

УДК 378.147:504

DOI 10.31494/2412-9208-2022-1-2-408-422

**INTERACTIVE GIS-MAPS IN TEACHING
ENVIRONMENTAL SCIENCE DISCIPLINES**

**ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ГІС-МАП
ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН ЕКОЛОГІЧНОГО СПРЯМУВАННЯ**

Viktoriia SKYBA,

Candidate of Agricultural
Sciences (Ph.D.), senior lecturer

skiff_vika@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-2233-9438>

Вікторія СКИБА,

кандидат сільськогосподарських
наук, старший викладач

Maksim HANCHUK,

Candidate of Agricultural
Sciences (Ph.D.), senior lecturer

ganchukmn@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4052-5744>

Максим ГАНЧУК,

кандидат сільськогосподарських
наук, старший викладач

*Dmytro Motorny Tavrta State
Agrotechnological University,*

✉ 66, St. Zhukovsky,
Zaporizhzhia, 69600

Natalia VOZNIUK,

Candidate of Agricultural
Sciences (Ph. D.), Professor

n.m.voznyuk@nuwm.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0001-9947-4027>

*Таврійський державний
агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного,*

✉ вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, 69600

Наталія ВОЗНЮК,

кандидат сільськогосподарських
наук, професор

Olena LIKHO,

Candidate of Agricultural
Sciences (Ph. D.), Associate
Professor

o.a.liho@nuwm.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0001-5991-5035>

Олена ЛІХО,

кандидат сільськогосподарських
наук, доцент

*National University of Water and
Environmental Engineering,*

✉ 11, Soborna St., Rivne, 33028

*Національний університет
водного господарства та
природокористування*

✉ вул. Соборна, 11, м. Рівне,
33028

Original manuscript received: August 09, 2022

Revised manuscript accepted: August 25, 2022

ABSTRACT

The authors propose a selection of interactive GIS-applications, oriented to be used in the educational process in the training of environmental specialists. Most of the web-resources presented in the text of the publication have been developed by

environmental organizations and communities of scientists on the basis of legislative norms, international treaties and conventions; their key objective is to generalize approaches and methods of environmental data processing. Products of remote sensing of the Earth's surface allow a teacher to visualize the global nature and technogenic processes and phenomena, to determine local pollution hotspots and parameters of environmental changes, to model possible ecological risks and consequences of their influence on natural ecosystems. The use of interactive maps has a number of advantages over the presentation of data in classical form, the main ones being the systematic perception of many environmental problems, visualization of analytical information, awareness of the interdependence of connections between different components of the biosphere. The analysis of each GIS-map makes it possible to assess the scale and duration of the process/phenomenon, which is often impossible in mathematical processing of statistical data and their graphical representation (for example, comparison of the percentage of afforestation of different regions of Ukraine and comparison of the same indicators with the data of forest cover for European countries). In this way, the traditional inductive method of perception of information is fully replaced by the teacher with a deductive one. In contrast to traditional teaching methods, the use of this interactive approach allows to combine or compare at once such general scientific methods of scientific knowledge as analysis and synthesis, from empirical methods of scientific research – comparison and generalization. It should also be noted that when creating cases on the basis of GIS-maps, higher education applicants can work with actual data in real time, and when working with information apply the knowledge previously obtained during the study of other disciplines, which is essential when implementing the cross-disciplinary approach laid down in the structure of links between the educational components of BP 101 Ecology. Interactive GIS-technologies can be used as methodological support when teaching lecture material, conducting practical classes, carrying out independent work, conducting research work.

Key words: GIS-maps, interactive teaching methods, data search, analysis and synthesis, information visualization.

Вступ. Сучасному світу притаманна шалена динамічність, постійна зміна кількісних та якісних параметрів стану навколишнього природного середовища, глобальність багатьох екологічних проблем та постійний пошук шляхів їх вирішення.

Аналіз основних досліджень і публікацій. В останнє десятиріччя технологія Географічних Інформаційних Систем (ГІС-технологія – комп'ютерна технологія введення, зберігання, обробки і представлення просторово координованої інформації) набула поширення в багатьох країнах світу. ГІС-технології активно використовують, напевно, без винятку в усіх сферах та галузях. Інтерактивні ГІС-додатки дозволяють вільно отримувати інформацію з різних джерел, застосовувати її для професійного розвитку і самовдосконалення [1]. Розробка комп'ютеризованих геоінформаційних систем, особливо таких, що базуються на «векторних моделях», забезпечила екологам можливість виокремити зони середовищ [2]. Також застосування ГІС-мап в екології забезпечує узагальнення інформації, демонструє територіальну прив'язку і представлення в найбільш зручній для аналізу і порівняння формі [3].

С. Сонько науково обґрунтована і розроблена концепція елементарних ГІС (ЕГІС), реалізована в стандартному пакеті MS Office, яка

суттєво підвищує якість підготовки кваліфікованих географів і екологів [4]. І. Каменева зазначає, що методи, які базуються на сучасних ГІС-технологіях побудови статистичних поверхонь, містять нові можливості для інтерпретації даних моніторингу [5]. Т. Козлова, С. Шевченко оцінюють перспективу подальших досліджень упровадження інформаційних та зокрема ГІС-технологій як таку, що визначатиме тематику пріоритетних екологічних питань, серед яких особливе місце посідатиме пошук шляхів збалансованого використання і обґрунтованого управління природними ресурсами [6]. На думку М. Навитка та Н. Лиса, застосування ГІС-методологій системного налізу дозволить знизити негативні наслідки надзвичайних ситуацій, ґрунтуючись на обліку, оцінці та зменшенні шкоди від наслідків забруднень при обмежених витратах [7]. Принципи організації ГІС дозволяють у певній мірі виявляти структуру природних об'єктів на основі розрізнених даних за різними компонентами екосистем [8].

Головні напрямки використання ГІС-технологій в Україні, які тією чи іншою мірою стосуються фахівців-екологів:

- створення і ведення земельного, лісового і водного кадастрів;
- створення систем управління територіями;
- створення систем підтримки прийняття рішень різних ланок управління;
 - створення систем екологічного моніторингу;
 - комплексний (системний) аналіз стану агропромислового комплексу і планування його розвитку;
 - інвентаризація ресурсного потенціалу України та підвищення контролю за оподаткуванням, стягненням платежів за використання природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища і т. ін.;
 - науково-дослідна і освітня робота [9, 10].

Останні досягнення в галузі комп'ютерних мереж та інформаційних технологій створили новітні можливості для обміну та аналізу даних наукових досліджень. Інтерактивні мережеві бази даних розширюють можливість науковців отримувати доступ до різнопланової інформації з різних географічних локацій [10].

Мета та завдання. Поставлено за мету дослідити можливості використання інтерактивних ГІС-додатків з точки зору значного спрощення обміну науковими даними в рамках дослідницької мережі та сучасного впровадження освітнього процесу при викладанні дисциплін екологічного спрямування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інтерактивні ГІС-технології фрагментарно можуть використовуватись при проведенні практичних занять, виконанні самостійної роботи, пошукової діяльності, науково-дослідницької роботи.

Інтерактивні ГІС-мапи з екології для практичного застосування можна розподілити за різноманітними аспектами:

- зона покриття ресурсом: у вільному доступі в мережі інтернет розміщені ГІС-мапи, які охоплюють даними як окрему область, країну, континент, так і повністю земну кулю;

- часова періодизація даних: розміщені показники наводяться в розрізі певного періоду часу з можливістю відстежувати тенденцію змін;
- складові середовищ: атмосферного повітря, озоновий шар, заліснення, території природно-заповідного фонду, геологічні, гідрологічні, кліматичні показники, переміщення забруднюючих речовин, розміщення відходів, потенційно-небезпечні об'єкти тощо.

На нашу думку, використання в освітньому процесі підготовки екологів інтерактивних ГІС-технологій та можливостей загальнодоступного «віртуального глобусу» в поєднанні з передовими методами візуалізації забезпечує ряд переваг у порівнянні з традиційними методами подачі аналітичної інформації. Коло проблемних питань, з якими стикаються здобувачі вищої освіти та пошуковці при роботі з даними та інформацією при проведенні наукових досліджень, представлена в табл. 1.

Таблиця 1

**Переваги застосування інтерактивних ГІС-мап
в освітньому процесі**

№ з/п	Переваги застосування інтерактивних ГІС-мап	Коло проблемних питань з якими стикаються здобувачі при проведенні наукових досліджень
1.	Використання для аналітичного дослідження прогресивних даних	Відсутність у вільному доступі єдиної бази даних
2.	Можливість відстежувати динаміку різних підсистем та складових навколишнього природного середовища	Застосування вибіркового показників, як правило, унеможлиблює перспективу проведення системного аналізу. Великі затрати часу на збір багатокomпонентної інформації
3.	Контекст подачі інформації за єдиним принципом	Нерідко фрагментарні дані суттєво відрізняються значеннями в різних аналітичних джерелах
4.	Розширена географічна база даних (у межах країни, континенту чи світу)	Локально зібрані дані, як правило, обмежуються ресурсом та переліком показників окремо взятої установи/ організації.
5.	Легкість сприйняття та порівняння даних завдяки використанню кольорових градієнтів	Використання вузького конкретизованого спектру даних, здебільшого представленого числовими значеннями, вимагає великих затрат часу для подальшого опрацювання (складання діаграм, карт тощо)
6.	Просторова візуалізація	
7.	Виокремлення проблемних елементів (зон)	
8.	Можливість визначення подальших перспектив чи ризиків (загроз)	Окрім основних показників, на ГІС-мапи також наносяться проєктні об'єкти (території ПЗФ, вірогідні техногенно-небезпечні), що у великому масштабі достатньо важко визначити без застосування інтерактивних технологій

9.	Зацікавленість здобувачів	Сучасний освітній процес вимагає постійного оновлення інформації та застосування нетрадиційних методів навчання, урізноманітнення підходів, встановлення крос-дисциплінарних та міжгалузевих зв'язків
10.	Формування вектору крос-дисциплінарних зв'язків	
11.	Зручність та простота демонстрації при дистанційній та змішаній формах навчання	Складність наочної демонстрації певних елементів освітнього курсу під час дистанційної форми навчання.

Практичне використання інтерактивних web-мап

On-line мапи з супутників дозволяють виокремити просторове розміщення об'єкту дослідження, нанести необхідні мітки, чітко визначити відстані, візуально спостерігати за процесами прояву ерозійних процесів, провести розрахунки лісових масивів, забудованих територій, сільськогосподарських угідь тощо. Для цього підходять інтерактивні мапи <https://www.google.com.ua/maps>, <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Landsat від Геологічної служби США) та <https://meta.ua/> у режимі зображення з супутника (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент зображення еродованого (а) та урбанізованого (б) ландшафтів

Кліматичні ГІС-мапи. Межі показників температури атмосферного повітря та температури води <https://www.meteoprog.ua/ru/wmap7days/>.

Мапа *Climate change impacts in Europe* – це огляд тенденції змін клімату для країн Європи, наведений на основі аналітичних даних багаторічних досліджень. Він надає змогу встановити вірогідність виникнення посух залежно від кількості викидів та визначити економічні наслідки для сільськогосподарської галузі. Прогноз інтенсивності зливових дощів (до 25%) передбачається в Центральній та Східній Європі в період 2071-2100 рр.у порівнянні з даними клімату 1971-2000 рр., у т.ч. залежно від суттєвого збільшення викидів парникових газів в останні десятиріччя. Представлена аналогічна тенденція метеорологічної небезпеки лісових пожеж, ймовірності підвищення відносного рівня моря, зміни частоти прибережних паводків до кінця XXI ст.

<https://experience.arcgis.com/experience/5f6596de6c4445a58aec956532b9813d/page/home/>.

«Кліматична машина часу» – візуалізація показників, заснована на даних NASA в динаміці демонструє танення льодовиків Арктики з 1979 р., підвищення рівня моря, зміни глобальної температури з 1884 р. і донині, концентрації CO₂ в планетарному масштабі з 2002 до 2016 рр. <https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine/>.

Аналітично зведені дані різних країн світу щодо змін клімату відповідно до зобов'язань, зазначених у Паризькій угоді (<https://www.climatewatchdata.org/hdcs-explore?showEUCountries=true>).

Мапа дає можливість проаналізувати частку викидів парникових газів від усіх країн світу (перші у списку: Китай – 23,5%, США – 11,8%, Індія – 6,6%, ЄС – 6,4%, Росія – 4,8 %). Фактичні та прогнозовані дані про погоду, синоптичні ситуації представлені у вигляді яскравої анімованої карти <https://www.windy.com/?47.169,33.805,8,m:eXbaq73>. Візуалізація даних підвищення стійкості показників до змін клімату <https://www.prepdata.org/> (рис. 2а). Глобальний атлас вітрів <https://globalwindatlas.info/> (рис. 2б), сонячний атлас з можливістю аналізу розрахунків прихідної частини сонячної радіації на обраній ділянці <https://globalsolaratlas.info/map?c=54.41893,7.207031,3>.

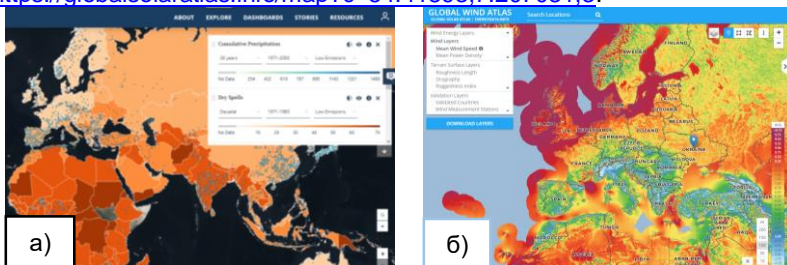


Рис. 2. Інтерактивні мапи кліматичних показників

АгроПогода України: річна та щомісячна інформація основні агрометеорологічні показники для усіх областей України [11].

Водні ресурси. Інтерактивна ГІС-мапа відповідності якості поверхневих вод країн-членів Європейського союзу Водній Рамковій Директиві ЄС 2000/60 за біологічними показниками якості води QE1, гідроморфологічними показниками QE2, хімічними та фізико-хімічними показниками QE3 (рис. 3а) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps>. Також цей застосунок надає змогу скористатись картою впровадження Директиви про очищення міських стічних вод (UWWTD), повідомлених державами-членами ЄС (за контрольний рік 2018) у 2020 році, та індекс експлуатації води (WEI+) для водозбірних басейнів як середнє значення за 1990-2015 рр., що передбачено Європейською системою ECRINS.

Розробниками з Нової Зеландії у 2017 році була створена інтерактивна мапа, яка демонструє кількість пластику у світовому океані та зону його розповсюдження (одна крапочка на карті привірюється до 20 кг пластику). Сумарна вага «пластикового острова» орієнтовно складає 269 тис. тонн <https://app.dumpark.com/seas-of-plastic-2/#oceans>.

Інтерактивна карта «Чиста вода» <http://texty.org.ua/water/>, розроблена Державним агентством водних ресурсів, демонструє забрудненість річок в Україні та дозволяє оцінити якість води в найбільших річкових басейнах. Використовуються дані понад 400 пунктів контролю якості води за 16 її показниками в хронологічному зрізі.

На мапі моніторингу та екологічної оцінки водних ресурсів України (рис. 3б) продемонстровані точки спостережень за водними об'єктами, про кратність перевищення норм свідчить кольоровий градієнт кожної точки. Натискання на конкретну обрану точку дозволяє в табличній формі побачити повну інформацію останнього моніторингового аналізу <http://monitoring.davr.gov.ua/>.

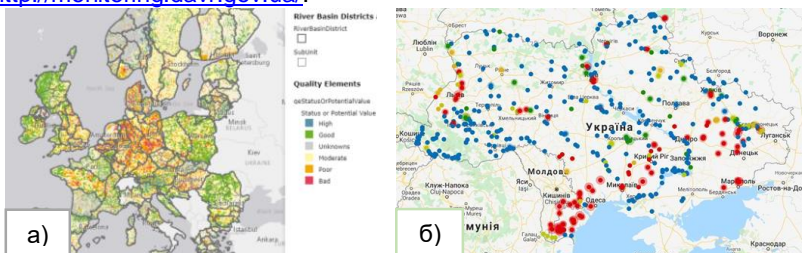


Рис. 3. Інтерактивні мапи оцінки водоресурсного потенціалу

Інструменти ресурсу *Aqueduct* (4 базові мапи) <https://www.wri.org/aqueduct> розроблені на базі картографічного районування усіх континентів за басейновим принципом. Атлас загального водного ризику на основі аналізу 14 показників, поєднаних у 3 групи, демонструє фактичний стан водних ризиків для річкових басейнів та ймовірність його подальшого розвитку на 2030 р. та 2040 р. Мапа рейтингового розподілу країн світу розроблена відповідно до показників базового водного стресу, ризику посухи та ризику річкової повені. Вірогідні ризики, спричинені водними ресурсами при вирощуванні різних видів сільськогосподарських культур, також можна оцінити фактично та з подальшим прогнозом на 2030 р. та 2040 р. Новий інтерактивний інструмент «ризики повені в прибережних та річкових районах» базується на аналізі витрат та вигоди від інвестицій у захист від повені.

Water Risk Filter від WWF <https://waterriskfilter.org/explore/map>. За аналогією до попереднього інструменту дозволяє проаналізувати ризик дефіциту води за показниками блоків фізичного, регуляторного та репутаційного ризиків. Представлені блоки показників відповідають загальній структурі оцінки стану водних ресурсів відповідно до Глобального договору ООН. ГІС-мапа у 10 відтінках кольорного тону демонструє ймовірність виникнення водних ризиків у межах річкових басейнів або країн світу від «дуже низького» до «дуже високого».

Мапа екологічних потоків для визначення поточного стану управління навколишнім середовищем (ЕМС) річкової системи <http://eflows.iwmi.org/> розроблена Міжнародним інститутом управління

водними ресурсами (IWM) у 2004 році. Значення ЕМС поділяється на чотири класи (від А до D), де «А» означає «природний» стан гідрологічної мережі, а «D» — «суттєво модифікований».

Показники якості атмосферного повітря. Європейський індекс якості повітря базується на значеннях концентрацій за п'ятьма пріоритетними забруднюючими речовинами: тверді частки (PM_{10}), дрібнодисперсні тверді частки ($PM_{2,5}$), озон (O_3), діоксид азоту (NO_2), діоксид сірки (SO_2). Мапа демонструє потенційний вплив якості повітря на здоров'я населення відповідно до градації *good, fair, moderate, poor, very poor, extremely poor* <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index/index>. З червня 2020 р. відбувається інтеграція даних моніторингу стану атмосферного повітря в Україні в систему індексу якості повітря Європейського екологічного агентства [12].

Світова інтерактивна ГІС-мапа забруднення атмосферного повітря за шістьма показниками (перераховані вище та оксид вуглецю (CO)) з відповідністю одному з шести критеріїв шкали індексу забруднення EQI представлена за посиланням: <http://waqi.info/ru/>. Ресурс було започатковано у 2007 р. командою вчених та інженерів з Пекіну на базі проєкту *World Air Quality Index* з метою обізнаності населення. Світова мапа демонструє індекс якості повітря в режимі реального часу, аналізуються дані 11000 станцій спостережень, розташованих у 88 країнах світу (рис. 4а).

З 1998 р. канадською організацією *World Ozone Monitoring and Mapping* за допомогою десятків супутників щоденно проводяться спостереження за змінами озонового шару, вираженими в одиницях Добсона (рис. 4б) https://exp-studies.tor.ec.gc.ca/e/ozone/Curr_allmap_q.htm.

Єдиний в Україні екологічний чат-бот *SaveEcoBot* <https://www.saveecobot.com/> інформує про стан повітря в усіх регіонах України, для аналізу використовується Індекс якості повітря (AQI), розроблений Агентством з охорони навколишнього середовища США (EPA), яким передбачено врахування вмісту озону, твердих часток, оксиду вуглецю, діоксиду азоту і відповідає одній з 6-ти категорій якості атмосферного повітря.

Інтерактивний 3D-глобус, розроблений американською компанією *Air Visual*, демонструє напрямок вітрів в анімаційному режимі та рівень забруднення атмосферного повітря <https://www.igair.com/earth>. За допомогою кольорового градієнту в режимі *Air Pollution* демонструється рівень забруднення частками діаметром до 2,5 мкм відповідно до Індексу якості повітря (AQI). У режимі *Wind* колір ділянки планети відповідає швидкості вітру.

Легкий та зручний у використанні інформаційний ресурс про фактичний та прогнозований стан атмосферного повітря в режимі онлайн <https://www.breezometer.com/air-quality-map/air-quality?lat=46.8326333&lon=35.360690399999996>.

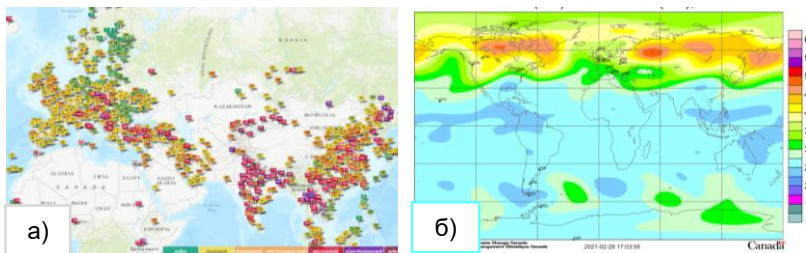


Рис. 4. Показники стану атмосфери

Лісові ресурси. **Картографічне зображення** цілісних лісових екосистем, в межах яких збережене природне біорізноманіття та не виявлено ознак людської діяльності <https://maps.greenpeace.org/project/intact-forest-landscapes/>.

У 2014 році *World Resources Institute* спільно з *Google* була створена on-line платформа *Global Forest Watch* <https://www.globalforestwatch.org/map/>, метою якої є моніторинг стану лісових ресурсів усієї земної кулі. GFW збирає та використовує супутникові зображення, інші набори просторових даних і відповідні алгоритми для визначення осередків зростання та зникнення дерев. Інтерактивна система швидко аналізує дані з 2000 до 2022 рр., серед яких можна побачити втрати та приріст деревного покриву в гектарах, відсотковий розподіл для різних років, проаналізувати показники земельного покриву розподілу ландшафтів, дані клімату та біорізноманіття, осередки виникнення протягом зазначеного періоду часу (рис. 5а). Розподілення рослинного покриву по земній кулі <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/> (рис. 5б).

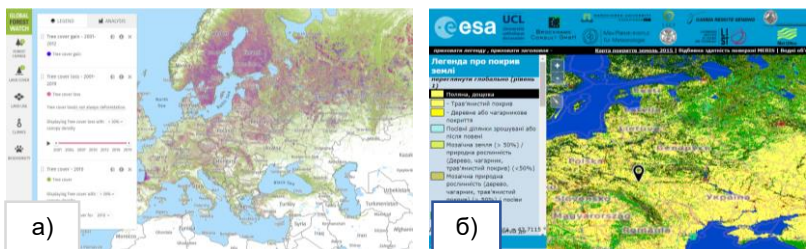


Рис. 5. ГІС-мапи лісових ландшафтів світу

Мапи природно-заповідного фонду. Картографічне зображення природних та штучно-створених об'єктів природно-заповідного фонду України загальнодержавного та місцевого значення можна знайти на Порталі «Природа України» <https://pzf.land.kiev.ua/pzf8-14.html>. Місцезнаходження Національних природних парків – на google-мапі, розміщеній на офіційному сайті Міністерства екології та природних ресурсів України <http://pzf.menr.gov.ua/map.html>.

Огляд Мережі ЄС *Natura 2000* та Смарагдової мережі Бернської конвенції – екологічних мереж заповідних територій, створених для забезпечення виживання найцінніших видів та середовищ існування в Європі (повідомляється 39 країнами *Eionet*) (рис. 6а), представлено за посиланнями <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/explore-interactive-maps/european-protected-areas-1>, <https://natura2000.eea.europa.eu/>; заповідні території, яким надано статус Рамсарських угідь: <https://rsis Ramsar.org/> (рис. 6б).

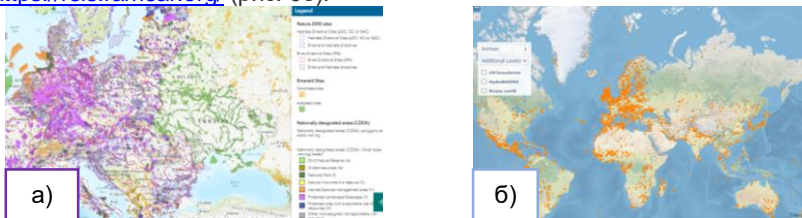


Рис. 6. Інтерактивні ГІС-мапи об'єктів природно-заповідного фонду

Мапа *Emerald Network* – новітня система природоохоронних територій та їх менеджмент, які мають особливу цінність для збереження природних видів флори, фауни та типів оселищ (ASCI) демонструє відомі в межах України місцезнаходження видів тварин і рослин, включених до Резолюції 6 Бернської конвенції, для яких створюються території Смарагдової мережі <http://emerald.net.ua/>.

Ресурси. Web-сайт «Мінеральні ресурси України» створено для висвітлення сучасного стану мінерально-сировинної бази України, він містить інформацію щодо поширення корисних копалин, їх запасів, видобутку тощо. Інтерактивні вкладки містять 7 мап: інтерактивну геологічну карту; карти горючих, металічних, неметалічних корисних копалин; підземні води; карту техногенних об'єктів; інформацію про геологічну і геофізичну вивченість <http://minerals-ua.info/> (рис. 7а).

Повна демонстрація ґрунтових карт розміщена на <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#close>. Он-лайн мапи України, їх агрохімічні властивості (вміст головних мікроелементів, забезпеченість азотом, фосфором та калієм), родючість, еродованість, фільтраційні властивості, режими зволоження ґрунтів. Інформація про опис складових хімічних елементів у кожному ґрунтовому горизонті, мімічні та фізичні властивості ґрунтів <https://soilgrids.org/>.

Інформація про контури полів, склад с/г культур полів за останні роки, динаміку сівозмін з можливістю розрахунку внесення добрив на конкретні поля тощо <https://map.onesoil.ai/2018#3.6/51.16/12.95>.

Інтерактивна карта проєктів з енергоефективності та відновлювальної енергетики UAMAP розміщена у вільному доступі з 2017 р. <https://uamap.org.ua/>, демонструє вже реалізовані та перспективні проєкти (рис. 7б).



Рис. 7. Приклади інтерактивних ГІС-мап

Мар X – інфраструктура просторових даних, спрямована на підтримку сталого використання природних ресурсів і навколишнього середовища шляхом розширення доступу до найкращої доступної геопросторової інформації та відповідних технологій моніторингу <https://app.mapx.org/?project=MX-5Z8-45E-K4I-SKH-75H&lockProject=true&language=en>. Bioplat-EU – проєкт, загальна мета якого полягає в сприянні виходу на ринок сталої біоенергетики в Європі з використанням маргінальних, недостатньо використовуваних і забруднених земель для виробництва непродовольчої біомаси <https://webgis.bioplat.eu/#/map>.

Карта глобальної оцінки екологічної ситуації «Довкілля ООН» надає багатокomпонентний перелік даних для аналізу та роботи з ними <https://wesi.unep.org/airvisual>.

Екологічні ризики. Ерік Дінерштейн зі співавторами провели дослідження, яке показує, що 50,4% суші на Землі потрібно охороняти, щоб зменшити втрати біорізноманіття, зупинити зміни клімату та запобігти майбутнім пандеміям. Їхні результати представлені на мапі «Глобальна мережа безпеки» <https://www.globalsafetynet.app/viewer/>. Близько 15,1% територій вже перебувають під захистом, але решта (35,3%) залишається безконтрольними, що може призвести до незворотних наслідків [13].

Міжнародною організацією *Global Footprint Network* у 2003 р. була створена інтерактивна мапа екологічного сліду як ключового критерію сталості країн. Оцінка проводиться за 5-ма критеріями: екологічний дефіцит/запас, загальний екологічний слід та в розрахунку на одну людину, загальна біоємність та в розрахунку на одну особу. Наразі Україна вже пройшла червону лінію та рухається в зону від'ємних показників <https://data.footprintnetwork.org/#/?/> (рис. 8а).

Мапа загального забруднення <https://www.pollution.org/>, яка координується передовими екологічними організаціями світу, науковцями, практиками, політичними діячами. Метою досліджень та їх оприлюднення в інтерактивній формі є управління забрудненням навколишнього середовища, сталий розвиток, зниження рівня забруднення повітря, ґрунтів, води. На мапі точково наведені промислові осередки, пункти моніторингу стану атмосферного повітря та рівень його забруднення за індексом AQI. Серед центрових показників: рівень забруднення свинцем (виявленого в крові дітей до 19 років) та загальний рівень смертності населення (рис. 8б).

NDC-SDG Linkagas – цікавий огляд екологічних, економічних факторів та соціального благополуччя населення представлено на <https://www.climatewatchdata.org/ndcs-sdg?goal>. Land Mark – інтерактивна багатокomпонентна мапа, створена для демонстрації і привернення уваги до збереження корінних поселень <http://www.landmarkmap.org/>.

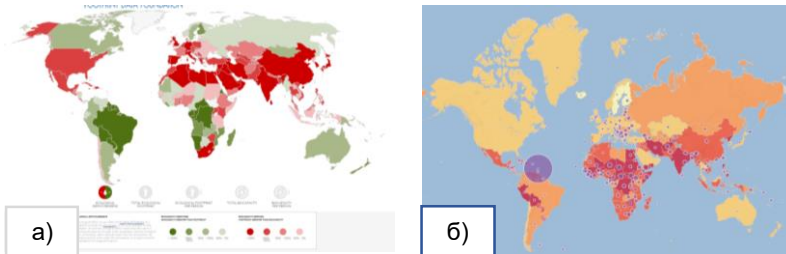


Рис. 8. ГІС-мапи екологічних впливів на соціальну підсистему

3-D земна куля на сайті <https://resourcewatch.org/data/pulse> в он-лайн режимі дозволяє проаналізувати ризики, вірогідні для природної рослинності, водного середовища, ґрунтів, атмосферного повітря, населення, природних небезпек виникнення пожеж, землетрусів, зсувів, вулканічної активності (рис. 9а). 2-D та 3-D моделі земної кулі з візуальним представленням останніх екстремальних подій у світі (пожежі, забруднення повітря, задиmlеність ультрафіолетовий індекс тощо) <https://earthhq.org/>.

Світловий слід від населених пунктів як один з фізичних чинників забруднення навколишнього природного середовища можна побачити <https://www.lightpollutionmap.info/#zoom=5.00&lat=49.5861&lon=31.9704&layers=B0TFFFFFFF>.

Інтерактивна мапа сміттєзвалищ України має функцію он-лайн сповіщення про виявлені несанкціоновані сміттєзвалища та засмічення з геолокаційною прив'язкою, можливістю завантажити фото на веб-портал <https://ecomapa.gov.ua/>. Цей сервіс постійно оновлюється, кожен може зайти на його сторінку, зареєструватися і залишити повідомлення про звалище. Інформація обробляється та надсилається у вигляді звернень громадян до відповідних органів для вжиття заходів щодо ліквідації виявлених засмічень (рис. 9б).

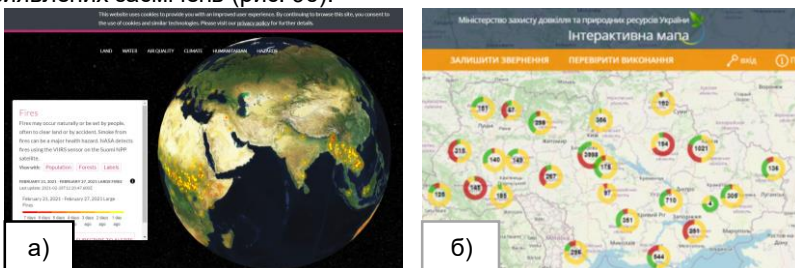


Рис. 9. Функціональні інтерактивні ресурси

Переважає більшість інтерактивних карт є комплексною та багатокомпонентною системою, яка базується на дотриманні умов певного стилістичного подання інформації та використанні конкретних одноманітних методик.

Висновки. Використання інтерактивних ГІС-технологій при викладанні дисциплін екологічного спрямування сприяє постійному оновленню репрезентативних даних. Розширення географічних можливостей при зборі аналітичних даних та різнопланової інформації за рахунок використання «виртуального глобусу» дозволяє розширювати коло об'єктів досліджень та проводити порівняльний аналіз або синтез для різних локацій. Позитивним фактором використання ГІС-технологій в освітньому процесі є створення вектору крос-дисциплінарного спрямування інформації, яка може використовуватись здобувачами при виконанні різних видів завдань, сприяти накопиченню фахових компетентностей та поглибленню знань.

Література

1. Даценко Л. М., Остроух В. І. Навчальний посібник «Основи геоінформаційних систем і технологій» як актуальна складова впровадження відповідальної програми курсу. *Часопис картографії*. 2013. Вип. 6. С. 217-223.
2. Haslett J. R. Geographic information systems. A new approach to habitat definition and the study of distributions. *Trends in ecology & evolution*. 1990. Vol. 5, № 7. P. 214-218. DOI: 10.1016/0169-5347(90)90134-Y.
3. Пилип'юк В. В. ГІС в екології: конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 102 с.
4. Сосько С. П. Досвід використання елементарних ГІС в екологічних дослідженнях. *Міждисциплінарні інтеграційні процеси у системі географічної та екологічної науки: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Тернопіль, 7-8 травня 2019 р.)*. Тернопіль : ТНПУ, 2019. С. 53-58.
5. Каменева І. П., Яцишин Я. В., Полішко Д. О., Попов О. О. Комплексний аналіз екологічної безпеки міста на основі сучасних ГІС-технологій. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2008. № 5. С. 41-46.
6. Козлова Т. В., Шевченко С. О. ГІС-аналіз екологічної якості урбанізованих територій. *Наукові технології*. 2012. № 1(13). С. 104-111.
7. Навитка М. Л., Лиса Н. К. Інформаційні технології для підтримки геоінформаційних систем контролю екологічного середовища. *Моделювання та інформаційні технології*. 2017. Вип. 81. С. 130-133.
8. Навитка М. Л., Лиса Н. К. Застосування електронних карт для ГІС технологій і екологічного моніторингу. *Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп'ютерних технологій в Україні: збірник тез доп. XIV Наук.-практ. конф., (м. Львів, 17-20 квітня 2018 року) / Нац. ун-т «Львів. Політехніка»*. Львів, 2018. С. 34-36.
9. Боголюбов В. М., Замостян В. П., Білявський Г. О. ГІС-освіта в екології: проблеми і перспективи розвитку. *Наукові записки НаУКМА. Сер. Біологія та екологія*. Київ, 2001. Т. 18, ч. 2. С. 418-419.
10. Gonzales R. et al. SFMN GeoSearch: An interactive approach to the visualization and exchange of point-based ecological data. *Ecological Informatics*. 2009. Vol. 4, № 4. P. 196-205. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2009.07.007.
11. АгроПогода України. URL : https://public.tableau.com/views/-mobile_15867828062590/sheet3?%3Adisplay_count=y&publish=yes&%3Atoolbar=n&%3Aorigin=viz_share_link&%3AshowVizHome=no

12. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. Україна приєдналася до Європейської системи онлайн висвітлення даних про якість атмосферного повітря. URL : <https://mepr.gov.ua/news/35512.html>

13. Dinerstein E., Joshi, A. R., & Vynne, C. A «Global Safety Net» to reverse biodiversity loss and stabilize Earth's climate. *Science Advances*. 2020. Vol. 6, № 36. DOI: 10.1126/sciadv.abb2824.

References

1. Datsenko, L. M., & Ostroukh, V. I. (2013). *Navchalnyi posibnyk «Osnovy heoinformatsiinykh system i tekhnolohii» yak aktualna skladova vprovadzhennia vidpovidnoi prohramy kursu* [The training manual «Fundamentals of geoinformation systems and technologies» as an actual component of the implementation of a responsible course program.]. *Chasopys kartohrafii – Journal of cartography*, (6), 217-223. [in Ukrainian].

2. Haslett J. R. (1990). *Geographic information systems. A new approach to habitat definition and the study of distributions*. *Trends in ecology & evolution*, Vol. 5, № 7, 214-218. DOI: 10.1016/0169-5347(90)90134-Y. [in English].

3. Pylypiuk V. V. (2019). *HIS v ekolohii: konspekt lektsii* [GIS in ecology: lecture notes]. Odesa [in Ukrainian].

4. Sonko S. P. (2019) *Dosvid vykorystannia elementarnykh HIS v ekolohichnykh doslidzhenniakh* [Experience of using elementary GIS in environmental studies]. *Mizhdystyplinarni intehratsiini protsesy u systemi heohrafichnoi ta ekolohichnoi nauky: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf. ... (m. Ternopil, 7-8 travnia 2019 r.) – Interdisciplinary integration processes in the system of geographic and environmental science: materials of the international science and practice conf. Ternopil : TNPU, 53-58 [in Ukrainian].*

5. Kameneva, I. P., Yatsyshyn, A. V., Polishko, D. O., & Popov, O. O. (2008). *Kompleksnyi analiz ekolohichnoi bezpeky mista na osnovi suchasnykh HIS-tekhnolohii* [Comprehensive analysis of the environmental security of the city based on modern GIS technologies]. *Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiediialnosti – Environmental ecology and life safety*, № 5, 41-46. [in Ukrainian].

6. Kozlova T. V., Shevchenko S. O. (2012) *HIS-analiz ekolohichnoi yakosti urbanizovanykh terytorii* [GIS analysis of ecological quality of urban areas]. *Naukoiemni tekhnolohii – Scientific technologies*, 1(13), 104-111. [in Ukrainian].

7. Navytka, M. L., & Lisa, N. K. (2017). *Informatsiini tekhnolohii dlia pidtrymky heoinformatsiinykh system kontroliu ekolohichnoho seredovyschcha* [Information technologies for the support of geoinformation systems for monitoring the ecological environment.]. *Modeliuvannia ta informatsiini tekhnolohii – Modeling and information technologies*, (81), 130-133. [in Ukrainian].

8. Navytka M. L., & Lysa N. K. (2018) *Zastosuvannia elektronnykh kart dlia HIS tekhnolohii i ekolohichnoho monitoryngu* [Application of electronic maps for GIS technologies and environmental monitoring.]. *Problemy ta perspektyvy rozvytku ekonomiky i pidpriemnytstva ta kompiuternykh tekhnolohii v Ukraini: zbirnyk tez dop. KhIV Nauk.-prakt. konf., (m. Lviv, 17-20 kvitnia 2018 roku) – Problems and prospects of the development of the economy and entrepreneurship and computer technologies in Ukraine: a collection of abstracts. XIV Scientific and practical conf. / Nats. un-t «Lviv. Politehnika»*. Lviv, 34-36. [in Ukrainian].

9. Boholiubov, V., Zamostian, V., & Biliavskiy, H. (2001). *HIS-osvita v ekolohii: problemy i perspektyvy rozvytku* [GIS education in ecology: problems and prospects for development.]. *Naukovi zapysky NaUKMA. Ser. Biolohiia ta ekolohiia – Scientific notes of NaUKMA. Ser. Biology and ecology*. Kyiv, 18(2), 418-419. [in Ukrainian].

10. Gonzales R. et al. (2009) SFMN GeoSearch: An interactive approach to the visualization and exchange of point-based ecological data. *Ecological Informatics*. Vol. 4, № 4. P. 196-205. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2009.07.007. [in English]

11. AhroPohoda *Ukrainy* [AgroPogoda of Ukraine]. URL : https://public.tableau.com/views/-mobile_15867828062590/sheet3?%3Adisplay_count=y&publish=yes&%3Atoolbar=n&%3Aorigin=viz_share_link&%3AshowVizHome=no [in Ukrainian].

12. *Ofitsiyniy sait Ministerstva zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. Ukraina pryednalasia do Yevropeiskoi systemy onlain vysvittlenia danykh pro yakist atmosferoho povitria* [Official website of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Ukraine has joined the European system of online coverage of air quality data]. URL: <https://mepr.gov.ua/news/35512.html> [in Ukrainian].

13. Dinerstein, E., Joshi, A. R., & Vynne, C. (2020). A «Global Safety Net» to reverse biodiversity loss and stabilize Earth's climate. *Sci Adv*. 6 (36). DOI: 10.1126/sciadv.abb2824. [in English].

АНОТАЦІЯ

Авторами запропоновано підбірку інтерактивних ГІС-додатків, зорієнтованих на застосування в освітньому процесі при підготовці фахівців-екологів. Більшість з представлених у тексті публікацій веб-ресурсів розроблені природоохоронними організаціями та спільнотами науковців на основі законодавчих норм, міжнародних договорів та Конвенцій, їх ключова мета – узагальнення підходів та методів обробки подання екологічних даних. Продукти дистанційного зондування земної поверхні дозволяють викладачу наочно продемонструвати глобальність природних, техногенних процесів та явищ, визначати локальні осередки забруднення та параметри змін стану навколишнього природного середовища, моделювати ймовірні екологічні ризики та наслідки їх впливу на природні екосистеми. Використання інтерактивних карт має ряд переваг у порівнянні з представленням даних у класичній формі, головними серед яких є системність сприйняття багатьох екологічних проблем, візуалізація аналітичної інформації, усвідомлення взаємозалежності зв'язків між різними компонентами біосфери. Аналіз кожної ГІС-карти дозволяє оцінити масштаб та тривалість процесу/явища, що часто унеможливується при математичній обробці статистичних даних та графічному їх представленні (наприклад, зіставлення відсотку заліснення різних регіонів України та порівняння цих же показників з даними лісистості для європейських країн). Таким чином, традиційний індуктивний метод сприйняття інформації повною мірою замінюється викладачем на дедуктивний. На відміну від традиційних методів навчання, використання цього інтерактивного підходу дозволяє одразу поєднувати чи порівнювати такі загальнонаукові методи наукового пізнання, як аналіз та синтез, з емпіричних методів наукового дослідження – порівняння та узагальнення. Також варто зазначити, що при створенні кейсів на основі ГІС-карт здобувачі вищої освіти мають змогу працювати з фактичними даними в режимі реального часу та при роботі з інформацією застосовувати знання, попередньо отримані при вивченні інших дисциплін, що суттєво важливо при впровадженні кроссдисциплінарного підходу, закладеного в основу структури зв'язків між освітніми компонентами ОП 101 Екологія. Інтерактивні ГІС-технології можуть використовуватись як методологічний супровід при викладанні лекційного матеріалу, проведенні практичних занять, виконанні самостійної роботи, пошукової діяльності, проведенні науково-дослідницької роботи.

Ключові слова: ГІС-карти, інтерактивні методи навчання, пошук, аналіз та синтез даних, візуалізація інформації.