі більшого значення набувають новітні інформаційно-комунікаційні технології, серед яких особливу роль відіграє використання супутникових даних. Цей напрямок навчання стає невіддільною частиною формування цілісної географічної картини світу в учнів, дозволяє осмислювати складні природні явища в контексті просторових і часових закономірностей, а також сприяє розвитку критичного мислення, дослідницьких навичок і глибшого розуміння глобальних процесів. У зв'язку з розвитком космічних технологій та поширенням дистанційного зондування Землі, вчителі географії отримали унікальний інструмент, який здатен не лише оживити уроки, а й відкрити перед учнями нові горизонти наукового пізнання.

Використання супутникових знімків на уроках географії дозволяє формувати просторову уяву про об'єкти та явища, які не завжди можна побачити безпосередньо. Вони надають змогу аналізувати динаміку погодних систем, вивчати розташування географічних об'єктів, розпізнавати сезонні зміни ландшафту, моніторити антропогенний вплив на довкілля, порівнювати географічні зони світу в реальному часі. Таке навчання стає не лише візуально насиченим, а й науково точним, адже базується на реальних даних, отриманих у ході космічних місій.

Однією з найважливіших переваг використання супутникових матеріалів є можливість демонструвати просторово-часову змінність природних процесів, що важко або неможливо відобразити за допомогою традиційних підручників чи статичних карт. Наприклад, учні можуть на власні очі спостерігати сезонне танення льодовиків, поширення пилових бур у Сахарі, зміну рослинного покриву на великих територіях, масштабні пожежі в Австралії чи лісах Амазонії. Це дозволяє зробити висновки про

зміни клімату, діяльність людини та екологічну ситуацію в різних регіонах планети, що, своєю чергою, формує у школярів екологічну свідомість і відчуття особистої відповідальності за стан довкілля.

Супутникові дані відкривають нові горизонти для трансформації традиційного навчального процесу в інтегрований, дослідницько-орієнтований освітній простір, що забезпечує активне занурення учнів у складні геосистемні процеси та розвиток компетентностей XXI століття. Їх використання на різних етапах освітньої діяльності — від пояснення нового матеріалу до закріплення, практичної роботи, дослідницької діяльності, створення учнівських проєктів, проведення географічних квестів, інтегрованих міжпредметних занять і навіть підготовки контрольних та узагальнюючих робіт — дає змогу виводити вивчення географії за межі підручника й класної кімнати, забезпечуючи доступ до динамічної, актуальної та науково достовірної інформації (Таб. 2.1.)

Таблиця 2.1

Застосування супутникового моніторингу на уроках географії

Клас	Розділ	Тема	Застосування супутникового моніторингу
6 клас «Загальна географія»	Розділ 1. Оболонки Землі	Тема 2. Атмосфера	Спостереження за рухом хмарних мас для вивчення погоди та прогнозування опадів. Візуалізація атмосферних явищ (наприклад, пилові бурі, циклони та антициклони). Визначення температурних аномалій на поверхні Землі
		Тема 3. Гідросфера	Моніторинг рівня води у річках та озерах, відстеження танення льодовиків,

			аналіз повеней та засух, вивчення розподілу водних об'єктів на поверхні Землі
7 клас « Материки та океани»	Розділ 2. Головні закономірності формування природи материків та океанів	Тема 2. Клімат	Аналіз розподілу температур та опадів у різних регіонах світу. Моніторинг кліматичних зон та їхніх меж. Відстеження екстремальних погодних явищ (урагани, циклони, снігопади) та їхніх траєкторій. Візуалізація наслідків зміни клімату (наприклад, опустелювання, танення льодовиків).
		Тема 3. Природні комплекси Землі	Визначення меж природних зон, моніторинг змін рослинного покриву (наприклад, лісових пожеж, вирубок лісу), аналіз впливу діяльності людини на навколишнє середовище (урбанізація, сільськогосподарські угіддя).
8 клас « Україна у світі: природа, населення»	Розділ 3. Природні умови і ресурси України	Тема 2. Клімат і кліматичні ресурси	Аналіз розподілу температур та опадів на території України. Моніторинг кліматичних зон та їхніх змін. Відстеження екстремальних

			погодних явищ (посухи, повені, буревії) та їхніх наслідків.
		Тема 3. Води суходолу і водні ресурси	Оцінка розподілу водних об'єктів (річки, озера, водосховища) на території України. Моніторинг рівня води у річках та озерах. Аналіз забруднення водних об'єктів.
		Тема 4. Рослинність	Визначення меж природних зон на території України. Моніторинг змін рослинного покриву (лісові пожежі, вирубки лісу). Оцінка стану лісів та степів.
11 клас «Географічний простір Землі»	Розділ II. Загальні закономірності географічної оболонки Землі	Тема 4. Атмосфера та системи Землі	лобальний моніторинг кліматичних параметрів (температура повітря, атмосферний тиск, розподіл опадів). Відстеження динаміки атмосферних процесів (циклони, антициклони, атмосферні фронти) на глобальному та регіональному рівнях. Аналіз вмісту парникових газів та аерозолів у атмосфері. Вивчення поширення

			забруднюючих речовин на великі відстані.
		Тема 5. Гідросфера та системи Землі	Глобальний моніторинг рівня світового океану, відстеження танення льодовиків та полярних шапок. Аналіз океанічних течій та їх впливу на клімат. Моніторинг стану водних екосистем (цвітіння водоростей, забруднення). Вивчення змін у розподілі прісних водних ресурсів на планеті.

Наприклад, учні можуть завантажити актуальні зображення з платформ NASA Worldview, Zoom Earth, відстежити рух циклонів та антициклонів, простежити зміну напрямків вітру, виявити області фронтальних розмежувань, порівняти температурні градієнти між тропічними, помірними та полярними широтами [23, с. 62]. Такі дії не лише сприяють глибшому розумінню теоретичних понять, а й розвивають критичне мислення, вміння інтерпретувати графічну інформацію, працювати з масштабом, кольоровою гамою та метаданими супутникових знімків.

У дослідницькій діяльності супутникові дані стають основою для повноцінної проєктної роботи. Учні можуть самостійно обрати географічний об'єкт або явище, сформулювати дослідницьке запитання, побудувати гіпотезу, зібрати супутникові знімки за допомогою ресурсів Copernicus, Sentinel Hub EO Browser, Google Earth Engine, провести обробку в програмному середовищі (наприклад, QGIS або ArcGIS), здійснити аналіз динаміки явищ у часі та просторі, побудувати графіки, діаграми, теплові

карти, написати науково-популярний звіт або зробити презентацію. Таким чином, супутникові зображення не є лише ілюстрацією — вони стають повноцінним інструментом дослідження, що наближає шкільну географію до академічної та прикладної науки.

Крім того, супутникові знімки активно використовуються для створення інтерактивних картографічних ресурсів, геоінформаційних систем (ГІС), що формують у школярів компетенції просторової грамотності — одного з основних елементів цифрової грамотності в сучасному світі. Уміння інтерпретувати супутникове зображення, читати топографічні ознаки, аналізувати кольорову палітру (NDVI-індекси, вологість ґрунтів, аерозольні шлейфи, температурні карти), визначати координати, будувати просторові зв'язки — це навички, які мають практичну цінність у майбутній професійній діяльності, зокрема в екології, агрономії, логістиці, урбаністиці, нафтогазовій галузі, оборонній сфері тощо.

На етапі закріплення вивченого матеріалу або підготовки до тематичного оцінювання супутникові знімки можуть використовуватись як основа для географічного аналізу та формулювання висновків. Наприклад, учням можна запропонувати зображення конкретного регіону з супутника до і після повені, посухи чи пожежі, з проханням описати динаміку змін, ідентифікувати джерела загроз, визначити наслідки для природи та людської діяльності. Подібні завдання сприяють розвитку критичного мислення, аналітичних здібностей, формуванню громадянської позиції.

Завдяки цьому супутникові знімки у шкільному курсі географії стають не лише засобом ілюстрації, а джерелом знання, дослідження та творчого пошуку. Вони формують у школярів глобальну екологічну свідомість, поглиблюють розуміння природних закономірностей, сприяють розвитку наукового стилю мислення й навичок міждисциплінарного аналізу, що повністю відповідає засадам компетентнісного підходу в освіті та концепції Нової української школи.

Інтеграції супутникового моніторингу в освітній процес повинна приділятися саме практичному виміру навчання. В умовах стрімкого розвитку цифрових технологій учні отримують унікальну можливість працювати безпосередньо з автентичними супутниковими даними за допомогою таких доступних онлайн-платформ, як NASA Worldview, EUMETSAT, Meteoblue, Zoom Earth, Google Earth та інших.

Залучення до роботи з подібними системами відкриває шлях до формування навичок аналітичного мислення, інтерпретації просторових зображень, аналізу динаміки змін, просторового порівняння, виявлення тенденцій у природних процесах, що відбуваються на локальному, регіональному й глобальному рівнях.

Користування супутниковими ресурсами у навчальному процесі дозволяє учням безпосередньо зануритися у світ геоінформаційних технологій — одного з ключових напрямів сучасної науки. Оволодіння навичками роботи з географічними інформаційними системами (ГІС) відкриває перед школярами широкі горизонти для подальшої професійної орієнтації в галузях метеорології, екології, геології, картографії, урбаністики, аграрних наук, військової справи та багатьох інших. Це є вагомим внеском у формування функціональної грамотності учнів, а також їхньої готовності до життя у високотехнологічному інформаційному суспільстві.

Надзвичайно важливою є також міждисциплінарна інтеграція, яку забезпечує робота з супутниковими даними. На уроках географії такі види діяльності природно поєднуються з темами інформатики, оскільки передбачають обробку, візуалізацію та інтерпретацію цифрової інформації, використання онлайн-картографічних сервісів, модулів візуалізації, аналітичних панелей [16, с. 101].

Біологічний контекст стає актуальним при дослідженні екологічних умов, стану лісів, рослинності, деградації ґрунтів, зменшення біорізноманіття. Фізика надає знання про електромагнітне випромінювання, оптичні властивості атмосфери та земної поверхні, принципи зондування.

Математика — це ключ до розуміння кількісних характеристик, обробки статистичних даних, створення графіків, виявлення закономірностей, просторових трендів.

Такий міждисциплінарний підхід відповідає цілям Нової української школи, зокрема формуванню в учнів ключових компетентностей, розвитку критичного мислення, здатності до самостійного здобуття знань, навичок дослідницької діяльності, роботи з великими обсягами інформації. У результаті використання супутникових даних у шкільному курсі географії не лише підвищує інтерес учнів до предмета, а й сприяє створенню сучасного, гнучкого, технологічно насиченого освітнього середовища, у якому навчання стає не лише змістовним, а й захопливим і прикладним за своєю суттю.

Також не можна не відзначити потенціал застосування супутникових даних у позакласній діяльності. Географічні гуртки, екологічні проєкти, конкурси, учнівські наукові роботи, олімпіади та STEM-ініціативи — всі ці форми роботи можуть базуватись на аналізі космічної інформації. Учні можуть досліджувати зміни кліматичних умов у своєму регіоні, вивчати забруднення водойм, відслідковувати хід сільськогосподарських робіт за сезонними змінами кольору полів на супутникових знімках, а також створювати власні цифрові карти, проводити порівняльні дослідження між регіонами України чи навіть між континентами. Це стимулює їхню наукову активність, розвиває аналітичне мислення та вміння працювати з великими масивами даних.

Нарешті, ще один важливий аспект — це мотивація до навчання. Учні, які бачать актуальність і практичну значущість навчального матеріалу, проявляють більший інтерес до вивчення географії. Вони починають сприймати цей предмет не як набір фактів, а як інструмент для дослідження реального світу. Уроки стають динамічними, пов'язаними з подіями сьогодення, із залученням передових технологій, що відповідає запитам покоління цифрової епохи.

Таким чином, супутникові технології мають величезний потенціал у шкільному курсі географії. Їх використання не тільки збагачує навчання змістом і формами, а й сприяє формуванню наукового світогляду, екологічної відповідальності, міждисциплінарних зв'язків та навичок, необхідних у ХХІ столітті. Це надзвичайно перспективний напрямок, який дозволяє поєднати традиційну шкільну освіту з передовими досягненнями науки та техніки.

2.2. Застосування супутникових даних у позашкільній роботі

Позашкільна робота з учнями — це простір для реалізації творчого, наукового й пізнавального потенціалу дітей, де немає жорстких меж навчальних програм і часових рамок, а тому саме тут супутниковий моніторинг погоди та природних явищ може бути особливо ефективним, сучасним і захопливим інструментом розвитку. Залучення супутникових даних у гуртковій, проєктній, конкурсній, польовій та дослідницькій діяльності дає можливість школярам не просто вивчати географію, екологію чи природознавство, а занурюватися в реальні дослідницькі завдання, аналізувати ситуації, які відбуваються у світі просто зараз, і розв'язувати проблеми, що мають практичне значення як на локальному, так і на глобальному рівні .

Один з найефективніших напрямів використання супутникових даних у позашкільній діяльності — це створення міждисциплінарних проєктів, які об'єднують знання з географії, біології, екології, інформатики, математики та навіть соціології. Такі проєкти стають не лише інструментом глибшого пізнання довкілля, а й потужною формою дослідницької, творчої й громадянської активності учнів. Залучення до аналітичної діяльності на основі реальних супутникових даних дає змогу школярам отримувати навички роботи з сучасними інструментами просторового аналізу, а також формує науковий світогляд і системне мислення.

Завдяки відкритим супутниковим платформам (таким як Copernicus Open Access Hub, Sentinel Hub EO Browser, NASA EarthData, Google Earth Engine) учні можуть самостійно обирати тему дослідження, формувати гіпотези, збирати й аналізувати супутникові знімки в динаміці, робити порівняння за роками чи сезонами. Наприклад, проєкт, присвячений знищення лісів у Карпатах, може включати пошук та обробку зображень за останні 10 років, аналіз площі лісових масивів, визначення причин вирубки, оцінку наслідків для місцевої екосистеми, а також вироблення пропозицій щодо збереження природного середовища.

Інший приклад — дослідження зменшення площі водного дзеркала озер і лиманів Півдня України. За допомогою супутникових знімків учні можуть спостерігати динаміку висихання водойм, обчислювати зменшення площі, оцінювати антропогенні та кліматичні чинники, що впливають на водні ресурси. Такі проєкти можна доповнити даними з відкритих екологічних моніторингів, польовими спостереженнями або результатами інтерв'ю з місцевими мешканцями.

Актуальною темою є й розширення меж міських агломерацій, зокрема на прикладі великих міст — Києва, Львова, Харкова, Одеси, Дніпра. Учні можуть дослідити, як змінювалася площа забудови за 10–15 років, якими є темпи урбанізації, як це впливає на довкілля (зменшення зелених зон, підвищення температури, посилення ефекту «міського острова тепла»). Для вивчення цього явища використовуються не лише оптичні супутникові знімки, а й температурні карти, створені на базі теплового інфрачервоного діапазону, що дає змогу виявляти ділянки з підвищеним рівнем теплового навантаження [21, с. 76].

Ще один перспективний напрям — аналіз кліматичних змін на локальному рівні, зокрема спостереження за зміною температури повітря залежно від пори року. Учні можуть створювати власні температурні діаграми на основі супутникових даних, порівнювати показники для різних регіонів України, оцінювати зрушення в початку сезонів, частоті

екстремальних погодних явищ, виявляти загальні тенденції. У рамках таких досліджень школярі можуть формувати рекомендації щодо адаптації до кліматичних змін, вивчати вразливість місцевих екосистем та сільського господарства до посух або паводків.

Виконання подібних міждисциплінарних проєктів сприяє розвитку навичок роботи з великими обсягами даних, що є особливо цінним у сучасному світі. Учні навчаються шукати інформацію в авторитетних джерелах, проводити просторово-часовий аналіз, обробляти зображення, створювати аналітичні графіки, діаграми, інфографіку, писати науково-популярні статті чи звіти, оформлювати результати у вигляді презентацій або постерів для участі у наукових конкурсах, шкільних конференціях, виставках технічної творчості.

Окрім цього, така робота має великий виховний і соціальний потенціал. Вона навчає відповідальності за природу, прищеплює інтерес до наукового пізнання, розвиває вміння працювати в команді, формує в учнів почуття власної причетності до вирішення важливих екологічних і суспільних проблем [12]. Багато з подібних проєктів можуть бути спрямовані не лише на пізнання, а й на практичне застосування — наприклад, результати супутникового моніторингу можна передавати місцевим громадам, екоактивістам, управлінським структурам як доказову базу для ухвалення рішень щодо охорони довкілля.

Супутниковий моніторинг надає можливість проводити польові мініекспедиції з елементами спостереження, коли учні, попередньо вивчивши супутникові знімки певної місцевості, виїжджають на локацію, щоб перевірити свої гіпотези, зробити фотофіксацію, взяти проби ґрунту, води чи рослинності, порівняти ситуацію з тими даними, що були отримані дистанційно. Це поєднання технологій і практики формує у школярів глибше розуміння довкілля, навчає проводити наукові дослідження від гіпотези до польової перевірки та підбиття підсумків.

Окрему увагу заслуговує підготовка учнів до участі у всеукраїнських і міжнародних конкурсах. Такі ініціативи, як Мала академія наук, Intel ISEF, Google Science Fair, заохочують учнів використовувати відкриті супутникові дані для дослідження конкретних проблем людства. Участь у подібних заходах розвиває лідерські якості, креативність, логічне мислення, вміння презентувати результати, працювати з сучасними платформами та програмами для візуалізації інформації (наприклад, QGIS, Google Earth Engine, ArcGIS Online, тощо).

У гуртках географічного або природничого спрямування учні мають чудову нагоду ознайомитися з одним із найперспективніших напрямів сучасної науки — геоінформаційними системами і технологіями (ГІС), які є основою цифрової картографії, екологічного моніторингу, урбаністичного планування, логістики, аграрного менеджменту та багатьох інших галузей. Опанування таких знань відбувається у привабливій для учнів формі — через створення власних тематичних цифрових карт, аналіз супутникових знімків, інтеграцію локальних спостережень із глобальними даними [18, с. 87]. Це дає змогу не лише закріплювати шкільний матеріал, але й розвивати дослідницьке мислення, просторову уяву, аналітичні навички та вміння працювати з сучасними цифровими інструментами.

Учасники гуртків можуть самостійно досліджувати природні або соціальні явища на базі супутникових даних. Наприклад, вони можуть створювати карти розташування стихійних сміттєзвалищ, визначати зони підтоплення після паводків, відстежувати сезонні зміни у стані зелених насаджень, порівнювати температурні показники для різних районів, вивчати динаміку сільськогосподарських угідь, виявляти території, де відбувається ерозія ґрунтів або зменшення біорізноманіття.

Особливо цікавим і продуктивним є застосування доступних сервісів для візуалізації просторових даних, зокрема таких, як Google My Maps, ArcGIS Online, QGIS, OpenStreetMap, Google Earth Engine. Завдяки цим ресурсам школярі навчаються працювати з картографічними шарами,

накладати дані з різних джерел, обирати типи проєкцій, проводити базову геостатистику, будувати профілі рельєфу, визначати відстані, площі, просторові зв'язки. Вони також можуть створювати інтерактивні карти з елементами анімації, гіперпосиланнями, фотографіями й коментарями, що дає змогу презентувати результати своїх досліджень у сучасному мультимедійному форматі.

Подібна діяльність сприяє не лише розвитку цифрової грамотності, яка є ключовою компетентністю у XXI столітті, а й формуванню активної громадянської позиції. Учні починають сприймати довкілля як простір, за стан якого вони можуть відповідати — не лише через особисту поведінку, а й через аналітичне осмислення проблем, інформування громади, участь у суспільно значущих ініціативах.

Крім того, робота з ГІС-технологіями розвиває міжпредметні зв'язки. Вивчення картографії й аналізу просторових даних об'єднує знання з географії, інформатики, математики, фізики, біології, екології, а також навички роботи з мовними ресурсами (підготовка описів, презентацій, аналітичних доповідей).

Важливою перевагою є й те, що робота з ГІС не потребує складного обладнання. Багато сучасних онлайн-платформ є безкоштовними або надають освітній доступ, а тому навіть базового персонального комп'ютера з доступом до інтернету достатньо, щоб здійснювати повноцінні дослідження. Це робить такі заняття доступними практично для будь-якого навчального закладу, незалежно від його матеріального забезпечення.

Участь у міжнародних програмах моніторингу навколишнього середовища, таких як GLOBE (The Global Learning and Observations to Benefit the Environment), дозволяє школярам співпрацювати з ровесниками з інших країн, вести спільні спостереження, ділитися результатами досліджень, брати участь у вебінарах з науковцями NASA чи ESA. Це відкриває перед ними нові горизонти пізнання, формує глобальне мислення, толерантність,

зацікавленість у сталому розвитку та зміцнює віру в те, що навіть школяр може долучитися до вирішення планетарних проблем [1].

Залучення учнів до супутникового моніторингу також є чудовим засобом профорієнтації. Учні, які працюють із такими складними технологіями, як дистанційне зондування Землі, ГІС, аналіз кліматичних трендів, можуть зацікавитися спеціальностями, пов'язаними з геоінформатикою, метеорологією, екологією, ІТ, географією, картографією, урбаністикою, аграрними науками, охороною довкілля.

Таким чином, супутникові технології в позашкільній роботі з учнями — це не лише спосіб урізноманітнити навчальний процес, а й потужний інструмент формування наукового світогляду, технологічної грамотності, екологічної свідомості та готовності до активної участі в житті суспільства й вирішенні актуальних проблем людства. Вони поєднують дослідження, інновації, практику та громадянську участь, роблячи процес навчання глибоко змістовним і водночас надзвичайно захопливим для сучасного покоління.

Висновки до розділу 2

1. Застосування супутникових даних у викладанні шкільної географії є потужним інструментом для модернізації освітнього процесу, що відповідає вимогам сучасності та концепції Нової української школи. Інтеграція новітніх інформаційно-комунікаційних технологій, зокрема дистанційного зондування Землі, суттєво збагачує зміст і методи вивчення географії, трансформуючи її зі статичної дисципліни на динамічну, дослідницько-орієнтовану галузь знань.

2. Супутниковий моніторинг надає унікальну можливість для формування просторової уяви, візуалізації та аналізу складних природних і антропогенних явищ у реальному часі. Це дозволяє учням спостерігати за

динамікою кліматичних змін, екологічними процесами, наслідками стихійних лих та антропогенного впливу, що сприяє розвитку критичного мислення, аналітичних здібностей та екологічної свідомості.

3. Міжпредметна інтеграція, яку забезпечує робота з супутниковими даними, посилює цілісність освітнього процесу, поєднуючи географію з інформатикою, біологією, фізикою та математикою. Це сприяє розвитку ключових компетентностей, здатності до самостійного здобуття знань та формуванню функціональної грамотності учнів. Застосування супутникового моніторингу не лише підвищує інтерес до предмета, а й мотивує учнів до навчання, роблячи його захопливим, актуальним та прикладним.

4. Позашкільна робота з учнями, що передбачає активне використання супутникових даних та геоінформаційних технологій, є надзвичайно ефективним інструментом для розкриття творчого, наукового та пізнавального потенціалу школярів. Вона створює унікальний простір для занурення в реальні дослідницькі завдання, дозволяючи учням аналізувати актуальні природні та антропогенні процеси на локальному й глобальному рівнях.

5. Інтеграція супутникового моніторингу в позашкільну діяльність, зокрема в гурткову, проєктну, конкурсну та польову роботу, сприяє формуванню міждисциплінарних зв'язків між географією, біологією, екологією, інформатикою, математикою. Реалізація таких проєктів, наприклад, як дослідження динаміки водних об'єктів або розширення міських агломерацій, а також аналіз кліматичних змін на локальному рівні, забезпечує розвиток навичок роботи з великими обсягами даних. Учні навчаються проводити просторово-часовий аналіз, обробляти зображення, створювати аналітичні графіки, діаграми та інфографіку, а також презентувати результати своїх досліджень у науково-популярному форматі.

РОЗДІЛ 3. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ ПОГОДИ У ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ГЕОГРАФІЇ ТА ПОЗАШКІЛЬНІЙ РОБОТІ З УЧНЯМИ

3.1. План-конспект уроку із застосуванням супутникових даних

Використання супутникового моніторингу в освітньому процесі з географії надає змогу вивести урок за межі традиційної дидактичної моделі «викладення — запам'ятовування — відтворення». Він трансформує навчальний процес у динамічну наукову лабораторію, де кожен учень виступає як дослідник, який не лише споживає знання, а й активно їх продукує на основі аналізу реальних, актуальних і просторово орієнтованих даних. Запровадження супутникових даних у структуру уроку сприяє формуванню таких наскрізних умінь, як критичне мислення, робота з інформаційно-комунікаційними технологіями, вміння приймати рішення в умовах невизначеності, розв'язання проблемних ситуацій та інтеграція знань з різних галузей.

Пропонований урок має на меті поглибити знання учнів про атмосферні явища та погодні процеси на основі аналізу супутникових метеознімків, здобутих із відкритих міжнародних платформ (NASA Worldview, Zoom Earth, Meteoblue, Windy), а також сформувати практичні навички роботи з картографічними сервісами та геоінформаційними системами. Урок ґрунтується на використанні реальних, актуальних супутникових даних як основи для критичного осмислення процесів, що відбуваються в атмосфері, та забезпечує пряме поєднання теоретичних знань з практичними інструментами сучасної метеорології та геоінформатики. Нижче наведений приклад плану-конспекту уроку з використанням онлайн сайту Zoom Earth для учнів 8 класу.

Тема уроку: *Кліматичні показники: температура, вологість повітря, опади, коефіцієнт зволоження та їх розподіл на території України. Річний та сезонний хід кліматичних показників. Кліматична карта[10].*

Мета: *навчальна:* сформувати знання про основні кліматичні показники (температура, вологість повітря, опади, коефіцієнт зволоження) та фактори, що впливають на їх формування; розкрити особливості розподілу кліматичних показників на території України; проаналізувати річний та сезонний хід кліматичних показників; навчити учнів читати та аналізувати кліматичні карти та закріпити навички роботи з географічними картами та атласами; ознайомити з використанням супутникового моніторингу для вивчення клімату;

розвиваюча: розвивати логічне мислення, вміння аналізувати інформацію та робити висновки; формувати просторове мислення через роботу з кліматичними картами; розвивати навички роботи з різними джерелами географічної інформації, включаючи супутникові дані;

виховна: виховувати розуміння важливості географічних знань для повсякденного життя, виховувати інтерес та любов до свого краю, формувати цілісне бачення світу і бережливе ставлення до природи, національну свідомість і патріотичні почуття.

Обладнання: підручник, фізична карта України, комп'ютер, інтерактивна дошка, схеми зображень циклонів та антициклонів, зошит.

Тип уроку: комбінований (формування нових знань та закріплення).

Очікувальні результати: учні не лише засвоюють теоретичні положення, а й навчаються користуватися сучасними онлайн-ресурсами та сервісами супутникового моніторингу.

Хід уроку

I.ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ МОМЕНТ

Привітання, перевірка присутності учнів та їх готовності до уроку.
Створення позитивного настрою.

II.АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ

Використовуємо прийом «Мозковий шторм»

1. Що таке клімат?
2. Що таке погода?
3. Які основні елементи погоди?
4. Що таке атмосферний тиск? Як він вимірюється?
5. Від чого залежить зміна атмосферного тиску?
6. Пригадайте, які повітряні маси впливають на територію України?
7. Яку роль відіграє географічна широта у формуванні клімату України?
8. Як впливає циркуляція атмосфери на переважаючі типи повітряних мас над Україною?
9. Який вплив мають підстилаюча поверхня та рельєф на кліматичні умови України?

Учні відповідають по черзі свої варіанти відповідей.

ІІІ. МОТИВАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Ми вже знаємо, що клімат України формується під впливом багатьох чинників. Але як саме ми можемо виміряти та описати цей клімат? Якими показниками ми користуємося? У повсякденному житті ми часто чуємо про температуру повітря, опади, вологість. Сьогодні ми детально вивчимо про "числові" характеристики клімату, дізнаємося, як вони розподіляються по території України, і як сучасні технології, зокрема супутниковий моніторинг, допомагають нам у цьому.

Демонстрація короткого відеофрагменту із супутникового моніторингу, наприклад зміни температури повітря (анімацію з сайту Zoom Earth) (Рис. 3.1). *Після перегляду учні висловлюють власні думки щодо зміни температури повітря, і які чиники на це вплинули.*

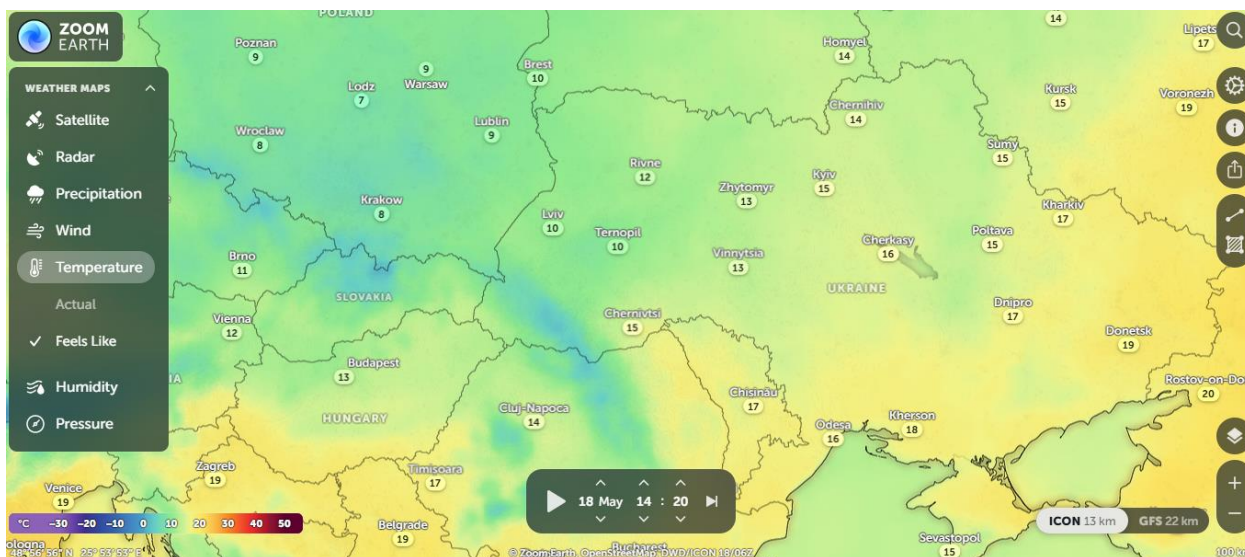


Рис. 3.1 Вигляд онлайн сайту Zoom Earth[35]

IV. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

Основні кліматичні показники: температура, вологість, опади, коефіцієнт зволоження

Ми вже знаємо, що клімат – це багаторічний режим погоди. Але як ми можемо виміряти його? Якими "одиницями" ми користуємося, щоб описати, наскільки тепло, сухо чи волого?

Перший і, мабуть, найочевидніший показник – це **температура повітря**. Але ми не просто говоримо про температуру в один конкретний день, а про **середні багаторічні температури** – середні показники за багато років.

Середні температури січня та липня: подивіться, будь ласка, на **кліматичну карту України** у ваших атласах . Знайдіть **ізотерми** – це лінії, що з'єднують точки з однаковою температурою. Зверніть увагу на ізотерми **січня** (це зазвичай сині або блакитні лінії) та **липня** (червоні або рожеві). Що ви помітили, дивлячись на січневі ізотерми? Як вони змінюються з півночі на південь або із заходу на схід? *Учні шукають, думають і відповідають.*

Температура січня зазвичай зростає з північного сходу на південний захід. Чому так відбувається? *(Обговорити вплив континентальності,*

сонячної радіації). Липневі ізотерми –температури зростають з півночі на південь. Чому так?(Обговорити кут падіння сонячних променів).

Різниця між найвищою і найнижчою середньою температурою називається амплітудою температур. Чим більша амплітуда, тим більш континентальний клімат. Температура не стоїть на місці, вона постійно змінюється протягом року. Графік температури протягом року: він матиме свої "піки" і "спади". Це і є річний та сезонний хід – закономірні зміни температури протягом року та окремих сезонів. (Навести приклад: «У нас найхолодніший місяць – січень, найтепліший – липень. У тропіках такої чіткої різниці не буде»)

Вологість повітря –кількість водяної пари в атмосфері. Ми розрізняємо **абсолютну вологість** (скільки грамів водяної пари міститься в 1 кубічному метрі повітря) та **відносну вологість** (це відсоткове відношення фактичної кількості водяної пари до максимально можливої за даної температури). Яка з них, на вашу думку, важливіша для відчуття комфорту?"

Точка роси – Це коли повітря охолоджується до температури, при якій водяна пара починає конденсуватися .

Ще один ключовий показник – **опад**. Це вода, що випадає з атмосфери на земну поверхню.*Назвіть, які види опадів ви знаєте.* (Дощ, сніг, град, роса, іній, туман). Кількість опадів вимірюється в міліметрах (мм) або літрах на квадратний метр (л/м²). 1 мм опадів на 1 м² – це 1 літр води.

Закономірності розподілу по Україні: знову подивіться на вашу кліматичну карту. Знайдіть **ізогієти** – лінії, що з'єднують точки з однаковою кількістю опадів. *Що ви помітили щодо розподілу опадів в Україні?* Ми бачимо, що найбільше опадів випадає на заході, особливо в Карпатах, та на півночі. А найменше – на півдні та південному сході. Чому так? (*Обговорити вплив рельєфу, циркуляції повітряних мас*).

Поняття **випаровування** (перехід води з рідкого стану в газоподібний) та **випаровуваність** (максимально можливе випаровування при даних

температурних умовах та необмеженому запасі вологи). *«Чи однаково вода випаровується влітку і взимку? А на сухому полі і на болоті?»*

Коефіцієнт зволоження – це відношення **кількості опадів до випаровуваності**. Якщо випадає багато опадів, але і випаровується багато (бо дуже спекотно), то земля все одно може бути сухою.

Якщо коефіцієнт зволоження **більше 1** – це **надмірне зволоження** (характерно для Полісся). Чого там багато? (Болота, густі ліси). Якщо він **близький до 1** (0,8-1,2) – це **достатнє зволоження** (лісостеп). Що там росте? (Ліси чергуються зі степами). Якщо він **менше 1** (0,3-0,6) – це **недостатнє зволоження** (степ). Чого там мало? (Дерев, багато посух).

Завдання.

За допомогою онлайн моніторингу з сайту Zoom Earth:

1. визначити середню температуру повітря за тиждень у своєму місті;
2. визначити у який день місяця було найбільше опадів;
3. визначити найвологіший день і найсухіший.

V. ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ

Прийом «Бліцопитування»

1. Що таке опади? Назвіть 2-3 види опадів, які ви знаєте.
2. Який місяць є найхолоднішим, а який – найтеплішим в Україні (в середньому)?
3. Що показує коефіцієнт зволоження? Як він допомагає зрозуміти, чи вистачає вологи на певній території?
4. Чому знання про вологість повітря важливі для людини?
5. Які лінії на кліматичній карті показують місця з однаковою середньою температурою, а які – з однаковою кількістю опадів?

VI. ПІДСУМОК УРОКУ

Що нового ви дізналися сьогодні на уроці?

Оцінювання активності учнів, коментування відповідей.

VII. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

1.Опрацювати параграф підручника.

2. На контурній карті України **схематично** позначте:

— Напрямок зміни середніх температур січня (стрілкою від найнижчих до найвищих).

— Напрямок зміни середніх температур липня (стрілкою від найнижчих до найвищих).

— Район найбільшої річної кількості опадів (наприклад, заштрихувати).

— Район найменшої річної кількості опадів (наприклад, обвести).

Творче завдання. Протягом 2-3 днів відслідкувати прогноз погоди спробувати визначити:

— Яка температура повітря переважає зараз на Півночі України (наприклад, у Чернігівській області)?

— Яка температура повітря зараз на Півдні України (наприклад, у Херсонській області)?

— Які регіони України зараз отримують опади ?

— Які регіони України є сухими?

— Яка частина України зараз має більшу хмарність?

— Чи є регіони з повністю ясным небом?

Написати коротко висновки щодо кожного дня.

Таким чином, урок географії із застосуванням супутникових даних перетворюється на комплексну освітню подію, що поєднує природничі науки, цифрову грамотність, дослідницькі вміння, екологічну свідомість та елементи академічного письма. Учні навчаються не лише читати мапи та аналізувати погоду, але й розуміти великі геосистемні процеси, мислити в категоріях простору, часу й причинно-наслідкових зв'язків. Це готує їх до

активної участі у глобальному діалозі щодо змін клімату, ризиків стихійних лих, сталого розвитку та використання технологій для захисту довкілля. Саме такий підхід відповідає завданням сучасної школи — виховати покоління, здатне не лише жити у складному світі, а й усвідомлено його змінювати.

3.2. Науково-дослідні проєкти із застосуванням супутникового моніторингу

Залучення супутникових даних у науково-дослідній діяльності школярів відкриває нові горизонти у формуванні критичного мислення, дослідницьких навичок, а також у розвитку міжпредметних зв'язків між географією, біологією, інформатикою, фізикою, хімією та екологією. Використання супутникового моніторингу в межах шкільних проєктів дозволяє не лише осмислити глобальні природні явища, а й здійснити якісний аналіз локальних проблем з опорою на достовірні цифрові джерела, що є відображенням актуальних процесів у природному середовищі. Подібні проєкти значною мірою підвищують мотивацію до навчання, створюють можливість для реалізації індивідуальної освітньої траєкторії учнів, а також відповідають концепції Нової української школи (НУШ) і принципам STEM-освіти [15].

Одним із найперспективніших напрямів є дослідження змін стану довкілля на основі довготривалого аналізу супутникових знімків, що охоплюють часові проміжки у 1-2 років і більше. Зокрема, учні можуть опрацьовувати знімки місцевості, в якій вони проживають, через сервіси NASA Worldview, Sentinel Hub EO Browser, стан атмосфери, порівнюючи площу лісових масивів, зміни у водних екосистемах, динаміку сільськогосподарського освоєння території, розширення міської забудови.

Такий аналіз дозволяє наочно продемонструвати процеси урбанізації, деградації ґрунтів, виснаження водних ресурсів. Учні вчаться самостійно формувати проблемне запитання, будувати гіпотезу, добирати

інструменти обробки даних, здійснювати верифікацію результатів, візуалізувати інформацію у вигляді карт, діаграм, аналітичних презентацій.

Одним із прикладом наукового шкільного проєкту є теми присвячені моніторингу якості повітря в містах, що є надзвичайно актуальним у контексті глобальної екологічної кризи. За допомогою супутникових даних місії Sentinel-5P та її сенсора TROPOMI, учні можуть отримувати щоденні вимірювання концентрації шкідливих речовин — таких як діоксид азоту (NO_2), формальдегід, озон, метан, вуглекислий газ (CO_2) та пилові частинки ($\text{PM}_{2.5}$ і PM_{10}). Отримані дані дають змогу будувати діаграми забруднення, порівнювати показники для різних районів одного міста або між містами, оцінювати динаміку змін у робочі та вихідні дні, у різні пори року або за умов карантину чи воєнного стану [31].

Наведемо приклад наукового проєкту який можна здійснити у школі, за допомогою онлайн сервісу Sentinel Hub EO Browser.

«Супутниковий аналіз повітряного забруднення у центральній частині міста»

Для кого цей проєкт: для учнів 8-10 класів.

Кількість дітей у групах: 3.

Дисципліни, що поєднують: географія, хімія, екологія.

Мета дослідження: проаналізувати рівень забруднення повітря в центральній частині міста за допомогою відкритих супутникових даних, визначити основні джерела забруднення та можливі шляхи покращення екологічної ситуації.

Термін виконання: 1 рік

Географічний аспект: полягає у дослідженні взаємозв'язку напрямоку та швидкості вітру, температури повітря, атмосферного тиску які, впливати на концентрації NO_2 та його розсіювання.

Хімічний аспект: полягає у виявленні основних джерел викидів, центральні частини міст характеризуються високою щільністю забудови, інтенсивним дорожнім рухом.

Екологічний аспект: полягає у впливу NO₂ на здоров'я людини, на стан рослинності та зміну клімату(оксиди азоту є парниковими газами, хоча їхній прямий вплив на потепління менший, ніж у CO₂).

Об'єкт дослідження: стан повітря центральної частини міста.

Методи дослідження:

- аналіз супутникових знімків із платформи Sentinel Hub EO Browser;
- використання відкритих екологічних даних з Sentinel Hub EO Browser;

1.Завдання:

- 1.1. Кожна група має обрати місто (центр) яке хоче досліджувати.
(Бажано вибирати великі міста наприклад Київ, Львів).
- 1.2. Збір даних супутником Sentinel-5P (TROPOMI) – це головний супутник для моніторингу атмосферних газів, включаючи діоксид азоту. Він надає щоденні глобальні дані з високою просторовою роздільною здатністю.
- 1.3. Дані про зміни концентрації , учні мають записати у щоденник спостережень. (Провести порівняльний аналіз концентрацій забруднюючих речовин у будні та вихідні дні).
- 1.4. Дати висновки щодо зміни і атмосфері NO₂.

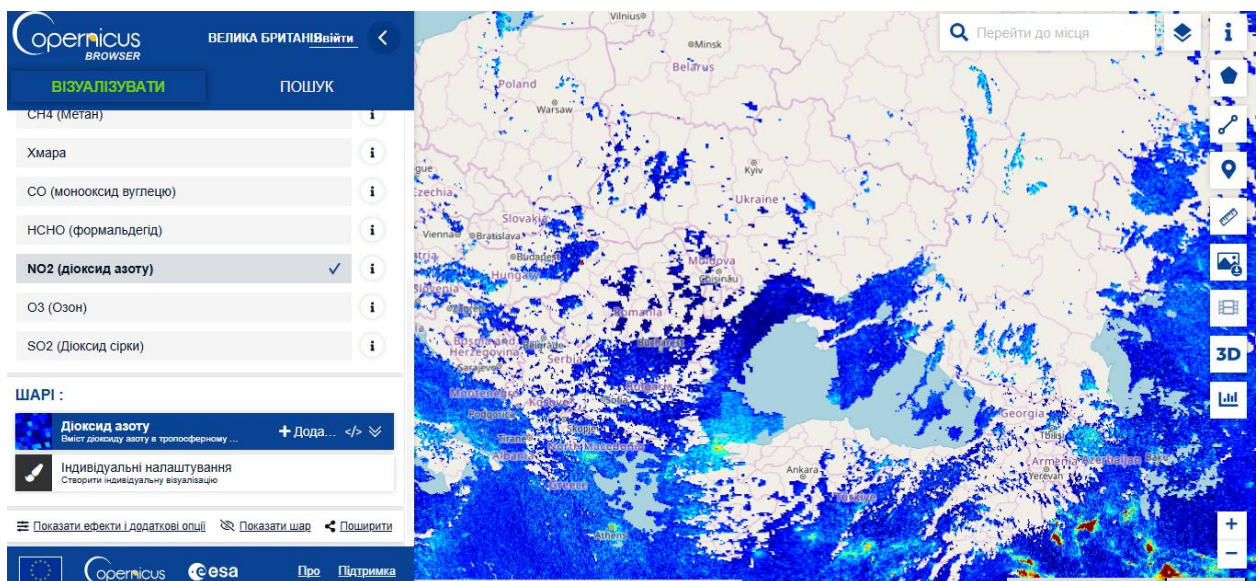


Рис. 3.2. Вигляд онлайн сайту Copernicus EO Browser[31].

2. Хід дослідження:

2.1. Через платформу *Copernicus EO Browser* (Рис. 3.2) ми обрати регіон дослідження та параметр NO₂ з інструменту TROPOMI.

2.2. Обробити дані для 15 днів у кожному місяці (зокрема п'ятницю, суботу й неділю кожного тижня).

2.3. Встановити, що в будні дні концентрація NO₂ була на вища або нища, ніж у вихідні. Вияснити причину.

Очікувані результати:

- *Навички роботи з Sentinel Hub EO Browser:* учні зможуть певнено використовувати платформи для пошуку, візуалізації та завантаження супутникових даних.
- *Розуміння супутникового моніторингу:* усвідомлення принципів, за якими супутники можуть виявляти атмосферні зміни, та їхніх переваг (широке охоплення, регулярність даних).
- *Критичний аналіз даних:* здатність інтерпретувати карти концентрації NO₂, виявляти «гарячі точки» та розуміти вплив зовнішніх факторів (як-от метеорологічні умови) на якість даних.

У рамках дослідницьких проєктів учні можуть встановлювати зв'язок між рівнем забруднення повітря та інтенсивністю дорожнього руху, кількістю зелених насаджень, висотністю забудови, погодними умовами (тиск, вітер, температура). Наприклад, можна дослідити, як впливають температурні інверсії на накопичення забруднювальних речовин у повітрі, які райони міста найменш сприятливі для прогулянок у ранкові години, або визначити оптимальні місця для встановлення нових зелених зон і парків.

Ще одним прикладом наукового роєкту є моніторинг пожежної небезпеки лісових масивів у регіоні. За допомогою вегетаційного індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), що розраховується на основі супутникових знімків, учні можуть оцінити ступінь рослинності, ідентифікувати потенційно вразливі ділянки до займання.

Об'єднуючи супутникові дані з метеоінформацією (температура, вологість, вітер), учасники проєкту можуть розробити карти ризику, зробити прогнози щодо наслідків ймовірних лісових пожеж, а також запропонувати моделі зменшення ризиків у місцевому контексті. Такі напрацювання, у поєднанні з місцевими спостереженнями, можуть лягти в основу звернень до органів місцевого самоврядування з пропозиціями щодо екологічної безпеки та стратегії управління природними ресурсами.

Одержані результати можуть бути візуалізовані у вигляді інтерактивних карт, інфографіки, діаграм, презентацій, постерів. Учні можуть розробити екологічні рекомендації для місцевої влади або шкільної адміністрації, організувати інформаційні кампанії у громадах, створити інформаційні бюлетені, підготувати короткі відеоролики для соціальних мереж чи шкільного медіацентру. Така діяльність є чудовим прикладом поєднання науки (STEM), екологічної освіти, медіаграмотності та громадянської активності.

Проєкти такого типу сприяють не лише розвитку аналітичного мислення та навичок роботи з просторовими даними, а й формують здатність до прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій, планування заходів із безпеки життєдіяльності, гуманітарної допомоги та сталого розвитку. У результаті учні не просто отримують нові знання, а формують ціннісне ставлення до навколишнього середовища, до потреб інших людей, розвивають емпатію, здатність до прийняття рішень у кризових ситуаціях, відповідальність за спільне благо.

Крім цього, проєкти з використанням супутникового моніторингу сприяють інтеграції навчальних предметів — географії, інформатики, фізики, хімії, біології, математики. Учні навчаються працювати з відкритими базами даних, аналізувати великі масиви інформації, розвивати навички цифрової грамотності, критичного мислення, пошукової діяльності. Такі міждисциплінарні підходи дозволяють реалізувати Концепцію Нової

української школи, особливо у напрямку формування ключових компетентностей XXI століття.

Отже, супутникові дані відкривають безпрецедентні можливості для якісної дослідницької роботи учнів, яка базується на реальних фактах, наукових методах та інноваційних технологіях. Подібна діяльність сприяє становленню молоді як активних, відповідальних учасників інформаційного суспільства, здатних до самостійного наукового пошуку, захисту довідки та орієнтації в складних глобальних процесах. Результати учнівських досліджень можуть бути представлені на наукових конференціях, форумах юних географів, конкурсах МАН, а також увійти до цифрових портфоліо учнів як приклад глибокої інтеграції природничої науки та інформаційних технологій.

3.3. Наукові гуртки та заходи із застосуванням супутникового моніторингу

У контексті сучасної освітньої парадигми, яка передбачає інтеграцію цифрових технологій та наукових досліджень у шкільне середовище, наукові гуртки та позашкільні заходи стають важливою платформою для формування в учнів стійкого інтересу до географії, екології, метеорології та суміжних наук. Особливу актуальність у цьому контексті набуває впровадження супутникового моніторингу як змістової та методичної основи науково-дослідної роботи.

Завдяки відкритому доступу до супутникових платформ (Sentinel Hub, NASA Worldview, Meteoblue, Zoom Earth, Google Earth , Geoportal EUMETSAT), учні мають змогу проводити міні-дослідження, орієнтовані на вивчення реальних природних процесів і явищ у динаміці — від кліматичних змін до локальних катастроф природного або техногенного характеру.

Однією з ключових форм реалізації дослідницького потенціалу учнів є тематичні наукові гуртки природничого або географічного спрямування, які

функціонують у межах закладу загальної середньої освіти або на базі позашкільних закладів (станцій юних натуралістів, центрів еколого-натуралістичної творчості, міжшкільних наукових лабораторій).

У таких гуртках учні можуть опановувати базові принципи роботи з геоінформаційними системами (ГІС), супутниковою інтерпретацією знімків, візуалізацією багат шарових карт та створенням геопросторових моделей.[19, с. 126].

Інтелектуальна активність у рамках таких гуртків виходить за межі звичного навчального формату — учні беруть участь у підготовці до науково-практичних конференцій, форумах юних дослідників природи, географічних конкурсах (наприклад, всеукраїнський конкурс МАН у секціях «Кліматологія та метеорологія», «Геоінформатика», «Географія та ландшафтознавство»), захищають власні наукові розвідки, що базуються на аналізі супутникових зображень і цифрових картографічних даних.

Приклад розробки наукового гуртка у школі. Цей гурток допоможе учням глибше зрозуміти принципи супутникового моніторингу, його застосування у повсякденному житті та відкриє шлях до захопливих наукових досліджень.

Навчальний план гуртка

«Супутниковий Моніторинг: Досліджуємо Землю з Космосу»

Відкрийте для себе безмежний світ космічних досліджень прямо у вашій школі! Пропонуємо створити захопливий науковий гурток **«Супутниковий Моніторинг: Досліджуємо Землю з Космосу»**. Цей гурток стане унікальною можливістю для учнів поринути у світ сучасних технологій, дізнатися, як супутники допомагають нам вивчати нашу планету, прогнозувати погоду, відслідковувати зміни клімату та навіть боротися з надзвичайними ситуаціями.

Мета гуртка: Ознайомити учнів з основами супутникового моніторингу, навчити працювати з геопросторовими даними, розвинути навички критичного мислення та дослідницької роботи.

Цільова аудиторія: Учні 7-11 класів, зацікавлені у географії, інформатиці, фізиці та екології.

Тривалість: 1 навчальний рік (2 заняття на місяць по 1 годині).

Ось основні завдання гуртка:

— ознайомити учнів з основами супутникового моніторингу та дистанційного зондування Землі;

— навчити працювати з геопросторовими даними та програмним забезпеченням ГІС (Географічні Інформаційні Системи);

— розвинути навички критичного мислення, аналізу та інтерпретації супутникових даних.

— сформувати розуміння широкого спектру застосувань супутникового моніторингу у різних сферах.

— заохотити учнів до самостійної дослідницької роботи та створення власних проєктів.

— сприяти розвитку міжпредметних зв'язків між географією, інформатикою, фізикою, екологією та іншими науками.

— підготувати учнів до участі у наукових конкурсах та олімпіадах, презентуючи свої здобутки у сфері космічних технологій.

Календарно-тематичний план

№ п/п	Тема заняття	Термін проведення	Кількість годин	Примітки
Модуль 1				
1	Вступ до супутникового моніторингу	Вересень	1	
2	Бачимо Землю згори. Основи дистанційного зондування	Вересень	1	
3	Географічні інформаційні системи (ГІС). Наш	Жовтень	1	

	інструмент для аналізу.			
4	Як супутники допомагають у нашому житті?	Жовтень	1	
Модуль 2				
5	Моніторинг змін. Визначення динаміки.	Листопад	1	
6	Використання індексів для аналізу.	Листопад - грудень	2	
7	Тематичне картографування.	Грудень - січень	2	
8	Моніторинг пожеж та стихійних лих.	Січень-Березень	2	
Модуль 3				
9	Розробка власного проекту.	Березень	1	
10	Реалізація проекту.Збір та аналіз даних	Квітень	2	
11	Презентація своїх проектів	Травень	2	

Заняття 1

Що таке супутник і навіщо він нам?

На першому занятті учні дізнаються історію освоєння космосу та перші супутники; які є види супутників: метеорологічні(з цими будемо працював), зв'язкові, навігаційні, дистанційного зондування Землі; принцип роботи супутників.

Практична робота: перегляд відео про запуск супутників, обговорення їхніх функцій.

Заняття 2

Бачимо Землю згори. Основи дистанційного зондування.

Учні дізнаються що таке дистанційне зондування; які є види зображень: оптичні, радіолокаційні, інфрачервоні; роздільна здатність зображень: від глобального до детального.

Практична робота: робота з Google Earth, знайомство з різними типами супутникових знімків.

Заняття 3

Географічні інформаційні системи (ГІС). Наш інструмент для аналізу.

Що таке ГІС? Основні компоненти та функції; різниця між растровими та векторними даними.

Практична робота: короткий огляд безкоштовних ГІС-програм (наприклад, ArcGIS Online).

Заняття 4

Як супутники допомагають у нашому житті?

Застосування супутникового моніторингу: прогнозування погоди, навігація, сільське господарство, лісове господарство, моніторинг надзвичайних ситуацій; приклади використання супутникових даних в Україні.

Практична робота: кейс-завдання: аналіз, як супутники допомогли під час певного стихійного лиха

Заняття 5

Моніторинг змін. Визначення динаміки.

Порівняння супутникового моніторингу за різні періоди часу для виявлення змін; визначення площ зникнення лісів, змін водних об'єктів.

Практична робота: аналіз змін території вошої місцевості за 2-5 років.

Заняття 6

Використання індексів для аналізу.

Що таке індекси (наприклад, NDVI – Normalized Difference Vegetation Index); як індекси допомагають оцінювати стан рослинності, водних ресурсів.

Практична робота: розрахунок NDVI для різних ділянок місцевості.

Заняття 7

Тематичне картографування.

Створення простих тематичних карт на основі супутникових даних: карти рослинності, водних об'єктів, забудови.

Практична робота: створення тематичної карти за обраною темою.

Заняття 8

Моніторинг пожеж та стихійних лих.

Як супутники допомагають виявляти та відслідковувати пожежі, повені, зсуви; системи раннього оповіщення.

Практична робота: аналіз даних про нещодавні пожежі або повені в світі та Україні з використанням супутникових даних.

Заняття 9

Розробка власного проекту.

Генерація ідей для дослідницьких проектів; формулювання гіпотез, визначення цілей та завдань; розподіл ролей у міні-командах.

Практична робота: презентація ідей.

Заняття 10

Реалізація проекту.Збір та аналіз даних.

Самостійна робота учнів над обраними проектами під керівництвом вчителя; консультації, допомога у вирішенні проблем; структура наукового проекту: вступ, методи, результати, висновки; оформлення карт, графіків, таблиць.

Практична робота: підготовка матеріалів для презентації.

Заняття 11

Презентація своїх проектів

Презентація учнями своїх проектів перед своїми однокласниками; обговорення результатів, Висновки .

Захід: публічна презентація досліджень.

Окрім традиційних форм, перспективними є інтерактивні заходи з елементами STEM-освіти — географічні квести, екохакатони, наукові пікніки, лабораторії під відкритим небом, симуляційні ігри з тематики

кліматичних змін. Також проведення шкільних конкурсів, на кшталт «ГІС-дослідник року», де учні змагаються у створенні власних інтерактивних карт на основі реальних супутникових шарів із екологічною або соціальною тематикою.

Таким чином, наукові гуртки та позашкільні заходи, інтегровані з практиками супутникового моніторингу, стають не лише ефективним інструментом формування предметних компетентностей учнів, а й потужною платформою для розвитку критичного мислення, дослідницької автономії та громадянської відповідальності. Завдяки такій діяльності учні не лише засвоюють складні природничі явища на практиці, але й розвивають екологічну свідомість, що є основою сталого розвитку суспільства.

Висновки до розділу 3

1. Супутниковий моніторинг в освіті можна використовувати для проведення уроків, шкільних наукових проєктів, наукових заходах та гуртках для різних класів. Супутниковий моніторинг ключовим елементом модернізації викладання географії в Новій українській школі. Його застосування сприяє всебічному розвитку особистості учнів.

2. Урок географії, може стати більш цікавий та пізнавальним для учнів, якщо в навчальному процесі застосовувати онлайн-платформи супутникового моніторингу. Наведено приклад уроку з географії із застосуванням супутникового моніторингу. Такий урок дає більше наочності, сприяє поглибленню географічних знань для учнів та зацікавлює учнів до вивчення метеорології, кліматології та інших природничих наук.

3. Залучення супутникового моніторингу до науково-дослідної діяльності школярів є не лише інструментом для підвищення мотивації до навчання, а й потужним засобом для формування ціннісного ставлення до навколишнього середовища, розвитку аналітичного мислення, здатності до прогнозування та вирішення ситуацій, а також вчуться працювати в команді.

Як приклад, розроблено науковий із використанням супутникового моніторингу. Такі проєкти сприяють становленню молоді як відповідальних учасників інформаційного суспільства, здатних до самостійного наукового пошуку та захисту довілля.

4. Наукові гуртки та заходи з використанням супутникового моніторингу формують дослідницьку культуру, мотивацію до самонавчання. Учні залучаються до реальних досліджень, збагачують свій досвід прикладної науки та долучаються до вирішення актуальних проблем. Наведено приклад навчального плану гуртка. Такі заходи сприяють розвитку дослідницьких навичок, критичного мислення та готують учнів до участі у наукових конкурсах, що відповідає цілям STEM-освіти та концепції Нової української школи.

ВИСНОВКИ

1. Супутниковий моніторинг є надзвичайно перспективним інструментом у формуванні сучасного наукового світогляду здобувачів освіти, розвитку їхніх дослідницьких і критично-аналітичних навичок. Упровадження супутникових даних у шкільне середовище, зокрема в освітній процес з географії, природознавства, екології та громадянської освіти, забезпечує не лише високий рівень наочності, а й відкриває широкі можливості для формування міждисциплінарних зв'язків, інтеграції STEM-елементів, моделювання реальних природних і соціальних процесів.

2. Досліджено аналіз можливих напрямів використання супутникових технологій показав, що вони є особливо ефективними у контексті проектно-дослідницької діяльності школярів. Доступ до відкритих супутникових платформ (зокрема Sentinel Hub, NASA Worldview, Copernicus Open Access Hub, Zoom Earth, Meteoblue) дозволяє учням аналізувати наслідки стихійних лих, зміни клімату, рівень забруднення повітря в містах, стан земельних ресурсів, що сприяє не лише розумінню глобальних екологічних проблем, а й усвідомленню локальних викликів. У процесі такої діяльності здобувачі освіти здобувають практичні навички роботи з цифровими картами, зображеннями, графіками, таблицями, а також уміння самостійно робити висновки, узагальнення та обґрунтовувати власну позицію.

3. Окрему цінність становить діяльність наукових гуртків, конкурсів, інтерактивних заходів, які формують дослідницьку культуру, мотивацію до самонавчання та соціальну відповідальність. За підтримки освітніх і наукових установ, а також у співпраці з екологічними організаціями, учні можуть брати участь у реальних дослідженнях, збагачуючи власний досвід прикладної науки та залучаючись до вирішення актуальних суспільних і природоохоронних проблем.

4. Супутниковий моніторинг є результативним навчальним ресурсом у вивченні географії. Продемонстровано, як супутниковий моніторинг може

змінити і покращити урок географії. Детальним прикладом став план-конспект уроку для 8 класу на тему "Кліматичні показники: температура, вологість повітря, опади, коефіцієнт зволоження та їх розподіл на території України". Основна мета такого уроку — поглибити знання учнів про атмосферні явища, розвинути критичне та просторове мислення, а також навчити працювати з актуальними супутниковими метеоданими з таких платформ, як Zoom Earth. Учні не лише засвоюють теоретичні поняття, а й виконують практичні завдання, аналізуючи реальні показники температури та опадів, що робить навчання більш захоплюючим та прикладним.

5. Доведено, що застосування супутникових даних є потужним інструментом у контексті науково-дослідної діяльності школярів, що сприяє розвитку критичного мислення та поглибленню міжпредметних зв'язків між географією, біологією, інформатикою, фізикою, хімією та екологією. Цей підхід дозволяє учням здійснювати якісний аналіз як глобальних природних явищ, так і локальних екологічних проблем, спираючись на достовірні цифрові джерела та відображаючи актуальні процеси у природному середовищі. Розроблено проєкт «Супутниковий аналіз повітряного забруднення у центральній частині міста», призначений для учнів 8-10 класів. У рамках цього проєкту школярі досліджують концентрацію шкідливих речовин, зокрема діоксиду азоту (NO_2), використовуючи дані супутника Sentinel-5P доступні через платформу Copernicus EO Browser. Такий підхід не лише забезпечує розуміння принципів супутникового моніторингу та критичного аналізу даних, але й сприяє формуванню навичок роботи з сучасними геоінформаційними системами.

6. Обґрунтовано роль наукових гуртків та інших позашкільних заходів у формуванні стійкого інтересу до географії та екології серед учнів. Ці ініціативи створюють унікальне середовище для поглибленого вивчення дисциплін та розвитку практичних навичок. Як приклад, було представлено навчальний план гуртка «Супутниковий Моніторинг: Досліджуємо Землю з

Космосу», розроблений для учнів 7-11 класів. Ця програма охоплює ключові аспекти супутникового моніторингу та дистанційного зондування Землі, а також основи роботи з геоінформаційними системами (ГІС) та методами аналізу отриманих даних. Учні навчаються аналізувати зміни територій, здійснювати моніторинг стихійних лих та досліджувати інші геопросторові явища.

7. Супутниковий моніторинг, інтегрований в освітній процес, є не лише технічним засобом вивчення навколишнього світу, а й потужним засобом гуманітарного, етичного, екологічного та громадянського виховання. Його використання у закладах загальної середньої освіти відповідає вимогам Нової української школи, сприяє реалізації наскрізних змістових ліній і забезпечує підготовку покоління, здатного критично мислити, приймати обґрунтовані рішення та діяти на засадах сталого розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеев, В.В., & Холявчук, Д.І. (2022). Застосування онлайн-ресурсів для інтегрованого вивчення розвитку природи Землі у природничих шкільних курсах. Інноваційна педагогіка, 50(2), 173-178. <https://doi.org/10.32782/2663-6085/2022/50.2.34>
2. Аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах : робочий зошит. Ч. 2. С. М. Бабійчук та ін. ; за ред. С. О. Довгого. Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2021. 224 с.
3. Бойко В. М., Дітчук І.Л., Л. Б. Заставецька Л.Б. Географія: підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закладів. Кам'янець-Подільський: Абетка, 2016. – 296 с.
4. Використання ГІС-технологій для формування предметних компетентностей студентів спеціальності «Середня освіта (Географія)» : В. В. Лета та ін. Науковий журнал Причорноморського науково-дослідного інституту економіки та інновацій «Інноваційна педагогіка». 2022. Вип. 45. С. 279–282.
5. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах / С. О. Довгий та ін. Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2020. 268 с.
6. Дворецька І.В., Савенець М.В. Розробка баз аерологічних даних для території України. Фізична географія та геоморфологія. 2017. Вип. 85. С. 130—136.
7. Екологічний моніторинг: підручник. / В. Г. Сліпченко та ін.; відп. ред. О. О. Гагарін. Київ: КПІ ім. Ігора Сікорського: Політехніка, 2018. 303 с.
8. Календарно-тематичне планування з географії 6 клас : вебсайт. URL: <https://naurok.com.ua/biblioteka/geografiya/klas-6/typ-5>
9. Календарно-тематичне планування з географії 7 клас : вебсайт. URL: <https://naurok.com.ua/biblioteka/geografiya/klas-7/typ-5>

10. Календарно-тематичне планування з географії 8 клас : вебсайт.
URL: <https://naurok.com.ua/biblioteka/geografiya/klas-8/typ-5>
11. Календарно-тематичне планування з географії 11 клас : вебсайт.
URL: <https://naurok.com.ua/biblioteka/geografiya/klas-11/typ-5>
12. Качур І. В. Проблеми формування екологічної культури в освітньому середовищі. Наука. Релігія. Суспільство, 2011. №2. С. 209-213.
13. Король О. М. Впровадження ІТ та ГІС технологій у процес підготовки студентів географічних спеціальностей (на засадах диференційованого підходу). Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2023. 160 с.
14. Маленко Я. В., Кобрюшко О. О., Поздній Є. В. Екологічна компетентність – невід’ємна складова компетентнісного «капіталу» особистості // Moderní aspekty vědy: XXVIII. Díl mezinárodní kolektivní monografie. Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o. Česká republika: Mezinárodní Ekonomický Institut s.r.o., 2023. Str.267- 290. URL: <http://perspectives.pp.ua/public/site/mono/mono-29.pdf> (дата звернення: 03.05.2025).
15. Нова українська школа : веб-сайт. URL: <https://nus.org.ua/> (дата звернення: 07.05.2025).
16. Основи дистанційного зондування Землі : робочий зошит. Ч. 1 / С. М. Бабійчук та ін. Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2020. 122 с.
17. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування / С. О. Довгий та ін. Київ : НАПН України, 2019. 316 с.
18. Пересадько В. А., Сауленко О. С., Байназаров А. М. Історія і перспективи застосування геоінформаційних систем у навчальному процесі з географії. Науковий журнал Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна «Проблеми географічної освіти та картографії». 2019. Вип. 30. С. 81–93.

19. Робочий зошит з основ дистанційного зондування Землі. Ч. 3. Обробка та аналіз супутникових знімків на платформі Google Earth Engine / С. М. Бабійчук та ін. Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2023. 200 с.
20. Семенова І.Г. Супутниковий моніторинг метеорології та агрометеорології : навч. пос. Одеса, 2023. 165 с.
21. Світличний О. О., П'яткова А. В., Муркалов О. Б. Геоінформаційні технології в географії – освіта, наука та практична діяльність. Вісник Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Серія «Географічні та геологічні науки». 2022. Т. 27. Вип. 2 (41). с. 67–82.
22. Федосенко І. Ю., Король О. М. Використання ГІС-технологій на уроках географії в старших класах. Актуальні проблеми дослідження довкілля : матеріали X Міжнародної наук. конф., м. Суми. 2023. С. 324–326.
23. Холошин І. В. Педагогічна геоінформатика. Геоінформаційні системи : навчальний посібник. Кривий Ріг, 2016. 175 с.
24. Штучні супутники Землі: їх типи та застосування: вебсайт. URL: <https://eos.com/uk/blog/shtuchni-suputnyky-zemli/> фото
25. Anusuya Datta. A brief history of weather satellites: 2016. URL: <https://geospatialworld.net/blogs/a-brief-history-of-weather-satellites/>
26. Giovanni-NASA : вебсайт. URL: <https://www.earthdata.nasa.gov/> (дата звернення: 06.04.2025).
27. History and Development of International Meteorological Satellites. URL: <https://www.antesky.com/history-and-development-of-international-meteorological-satellites/>
28. Meteoblue: вебсайт. URL: <https://www.meteoblue.com/uk/weather/maps/index#coords=4/50.45/30.52&map=windAnimation~rainbow~auto~10%20m%20above%20gnd~none>
29. Radar Або Lidar: Як Обрати Технологію Для Збору Даних: вебсайт. URL: <https://eos.com/uk/blog/lidar-ta-radar/>

30. Satellite observatsons.URL: <https://atmosphere.copernicus.eu/satellite-observations>
31. Sentinel-hub EO Browser : вебсайт.
URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (дата звернення: 09.05.2025).
32. The global jbservsng system: a success story. article: 2010. URL: <https://wmo.int/media/magazine-article/global-satellite-observing-system-success-story>
33. Vellalassery A., Pillai D., Marshall J. et al. Using TROPospheric Monitoring Instrument (TROPOMI) measurements and Weather Research and Forecasting (WRF) CO modelling to understand the contribution of meteorology and emissions to an extreme air pollution event in India. Atmospheric Chemistry and Physics. 2021. Vol. 21. P. 5393—5414. URL: <https://doi.org/10.5194/acp-21-5393-2021> (дата звернення: 29.04.2025).
- 34.Weather satellites. National Oceanic and Atmospheric Administration. article: URL: <https://www.noaa.gov/jetstream/weather-satellites>
35. Zoom Earth : вебсайт. URL: <https://zoom.earth/maps/wind-speed/> фото(дата звернення: 06.04.2025).