

УДК 378:910.3

DOI https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2024-1-7

ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ В ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ВЧИТЕЛІВ ГЕОГРАФІЇ

Онойко Юрій Юрійович,

кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри природничих наук і методик їхнього навчання
Центральноукраїнського державного університету
імені Володимира Винниченка
ORCID ID: 0000-0002-3311-7200

У статті проаналізовано особливості впровадження технологій супутникового моніторингу в процесі підготовки вчителів географії. Розкрито досвід автора з розробки спеціалізованих навчальних курсів «Основи дистанційного зондування Землі», «Практикум з основ дистанційного зондування Землі», використання технологій супутникового моніторингу під час викладання курсів «Загальне землезнавство», «Метеорологія і кліматологія», «Гідрологія» в Центральноукраїнському державному університеті імені Володимира Винниченка.

Головну увагу приділено найбільш ефективним репозитаріям супутникових знімків EO Browser, «Google Планета Земля» й онлайн-платформі візуалізації географічних даних Giovanni.

Сформовані найважливіші освітні й наукові завдання з географії, які можна вирішувати за допомогою технологій супутникового моніторингу у вищій та середній школі. Розкрито основний технологічний інструментарій досліджуваних ресурсів перегляду й аналізу супутникових знімків. Наведено приклади застосування технологій супутникового моніторингу під час вивчення окремих географічних дисциплін і проведення досліджень.

Доведено, що, використовуючи технології супутникового моніторингу, здобувачі вищої освіти вчать знаходити, діагностувати та класифікувати різноманітні географічні об'єкти, явища та процеси, визначати їх кількісні параметри, встановлювати закономірності формування й поширення, виявляти взаємозв'язки, прогнозувати зміни. Застосування технологій супутникового моніторингу в освітньому процесі дає змогу економити час, кошти, інші матеріальні засоби навчання, закріплювати теоретичні знання та виробляти практичні вміння й навички. Технології супутникового моніторингу в процесі підготовки вчителів географії забезпечують формування інформаційно-цифрової, екологічної компетентностей і компетентностей у галузі природничих наук, техніки і технологій.

Ключові слова: супутниковий моніторинг, технології супутникового моніторингу, дистанційне зондування Землі, вчитель географії.

Onoyko Yuriy. Implementation of satellite monitoring technologies in the process of training geography teachers

The article analyzes the peculiarities of implementing satellite monitoring technologies in the process of training geography teachers. The author's experience in the development of specialized training courses "Fundamentals of remote sensing of the Earth", "Practicum on the basics of remote sensing of the Earth", the use of satellite monitoring technologies during the teaching of the courses "General Earth Science", "Meteorology and Climatology", "Hydrology" at the Central Ukrainian State University is disclosed named after Volodymyr Vinnichenko.

The main focus is on the most effective repositories of satellite images EO Browser, Google Earth and the online platform for visualization of geographic data Giovanni.

The most important educational and scientific tasks in geography, which can be solved with the help of satellite monitoring technologies in higher and secondary schools, have been formed. The main technological toolkit of researched resources for viewing and analyzing satellite images is disclosed. Examples of the use of satellite monitoring technologies during the study of certain geographic disciplines and conducting research are given.

It has been proven that, using satellite monitoring technologies, students of higher education learn to find, diagnose, and classify various geographic objects, phenomena, and processes, determine their quantitative parameters, establish patterns of formation and distribution, identify relationships, and predict changes. The

involvement of satellite monitoring technologies in the educational process allows you to save time, money, other material means of education, consolidate theoretical knowledge and develop practical skills. Satellite monitoring technologies in the process of training geography teachers ensure the formation of information and digital, environmental competences and competences in the field of natural sciences, engineering and technology.

Key words: *satellite monitoring, satellite monitoring technologies, remote sensing of the Earth, geography teacher.*

Вступ. Нова українська школа (НУШ) ставить нові вимоги до підготовки вчителя-предметника, який, крім глибоких знань зі свого предмета, методики його викладання, знань і вмінь з педагогіки, психології, валеології, повинен бути агентом змін сучасного освітнього простору, навчати в тому числі через дослідницьку діяльність та проєктну роботу, формувати учня-інноватора, здатного самостійно досліджувати й раціонально змінювати навколишній світ, забезпечити розвиток найважливіших компетентностей, потрібних школярам для подальшої успішної інтеграції та самореалізації в конкурентному суспільстві [12]. Сучасний учитель повинен мати свободу вибору щодо найбільш ефективних методів і засобів навчання, а навчальний матеріал формувати на основі новітніх досягнень науки і техніки, застосовуючи в освітньому процесі інноваційні технології.

Зрозуміло, що озброїти вчителя сучасним методичним і технологічним арсеналом у сфері тієї чи іншої науки потрібно в процесі підготовки майбутнього педагога в закладах вищої освіти, а також під час підвищення кваліфікації вчителя.

Одними з найбільш практично значимих технологій географічної науки й освіти на сьогодні є технології супутникового моніторингу Землі. Дані новітні технології мають надзвичайно широкий спектр прикладного застосування, різноманітні освітні можливості, економні з погляду використання ресурсів (зокрема, матеріальних засобів, часу, коштів), надзвичайно ефективні щодо отриманого результату.

Мета статті. Головна мета статті полягала у вивченні особливостей застосування сучасних технологій супутникового моніторингу Землі під час підготовки вчителів географії та їхньої ролі у формуванні професійних компетентностей.

Матеріали та методи. Публікація підготовлена на основі аналізу власного досвіду автора з розробки спеціалізованих навчальних курсів «Основи дистанційного зондування Землі», «Практикум з основ дистанційного зондування Землі», використання технологій супутникового моніторингу під час викладання курсів «Загальне землезнавство», «Метеорологія і кліматологія», «Гідрологія» в рамках освітньо-професійної програми «Середня освіта (Географія) та краєзнавчо-туристична робота», що реалізується в Центральноукраїнському державному університеті (ЦДУ) імені Володимира Винниченка.

Важливу інформацію про досліджувані технології і методику їх застосування в освітньому процесі було отримано з методичних матеріалів лабораторії «Географічних інформаційних систем та дистанційного зондування Землі» Національного центру «Мала академія наук України» [1; 3; 5; 6; 8], публікацій І. В. Холошина [11], В. А. Пересадько, О. С. Сауленко, А. М. Байназарова [7], В. В. Лети та ін. [2], О. О. Світличного, А. В. П'яткова та О. Б. Муркалова [9], І. Ю. Федосенко та О. М. Король [4; 10].

У статті головну увагу приділено найбільш ефективним, на нашу думку, репозитаріям супутникових знімків EO Browser [16], «Google Планета Земля» [15] та онлайн-платформі візуалізації географічних даних Giovanni [14].

Результати. На межі ХХ–ХХІ ст. у науках про Землю інтенсивно почали розвиватися дистанційні технології дослідження нашої планети. Так зване дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це збір інформації про земну поверхню, земні надра й атмосферу без прямого контакту з ними [6]. Цим дистанційні методи дослідження Землі якісно відрізняються від прямих (традиційних) методів вивчення в географії, зокрема, таких як спостереження, експеримент,

вимірювання, топографічна зйомка, лабораторні дослідження й інших. На сьогодні ДЗЗ представлено переважно технологіями супутникового моніторингу, тобто спостереженнями, які проводяться зі штучних супутників Землі, з подальшим ручним чи комп'ютерним аналізом космічних знімків [3].

В освітній програмі «Середня освіта (Географія) та краєзнавчо-туристична робота» знайомство з технологіями супутникового моніторингу здійснюється переважно за допомогою спеціалізованих вебпереглядачів EO Browser [16], «Google Планета Земля» [15] та Giovanni [14]. Саме ці ресурси зарекомендували себе в освітньому процесі як порівняно прості у використанні та достатньо ефективні під час вирішення більшості освітніх і наукових завдань. До того ж вони безкоштовні для користувачів. Згадувані вебпереглядачі можна використовувати як у процесі підготовки вчителів географії, так і на уроках географії в закладах загальної середньої освіти.

EO Browser [16] – це вебпереглядач репозитарію доступних у режимі онлайн супутникових знімків середньої роздільної здатності від Європейського космічного агентства (ЄКА), який оперує знімками зі супутників групи Sentinel, Landsat, MODIS, Proba V, GIBS та деяких інших [6].

«Google Планета Земля» [15] – зручний для користувача інтернет-ресурс, який являє собою «віртуальний глобус» нашої планети (а також Марсу і Місяця) з накладеними супутниковими знімками високої роздільної здатності та тематичними шарами, з яких можна отримати важливу просторову інформацію [5; 6].

Інструментарій EO Browser та «Google Планета Земля» дає змогу переглядати та зіставляти різночасові знімки (для знімків зі супутника Landsat є можливість завантажувати й аналізувати часові ряди за останні понад 50 років, починаючи з 1972 р.), оцифровувати окремі ділянки земної поверхні та вимірювати відстані, підраховувати площі, виділяти полігони для подальшого більш детального дослідження й завантаження додаткових даних, створювати 3D-моделі рельєфу, анімацію, будувати гістограми для вибраних просторових даних і вибраної території. Технології сервісу «Google Планета Земля» додатково дають можливості створювати гіпсометричні профілі ділянок земної поверхні з визначенням крутизни схилів, що дуже важливо під час вивчення різноманітних форм рельєфу.

Ще більш спеціалізованою, але схожою за своїм функціональним потенціалом на попередні ресурси, є онлайн-платформа Giovanni. **Giovanni** – інтернет-платформа для візуального представлення просторово прив'язаних даних, отриманих зі супутників Національного управління з аеронавтики і космічного простору (NASA) [1; 3; 14]. Потужна база даних Giovanni сформована переважно інформацією про склад і будову атмосфери, температуру та вологість атмосферного повітря, концентрацію забруднювальних речовин в атмосфері, циркуляцію атмосферних потоків, атмосферні опади, сонячне випромінювання, Світовий океан. Тому доцільно використовувати платформу Giovanni від NASA переважно під час вивчення й дослідження атмосфери та клімату, гідросфери. Інструментарій платформи надає різноманітні можливості для візуалізації просторових даних, зокрема створення площинної візуалізації, формування часових рядів даних, анімації, визначення усереднених показників, побудови вертикальних профілів тощо [1].

Сформуємо ранжовані за складністю три рівні освітніх і наукових завдань з географії, які можна вирішувати за допомогою технологій супутникового моніторингу у вищій та середній школі:

- 1) пошук на супутникових знімках географічних об'єктів, процесів та явищ, їх розрізнення, характеристика особливостей просторового поширення;
- 2) метризація, морфометричні дослідження, встановлення походження, особливостей розвитку, класифікація географічних об'єктів, процесів та явищ;
- 3) встановлення взаємозв'язків, виявлення найважливіших закономірностей, формування прогнозів змін географічних об'єктів, процесів, явищ і можливих їхніх наслідків.

Прикладом виконання завдань першого рівня складності може бути застосування технологій супутникового моніторингу Землі для пошуку й розрізнення макро– (гірські хребти, низовини), мезо– (яри, балки, річкові долини) та навіть мікроформ (карстові лійки, берегові вали) рельєфу, рельєфоутворювальних процесів, їхньої метризації. Головними діагностичними ознаками при цьому є форма, розміри, колір, відтінки основного кольору, тіні.

Достатньо легко діагностуються на супутникових знімках у вебпереглядачах такі зовнішні рельєфоутворювальні процеси, як ерозія, абразія, екзарація, карст, суфозія, зсуви, осипи, просідання земної поверхні над гірничими виробками, підтоплення та деякі інші [3; 5; 6]. Усі ці завдання студенти-географи успішно виконують під час вивчення навчальних курсів геології, геоморфології, основ дистанційного зондування Землі.

Так, еродовані ділянки проявляються у вигляді освітлених плям посеред більш темних ґрунтів через вимивання верхніх гумусових горизонтів або можуть мати більш пригнічену рослинність унаслідок постійної діяльності водотоків. Водоерозійні форми рельєфу та їх системи (передусім яружно-балкові) на супутникових знімках здебільшого мають деревоподібну форму: у найбільших і найглибших балці чи яру, дно яких виступає базисом ерозії, відкриваються більш дрібні форми рельєфу ерозійного походження (борозни, водорії, лощини, дрібні яри).

Часто для розпізнавання форм рельєфу потрібно застосувати знання про певні взаємозв'язки, наявні в географічному середовищі. Наприклад, взаємозв'язки між ґрунтово-рослинним покривом, геологічними відкладами, умовами клімату та рельєфоутворювальними процесами і нерівностями земної поверхні. У технологіях супутникового моніторингу такі алгоритми розпізнавання називають непрямими дешифрувальними ознаками [6].

Прикладами застосування непрямих дешифрувальних ознак під час аналізу супутникових знімків є діагностика карстових лійок у районах із неглибоким рівнем ґрунтових вод на основі виявлення в центрі округлих западин замкнених водойм у вигляді плям зеленого або темно-синього кольору, обрамлених зсувними світло-сірими схилами значної крутизни.

Карстові западини в межах підвищених ділянок місцевості можна виявити за груповим розташування округлих дрібних западин, днище і схили яких найчастіше покриті густою чагарниковою і деревною рослинністю внаслідок стікання сюди поверхневих потоків води. При цьому прилеглі ділянки за межами карстових западин вкриті здебільшого трав'янистою рослинністю.

Важливим у навчальних курсах геоморфології, загального землезнавства, ландшафтознавства є використання технологій вебпереглядача супутникових знімків «Google Планета Земля» для створення гіпсометричного профілю місцевості. Такі технологічні можливості дають змогу оцінити загальні особливості рельєфу регіону, дослідити геоморфологічне різноманіття регіону, візуалізувати поздовжній чи поперечний профіль окремих форм рельєфу (рис. 1), шляхом співставлення профілю з ландшафтними картами встановити взаємозв'язки між крутизною схилів, формами рельєфу та їх елементами і видами ландшафтів, які сформувалися в їх межах, та їхніми екологічними й господарськими функціями.

У гідрології технології супутникового моніторингу дають змогу виявляти закономірності формування та поширення різних типів водних об'єктів, визначати основні гідрометричні параметри, досліджувати їх гідрологічні режими шляхом співставлення різночасових знімків, виявляти стадії межені, повені чи паводку, льодоставу і льодоходу, вивчати бічну ерозію, акумуляцію, меандрування русла, затоплення та підтоплення річкових долин і знижень рельєфу, формування старичних озер, заболочування та заростання русла й заплави, здійснювати екологічний моніторинг за станом водойми і прилеглої території, зокрема виявляти ділянки розорювання річкових долин у межах водозахисних смуг, сміттєзвалищ у межах заплавл тощо.

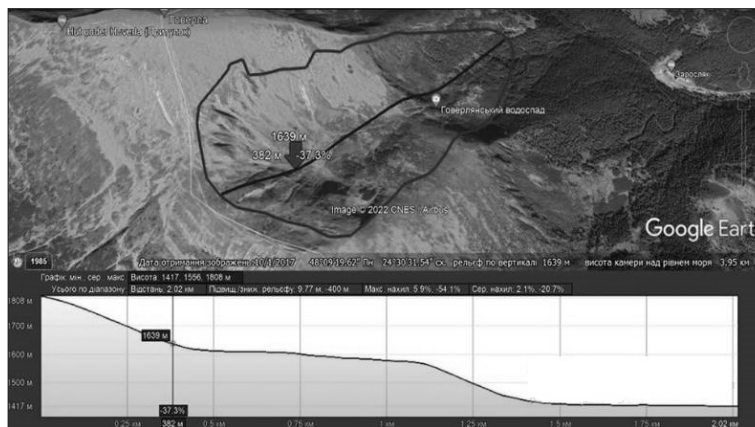


Рис. 1. Оцифрований льодовиковий кар на схилах Говерли з побудованим поздовжнім профілем в ресурсі «Google Планета Земля»

Надзвичайно важливими, але водночас і найбільш складними у виконанні є завдання, які полягають у використанні технологій супутникового моніторингу для встановлення географічних закономірностей, взаємозв'язків між географічними об'єктами, процесами і явищами. Як приклад завдань такого типу можна навести застосування в освітньому та науковому процесі технологій супутникового спостереження для виявлення ділянок розорювання на схилах значної крутизни, адже Закон України «Про охорону земель» [13] забороняє розорювати схили крутизною понад 7°. Під час виконання такого завдання студенти переглядають супутникові знімки, створюють гіпсометричні профілі сільськогосподарських угідь, виявляють розорювані ділянки з крутизною понад 7°, виявляють наслідки такого антропогенного впливу (рис. 2).

Виконане завдання може мати і практичне продовження. Зафіксувавши географічні координати досліджуваної ділянки та зберігши супутниковий знімок, можна скласти скаргу до Державної екологічної інспекції та Держгеокадастру з проханням провести позапланову перевірку зазначеної земельної ділянки щодо порушення вимог природоохоронного законодавства.



Рис. 2. Дослідження взаємозв'язків між розораністю схилів значної крутизни та деградацією ґрунтового покриття за допомогою технологій супутникового моніторингу в ресурсі «Google Планета Земля» (супутниковий знімок околиць с. Семигірья Кіровоградської області)

Висновки. Застосування новітніх технологій супутникового моніторингу в процесі підготовки вчителів географії продемонструвало свою ефективність. Використовуючи згадувані технології, здобувачі вищої освіти вчать знаходити, діагностувати та класифікувати різноманітні географічні об'єкти, явища та процеси, визначати їх кількісні параметри, встановлювати закономірності формування й поширення, виявляти взаємозв'язки, прогнозувати зміни. Залучення технологій супутникового моніторингу до освітнього процесу дає змогу економити час, кошти, інші засоби, забезпечує перебування в безпечному середовищі. Не виходячи з дому, викладач і студент за допомогою засобів супутникового моніторингу можуть організувати і провести серйозне наукове дослідження, закріпити теоретичні знання, виробити практичні вміння та навички, сформувати інформаційно-цифрову, екологічну компетентності та компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій.

Література:

1. 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.
2. 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.
3. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах / С. О. Довгий та ін. Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2020. 268 с.
4. 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.
5. Основи дистанційного зондування Землі : робочий зошит. Ч. 1 / С. М. Бабійчук та ін. Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2020. 122 с.
6. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування / С. О. Довгий та ін. Київ : НАПН України, 2019. 316 с.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Федосенко І. Ю., Король О. М. Використання ГІС-технологій на уроках географії в старших класах. *Актуальні проблеми дослідження доквілля* : матеріали Х Міжнародної наук. конф., м. Суми, 25–27 травня 2023 р. Суми, 2023. С. 324–326.
11. Холошин І. В. Педагогічна геоінформатика. Геоінформаційні системи : навчальний посібник. Кривий Ріг, 2016. 175 с.
12. Нова українська школа : веб-сайт. URL: <https://nus.org.ua/> (дата звернення: 22.01.2024).
13. Про охорону земель : Закон України від 19 червня 2003 р. № 962-IV. Дата оновлення: 18 травня 2023 р. / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> (дата звернення: 10.02.2024).
14. Giovanni-NASA : вебсайт. URL: <https://www.earthdata.nasa.gov/technology/giovanni> (дата звернення: 06.02.2024).
15. Google Earth : вебсайт. URL: <https://earth.google.com/web/> (дата звернення: 28.01.2024).
16. Sentinel-hub EO Browser : вебсайт. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (дата звернення: 12.02.2024).

References:

1. Babiichuk, S.M., Kuchma, T.L., Yurkiv, L.Ya. & Tomchenko, O.V. (2021). *Analiz kosmichnykh znimkiv u heoinformatsiinykh systemakh: robochyi zoshyt*. [Analysis of space images in geoinformation systems: workbook]. S.O. Dovhoho (Ed.). Kyiv: Natsionalnyi tsentr “Mala akademiia nauk Ukrainy” [in Ukrainian].
2. Leta, V.V., Karabiniuk, M.M., Ozymko, R.R., Mykyta, M.M. & Saliuk, M.R. (2022). Vykorystannia HIS-tekhnologii dlia formuvannia predmetnykh kompetentnosti studentiv spetsialnosti “Serednia osvita (Heohrafiia)” [The use of GIS-technologies for the formation of subject competencies of students majoring in “Secondary Education (Geography)”]. *Innovatsiina pedahohika – Innovative pedagogy*. Issue 45, pp. 279–282. Odesa: ONU im. I.I. Mechnykova [in Ukrainian].
3. Dovhyi, S.O., Babiichuk, S.M., Kuchma, T.L. & Tomchenko, O.V. (2020). *Dystantsiine zonduvannia Zemli: analiz kosmichnykh znimkiv u heoinformatsiinykh systemakh* [Distance sensing of the Earth: analysis of space images in geoinformation systems]. Kyiv: Natsionalnyi tsentr “Mala akademiia nauk Ukrainy” [in Ukrainian].
4. Korol, O.M. (2023). *Vprovadzhennia IT ta HIS tekhnologii u protses pidhotovky studentiv heohrafichnykh spetsialnosti (na zasadakh dyferentsiiovanoho pidkhodu)* [Implementation of IT and GIS-technologies in the process of training students of geographic specialties (on the basis of a differentiated approach)]. Sumy: SumDPU imeni A.S. Makarenka [in Ukrainian].
5. Babiichuk, S.M., Yurkiv, L.Ya., Tomchenko, O.V. & Yurkiv, L.Ya. (2020). *Osnovy dystantsiinoho zonduvannia Zemli: robochyi zoshyt* [Fundamentals of distance sensing of the Earth: workbook]. Kyiv: Natsionalnyi tsentr “Mala akademiia nauk Ukrainy” [in Ukrainian].
6. Dovhyi, S.O., Lialko, V.I., Babiichuk, S.M., Kuchma, T.L. & Tomchenko, O.V. (2019). *Osnovy dystantsiinoho zonduvannia Zemli: istoriia ta praktychne zastosuvannia* [Fundamentals of distance sensing of the Earth: workbook]. Kyiv: NAPN Ukrainy [in Ukrainian].
7. Peresadko, V.A., Saulenko, O.S. & Bainazarov, A.M. (2019). Istoriia i perspektyvy zastosuvannia heoinformatsiinykh system u navchalnomu protsesi z heohrafii [History and prospects of the application of geoinformation systems in the educational process of geography]. *Problemy heohrafichnoi osvity ta kartohrafii – Problems of geographic education and cartography*. Issue 30, pp. 81–93. Kharkiv: KhNU im. V.N. Karazina [in Ukrainian].
8. Babiichuk, S.M., Hordiienko, O.V. & Tomchenko, O.V. (2023). *Robochyi zoshyt z osnov dystantsiinoho zonduvannia Zemli. Chastyna 3. Obrobka ta analiz sputnykovykh znimkiv na platformi Google Earth Engine* [Workbook on the basics of remote sensing of the Earth. Part 3. Processing and analysis of satellite images on the Google Earth Engine platform]. Kyiv: Natsionalnyi tsentr “Mala akademiia nauk Ukrainy” [in Ukrainian].
9. Svitlychnyi, O.O., Piatkova, A.V. & Murkalov, O.B. (2022). Heoinformatsiini tekhnologii v heohrafii – osvita, nauka ta praktychna diialnist [Geoinformation technologies in geography – education, science and practical activity]. *Heohrafichni ta heolohichni nauky – Geographical and geological sciences*. Vol. 27. Issue 2, pp. 67–82. Odesa: ONU im. I.I. Mechnykova [in Ukrainian].
10. Fedosenko, I.Yu. & Korol, O.M. (2023). Vykorystannia HIS-tekhnologii na urokakh heohrafii v starshykh klasakh [The use of GIS technologies in geography lessons in senior classes]. Proceedings from MIM '23: X Mizhnarodna naukova konferentsiia “Aktualni problemy doslidzhennia dovkillia” – The Tenth International Scientific Conference “Actual Problems of Environmental Research”. P. 324–326. Sumy: SumDU imeni A.S. Makarenka [in Ukrainian].
11. Kholoshyn, I.V. (2016). *Pedahohichna heoinformatyka. Heoinformatsiini systemy* [Pedagogical geoinformatics. Geoinformation systems]. Kryvyi Rih: Vydavets Cherniavskiyi, D.O. [in Ukrainian].
12. Website “Nova ukrainska shkola” [Website “New Ukrainian school”]. *nus.org.ua*. Retrieved from <https://nus.org.ua/> [in Ukrainian].
13. Zakon Ukrainy “Pro okhoronu zemel” [The Law of Ukraine “About land protection”]. (n.d.). *zakon.rada.gov.ua*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text> [in Ukrainian].
14. Website “Giovanni-NASA”. Retrieved from <https://www.earthdata.nasa.gov/technology/giovanni>.
15. Website “Google Earth”. Retrieved from <https://earth.google.com/web/>.
16. Website “Sentinel-hub EO Browser”. Retrieved from <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>.