

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-2-78-44>

УДК 528.946

Согор А.Р., Голубінка Ю.І., Шаповал В.В., Согор М.А.  
Національний університет «Львівська політехніка»

## ІНТЕРАКТИВНА КАРТА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЛЬВІВЩИНИ

**Анотація.** Оскільки на даний час не існує жодного картографічного матеріалу, який може візуалізувати проблему забруднення поверхневих вод Львівщини, головною метою цієї роботи було створення інтерактивної карти забруднення поверхневих вод області. Для досягнення цієї мети нами було зібрано та систематизовано геопросторові статистичні картографічні матеріали щодо екологічного стану поверхневих вод Львівщини. Визначено необхідне програмне забезпечення для розробки інтерактивної карти та вивчено його можливості. Розроблено алгоритм завантаження геопросторових даних у створюваний веб-ресурс. Підбрано шаблон аплікацій для створення веб-карт моніторингової мережі поверхневих вод Львівської області та скиду стічних вод за 2017-2018 роки в середовищі «ArcGIS Online». Таким чином, було розроблено дві інтерактивні карти забруднення поверхневих вод Львівщини в середовищі «ArcGIS Online».

**Ключові слова:** геопросторові дані, Держгеокадастр, екологічне картографування, забруднення поверхневих вод, інтерактивна карта, середовище «ArcGIS Online», середовище «Microsoft Office Excel».

Sohor Andrii, Holubinka Yuliia, Shapoval Volodymyr, Sohor Markiian  
Lviv Polytechnic National University

## INTERACTIVE MAP OF POLLUTION OF SURFACE WATERS OF LVIV

**Summary.** The ecological status of the surface waters of the Lviv region is influenced by closely related various factors, namely: soil pollution, atmosphere, change of landscape structure and technogenic congestion of the territory, inefficient work of sewage and treatment facilities, failure of the mapping of coastal water protection and marsh, as well as their non-observance, especially in settlements, pollution and clogging of rivers with household and other wastes, trellising of forests along streams in mountainous terrain. Ensuring balanced, ecologically safe development of individual territories of the state is possible only under the understanding of the functioning of natural and anthropogenic complexes within them. Another important problem that leads to surface water pollution in the region is the lack of water protection zones and coastal protection strips of water bodies in the territory of the region. Absence of planning and mapping materials and uncertainty on the terrain boundaries of water protection zones and coastal protection strips lead to violations of land and water legislation when using them. At present, the state of water bodies in Ukraine, and in particular in the Lviv region is at an unsatisfactory level. The main problems in this area are the progressive nature of the negative impact on the environmental and human health. As at present there is no cartographic material that can visualize the problem of surface water pollution in Lviv region, the main purpose of this work was to create an interactive map of surface water pollution. To achieve this goal, we collected and systematized geospatial statistical mapping materials on the ecological status of the surface waters of the Lviv region. The necessary software for the development of the interactive map is identified and its possibilities are examined. An algorithm for loading geospatial data into the created web resource has been developed. The application template for the creation of web-maps of the monitoring network of the surface water of the Lviv region and the discharge of sewage for 2017-2018 in ArcGIS Online environment was selected. Thus, two interactive maps of surface water contamination of Lviv region in ArcGIS Online environment were developed.

**Keywords:** geospatial data, State Service of Geodesy, Cartography and Cadastre, ecological mapping, surface water pollution, interactive map, ArcGIS Online environment, Microsoft Office Excel environment.

**Постановка проблеми.** Внаслідок тривалої експлуатації без необхідного поточного ремонту систем водопостачання і каналізації велика частина водопровідно-каналізаційних господарств Львівської області знаходяться в незадовільному технічному стані, частина з них в аварійному стані. Ця ситуація погіршується за рахунок скиду неочищених та недостатньо очищених комунальних і промислових стоків, внаслідок фізичного та морального зносу очисних споруд і відсутності коштів на будівництво.

На мулових полях біля очисних споруд міста Львова, яке експлуатує ЛМКП «Львівводоканал», накопилось понад 1,5 мільйона тонн нечистот. Кожної доби майданчики загальною площею 22 гектари поповнюються 3 тис. м<sup>3</sup> мулу, що приводять до загострення екологічної ситуації та порушення технологічного режиму. ЛМКП «Львівводоканал» належить до суб'єктів господарювання, що входять до «Переліку 100 об'єктів,

які є найбільшими забруднювачами довкілля в Україні» [1].

Скид неочищених стічних вод з очисних споруд здійснюється в басейни транскордонних річок (Дністер, Сян, Зах. Буг). Забруднення поверхневих вод транскордонних річок може призвести до негативних наслідків зі сторони сусідніх європейських країн. Важливою проблемою, що призводить до забруднення поверхневих вод на території області є відсутність водоохоронних зон та прибережно-захисних смуг водних об'єктів на території області [2].

На сьогодні водоохоронні зони та прибережно-захисні смуги водних об'єктів на території Львівської області не винесені в натуру, що порушує сприятливий природоохоронний режим водних об'єктів, призводить до їх забруднення і засмічення. Першочерговими та такими, що потребують негайного вирішення, з огляду на стан забруднення поверхневих вод, є питання роз-

ширення мулових майданчиків, утилізації мулу та знезараження стічної води на каналізаційно-очисних спорудах (КОС) м. Львова; будівництво очисних споруд для смт. Славське, м. Рава-Руська, м. Моршин, каналізаційний колектор в м. Брюховичі, КОС в м. Червоноград, м. Добромиль, м. Бібрка, м. Жидачів, м. Новояворівськ [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведений аналіз сучасних наукових публікацій показав, що проблема забруднення поверхневих вод потребує значної уваги та детального вивчення, оскільки негативна зміна в природі впливає на навколишнє середовище та на умови існування усього людства. Саме екологічним картографуванням можна наочно відобразити екологічну якість поверхневих вод та зробити певні висновки. Даною проблематикою займалися науковці Н.П. Ярема та О.В. Серант, М.С. Геба [4].

Екологічне картографування відрізняється від ряду інших галузей тематичного (геологічного, геоморфологічного, ґрунтового) картографування складністю визначення його предметної області. Основним об'єктом екологічного картографування є екосистеми різного рангу, масштаби антропогенного впливу на середовище, природоохоронні заходи, взаємовідносини організмів і середовища, екологічні ситуації. Таку проблематику досліджували вчені Н.П. Ярема, Т.Б. Марко, В.А. Лозинський [8].

Метою екологічного картографування є аналіз екологічної обставини і її динаміки, тобто виявлення просторової і часової зміни чинників природного середовища, що впливають на здоров'я людини і стан екосистеми. Для досягнення цієї мети вимагається виконати збір, аналіз, оцінку, інтеграцію, територіальну інтерпретацію і створити географічно коректне картографічне представлення дуже різноманітної, нерідко важко зіставної екологічної інформації. Цю проблематику вивчали дослідники О.В. Серант, О.Д. Кубрак, Т.М. Терех [6].

Забезпечення збалансованого, екологічно безпечного розвитку окремих територій держави можливе лише за умов розуміння, як функціонують природні та антропогенні комплекси, що перебувають у їх межах. Такий цілісний підхід до вивчення природних і техногенних об'єктів та використання отриманої на його основі екологічної інформації в процесі прийняття управлінських рішень визначають важливість і необхідність застосування сучасних географічних методологій. Підтвердженням актуальності екологічного картографування та посилення його ролі стало створення на базі Головного управління геодезії, картографії та кадастру Державної служби геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр).

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** На даний час стан водних об'єктів в Україні та, зокрема, у Львівській області знаходиться на незадовільному рівні. Основними проблемами у цій сфері є прогресуючий характер негативного впливу на екологічний стан довкілля та здоров'я людей.

На жаль, на даний момент не існує жодного картографічного матеріалу, який може візуалізувати проблему забруднення поверхневих вод Львівщини.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є створення інтерактивної веб-карти забруднення поверхневих вод Львівської області.

Для досягнення цієї мети в роботі поставлені та вирішені такі завдання:

- збір та систематизація геопросторових статистичних картографічних матеріалів, що стосуються екологічного стану поверхневих вод Львівської області;
- визначення необхідного для розробки інтерактивної карти забруднення поверхневих вод Львівської області програмного забезпечення та вивчення його можливостей;
- розробка алгоритму завантаження геопросторових даних забруднення поверхневих вод Львівщини у створюваний веб-ресурс;
- підбір та відображення статистичної геопросторової інформації;
- вибір шаблону з доступних аплікацій в середовищі «ArcGIS Online».

**Виклад основного матеріалу.** В даній роботі інтерактивна веб-карта створена за допомогою програмного середовища «ArcGIS Online».

*ArcGIS Online* – платформа, яка будучи світовим лідером серед платформ для побудови і використання геоінформаційних систем (ГІС), використовується у всьому світі для застосування географічних знань у практичній сфері державного управління, бізнесу, науки, освіти та ЗМІ. Система «ArcGIS» дозволяє публікувати географічну інформацію для доступу і використання будь-якими користувачами. Отже, це середовище для створення та обміну картами, відображення програм та даних, яка дає змогу використовувати, створювати та налаштовувати доступ до карт, сцен, шарів, додатків і даних [5].

*ArcGIS Online* дозволяє легко передавати файли та додавати вміст із електронної хмари. Підтримується багато типів файлів, включаючи електронні таблиці, *KML*, *GeoJSON* та звичайні геопросторові файли. Якщо потрібно уточнити дані, *ArcGIS Online* включає інструменти, які допоможуть підготувати їх до візуалізації та аналізу. Інтерактивні веб-карти підтримують в собі візуалізацію, редагування та аналіз інформації, їх можна переглядати за допомогою мобільних та комп'ютерних пристроїв [9].

Одним з типів карт, з яким можна працювати в *ArcMap* – це веб-карта, яку можна створити в веб-браузері за допомогою вьюера карт *ArcGIS.com* і використовувати будь-якому клієнту *ArcGIS* – *ArcGIS for Desktop*, мобільних і веб-додатках *ArcGIS* і т.д. Доступ до всіх картографічних сервісів *ArcGIS* забезпечується за допомогою створення веб-карт. Є можливість також використовувати *ArcGIS for Desktop* для публікації карти у вигляді сервісу [6].

Для того щоб користуватись веб-програмою та будувати в ній веб-карти, потрібно створити обліковий запис, який буде загальнодоступним для перегляду та користування в режимі онлайн. Цей запис є безкоштовним і дає змогу користуватись персональним інтернет-сховищем для зберігання даних і дозволяє створювати, обробляти та зберігати файли та карти.

*ArcGIS* дає можливість синтезувати дані з декількох джерел в один пов'язаний географічний вид. До цих джерел даних відноситься інформація

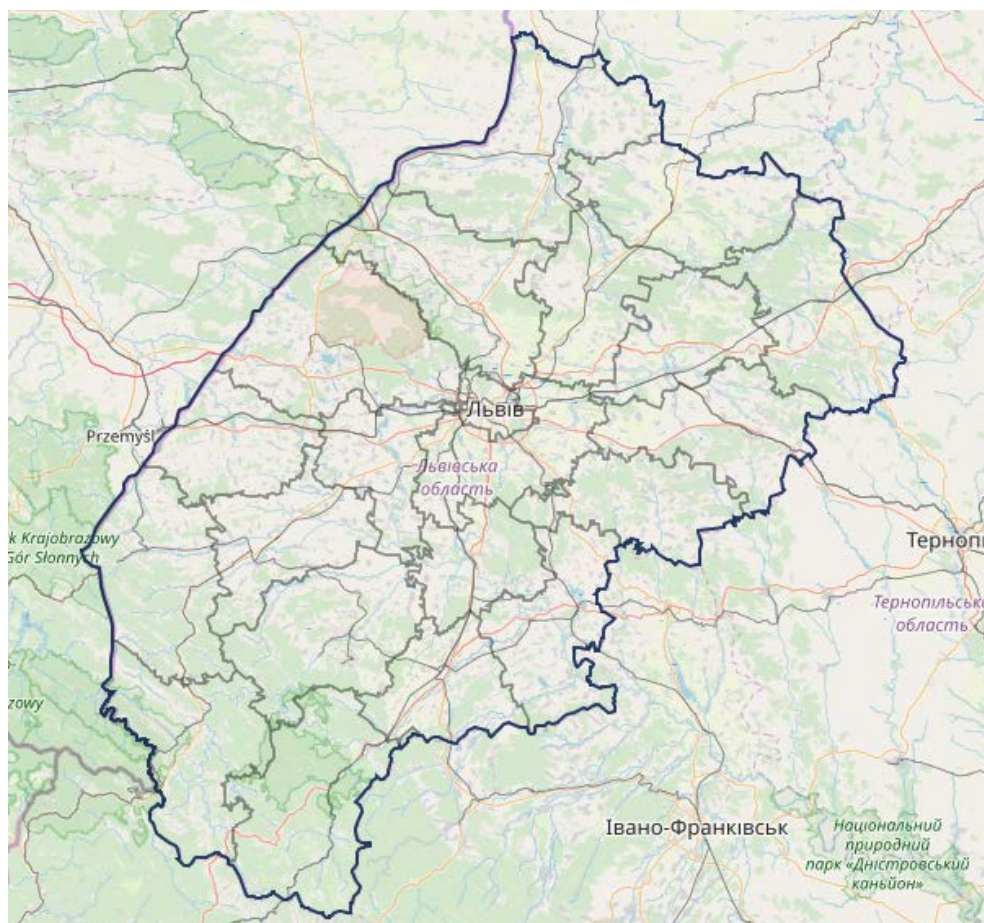


Рис. 1. Карта «OpenStreetMap»

Джерело: [6]

ція з географічних баз даних, табличних даних з систем управління базами даних (СКБД) та інших систем, файлів, електронних таблиць, фотографій і відео з географічними мітками, KML, CAD-даних, даних реального часу з датчиків, аерокосмічних і супутникових зображень і т. д. Фактично будь-який запис з географічним посиланням, наприклад, з назвою вулиці, міста, ідентифікатора земельної ділянки, GPS-координатами і т. д., може бути розміщений на карті і до нього може бути отриманий доступ [5; 6; 9].

Враховуючи вище сказане, для створення інтерактивної веб-карти ми скористалися досить зручним та популярним середовищем «ArcGIS Online». Для того щоб розпочати роботу в обраному середовищі, необхідно зібрати і структурувати дані у середовищі «Microsoft Office Excel». Для нашого випадку було розроблено три Excel-таблиці з даними, а саме:

- з інформацією по зафіксованих перевищеннях за показниками на підприємствах, які досліджувались Держекоінспекцією у Львівській області протягом 2014–2018 років;
- з інформацією по скиду стічних вод після очисних споруд;
- з інформацією по спостереженнях за якістю поверхневих вод на прикордонних річках.

Для візуалізації використаємо карту «OpenStreetMap» у програмному середовищі «ArcGIS Online» з межами Львівщини та межами районів області (рис. 1).

Багато веб-карт містять інтерактивні елементи, наприклад, галерею базових карт, вона дозволяє перемикатися між картами, наприклад, між знімком і мережею вулиць, а також інструменти вимірювання, спливаючі вікна, що відображають атрибути вибраних об'єктів, і кнопки для відображення даних з плином часу. Карти створюються з використанням шарів даних із сервісів і файлів, щоб донести певне повідомлення або надати необхідні можливості для карти. Розроблені карти можна відкривати в звичайних веб-браузерах та на мобільних пристроях. Цим картам можна надати загальний доступ за допомогою посилань, вставок у веб-сайти.

Щоб не перенавантажувати карту, було вирішено розробити дві різні інтерактивні карти, кожна з яких буде відображати конкретну інформацію.

Для початку, визначимо місце розташування підприємств забруднювачів поверхневих вод та пунктів збору проб води.

Для вирішення цієї проблеми було використано середовище «Google Maps» із зазначенням місця розташування кожного підприємства (рис. 2).

А також місце розташування пунктів збору проб на річках (рис. 3).

Далі цю інформацію потрібно завантажити в «ArcGIS Desktop», для цього шар з пунктами експортуємо в KML/KMZ.

Після цих дій відкриваємо «ArcGIS Desktop», в якій попередньо було додано шар з районами Львівської області, відкриваємо ArcToolbox/Conversion Tools/From KML/KML to Layer.

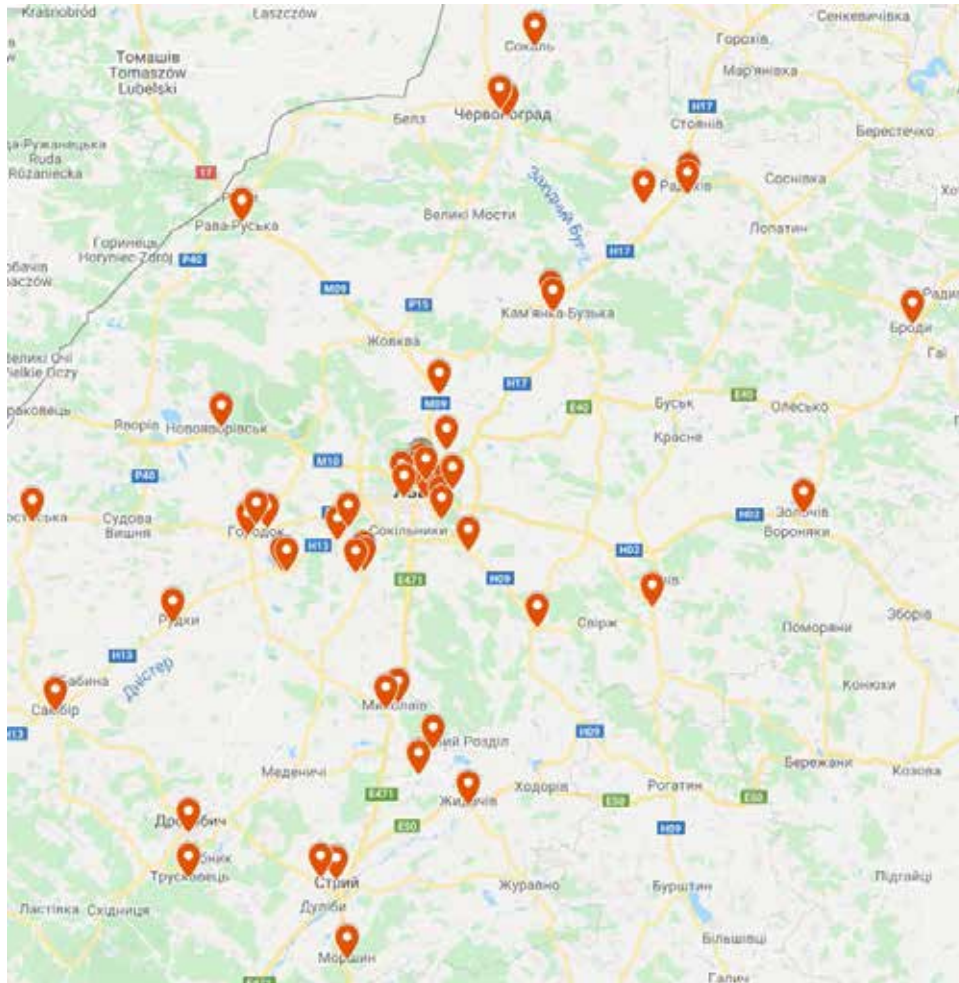


Рис. 2. Карта підприємств забруднювачів

Джерело: розроблено авторами

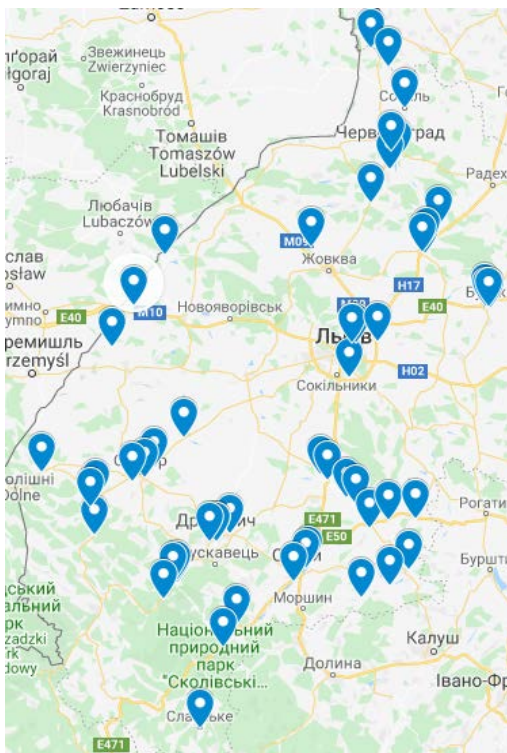


Рис. 3. Карта з пунктами збору проб на річках

Джерело: розроблено авторами за даними [1; 2; 3]

Одержуємо завантажений *KML*-файл в «ArcGIS» (рис. 4).

Далі цей завантажений файл за допомогою функції «ArcToolbox» експортуємо в «Shapefile», для цього відкриваємо вище зазначену функцію та знаходимо потрібний *KML*-файл, також за допомогою функції «Environments» вмикаємо значення «*M Values*» та «*Z Values*». Ця інформація включає в себе *M*-значення і *Z*-значення, що використовуються зазвичай для зберігання маршрутної і висотної інформації.

Після завантаження даних в «ArcGIS Desktop», потрібно вибрати всі річки, з яких бралися проби води. Для цього скористаємося функцією «Select By Attributes», де повинні обрати потрібну річку.

В результаті всіх вище зазначених дій було отримано таку карту в програмному середовищі «ArcGIS» (рис. 5).

Після укладання карти в програмному середовищі «ArcGIS Desktop», всі ці дані потрібно завантажити в «ArcGIS Online», для цього всі оброблені в «Shapefile» матеріали експортуємо в обрану папку та архівуємо.

Після стилізації, символізації та обробки всіх шарів, карту можна перенести у відкритий доступ за допомогою функції «Share». Дана функція дозволяє або зробити вставку у вже існуючий сайт, або розробити власну аплікацію. В даному випадку ми розробили власну аплікацію.

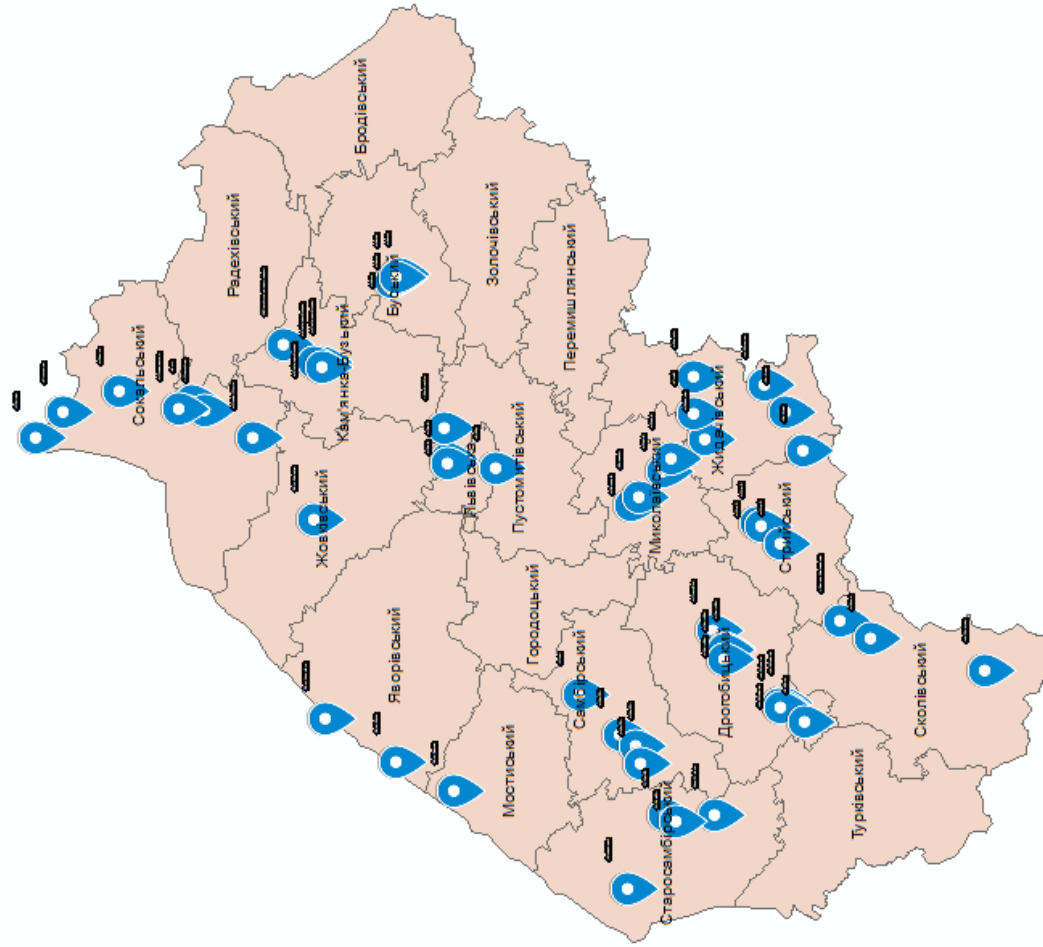


Рис. 4. Завантажений KML-файл

Джерело: розроблено авторами

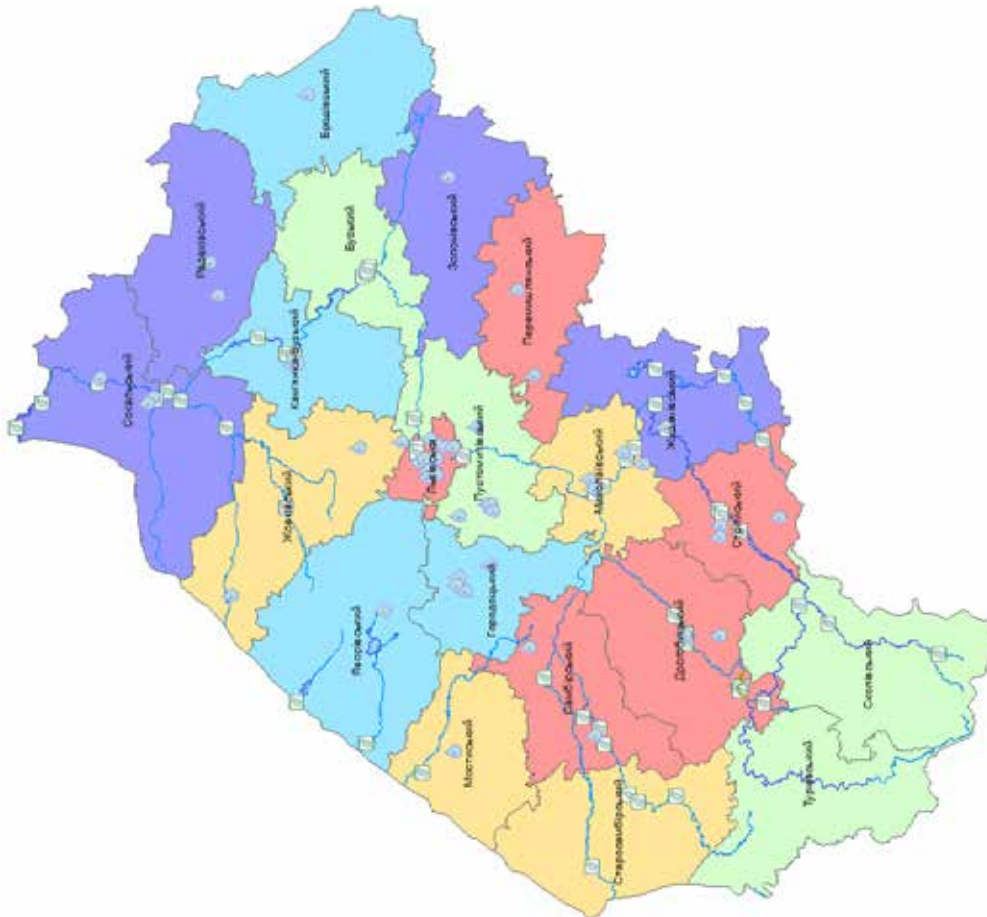


Рис. 5. Карта, розроблена в «ArcGis»

Джерело: розроблено авторами

Результатом цих дій ми створили дві карти з різною тематикою, а саме:

– Моніторингова мережа поверхневих вод Львівської області (рис. 6).

– Скид стічних вод за 2017–2018 роки (рис. 7).

Отримавши чотири веб-додатки, є декілька методів для їх розповсюдження:

– поділитись ним за допомогою соціальних мереж;

– впровадити карту на тематичний веб-сайт;

– поділитись посиланням з друзями та знайомими.

Створені веб-додатки можна переглянути за посиланням:

1. <https://arcg.is/1qCTrm>

2. <https://arcg.is/1XrL0W>

**Висновки і пропозиції.** Таким чином, досліджуючи проблему забруднення поверхневих вод Львівської області, можна підсумувати наступне:

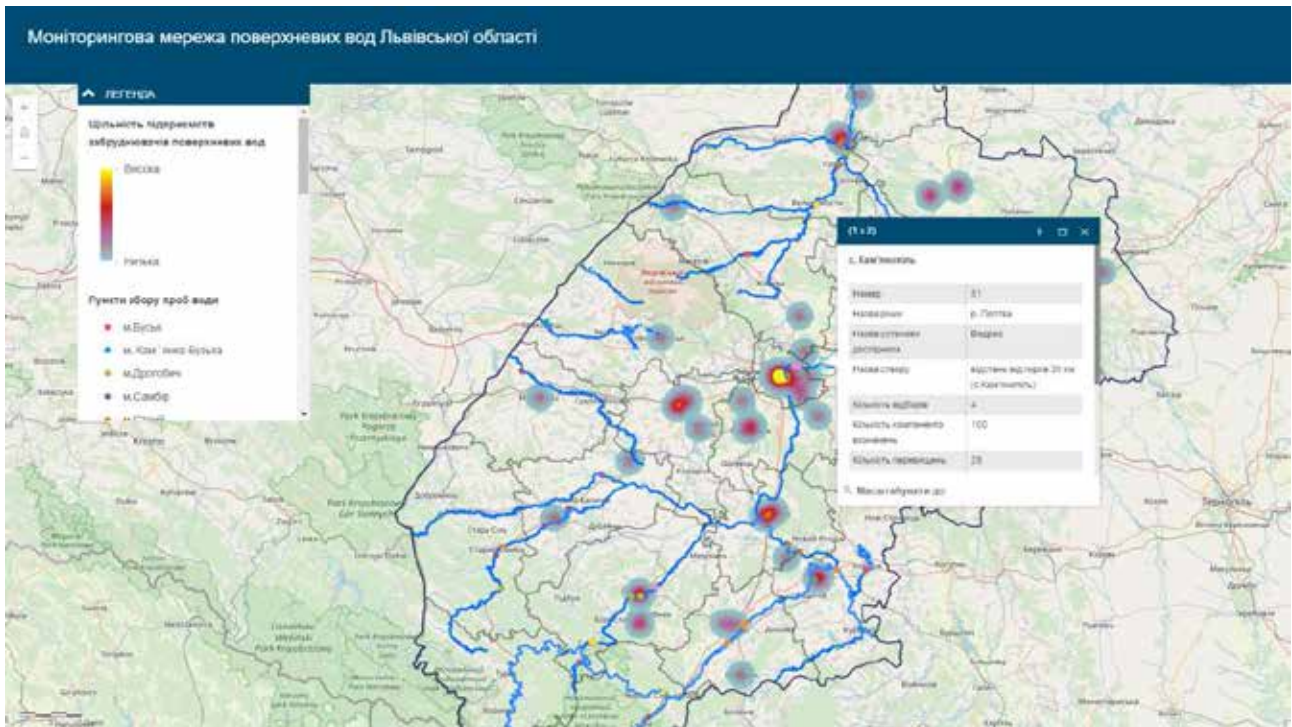


Рис. 6. Карта моніторингової мережі поверхневих вод Львівської області

Джерело: розроблено авторами за даними [1; 2; 3]

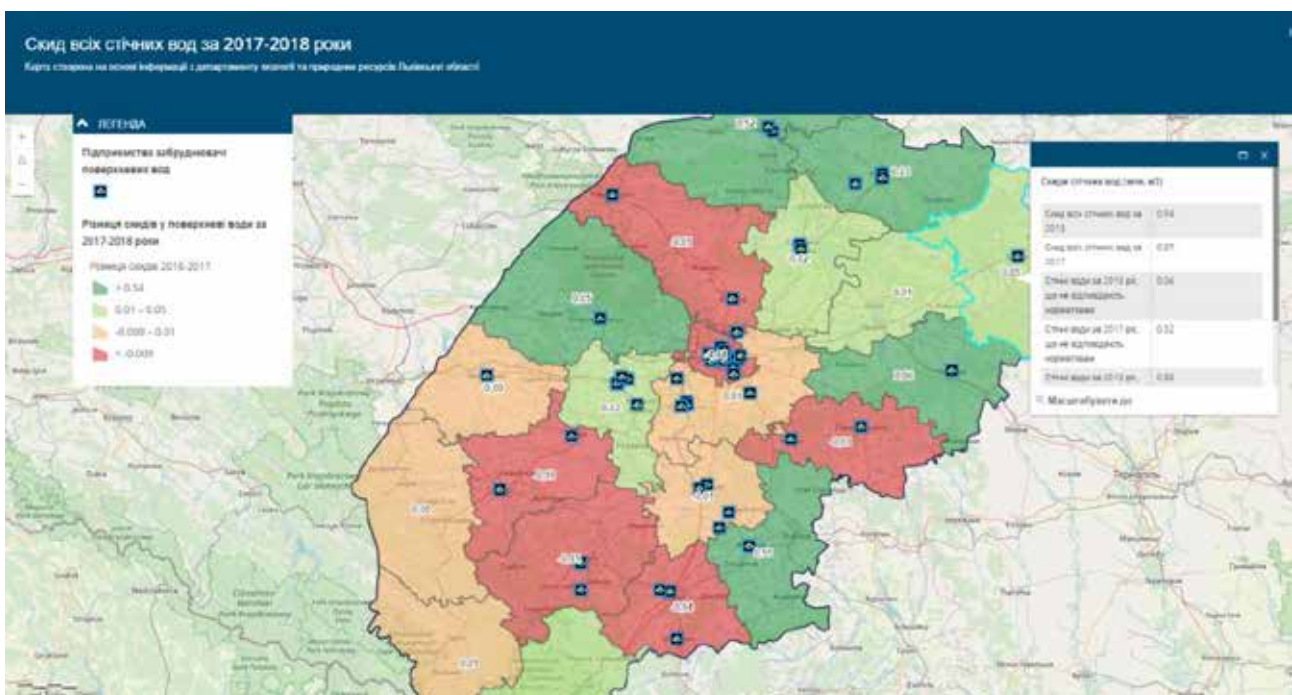


Рис. 7. Карта скиду стічних вод за 2017-2018 роки

Джерело: розроблено авторами за даними [2; 3]

1. Нами було зібрано та систематизовано геопросторові статистичні картографічні матеріали щодо екологічного стану поверхневих вод Львівщини.

2. Визначено необхідне програмне забезпечення для розробки інтерактивної карти та вивчено його можливості.

3. Розроблено алгоритм завантаження геопросторових даних у створюваний веб-ресурс.

4. Нами підібрано шаблон аплікацій для створення веб-карт моніторингової мережі поверхневих вод Львівської області та скиду стічних вод за 2017–2018 роки в середовищі «ArcGIS Online».

5. Розроблено дві інтерактивні веб-карти забруднення поверхневих вод Львівщини в середовищі «ArcGIS Online».

## Список літератури:

1. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації / Екологія Львівщини 2016. Львів : СПОЛОМ, 2017. 127 с.
2. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації / Екологічний паспорт Львівської області за 2017 рік. Львів : СПОЛОМ, 2018. 170 с.
3. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації / Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Львівській області в 2018 році. Львів : СПОЛОМ, 2019. 297 с.
4. Согор А.Р., Ярема Н.П., Геба М.С., Серант О.В. Створення екологічних карт Львівщини за даними моніторингу атмосферного повітря. *Молодий вчений*. 2018. № 6(58). С. 23–27.
5. Согор А.Р., Ярема Н.П., Бридун А.М., Лех І.П. Створення інтерактивної карти забруднення атмосферного повітря Львівщини. *Молодий вчений*. 2019. № 2(66). С. 303–306.
6. Ярема Н.П., Серант О.В., Кубрак О.Д., Терех Т.М. Веб-картографування сміттєзвалищ Львівської області. *Молодий вчений*. 2019. № 11(75). С. 167–171.
7. Ярема Н.П., Марко Т.Б. Забруднення навколишнього природного середовища твердими побутовими відходами на прикладі Львівської області. *Екогеофорум 2017. Актуальні проблеми та інновації* : матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Івано-Франківськ, 22-25 березня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 369–370.
8. Ярема Н.П., Марко Т.Б., Лозинський В.А. Картографування забруднення навколишнього природного середовища Львівщини твердими побутовими відходами. *GeoTerrace-2016* : матеріали міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених (Львів, 15-17 грудня 2016 р.). Львів, 2016. С. 166–167.
9. Ярема Н.П., Полохович Ю.М., Кубрак О.Д., Серант О.В. Створення інтерактивної карти сміттєзвалищ Львівської області. *Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні, лісовпорядкуванні та природокористуванні* : матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції (Ужгород, 4-6 жовтня 2018 р.). Ужгород, 2018. С. 119–123.

## References:

1. Department of Ecology and Natural Resources of Lviv Regional State Administration (2017). *Ekolohiia Lvivshchyny 2016* [Ecology of Lviv region 2016]. Lviv: SPOLOM.
2. Department of Ecology and Natural Resources of Lviv Regional State Administration (2018). *Ekolohichniy pasport Lvivskoi oblasti za 2017 rik* [Environmental passport of Lviv region for 2017]. Lviv: SPOLOM.
3. Department of Ecology and Natural Resources of Lviv Regional State Administration (2019). *Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha u Lvivskii oblasti v 2018 rotsi* [Regional report on the state of the environment in the Lviv region in 2018]. Lviv: SPOLOM.
4. Sohor A.R., Yarema N.P., Heba M.S., & Serant O.V. (2018). Stvorennia ekolohichnykh kart Lvivshchyny za danymy monitorynhu atmosfernoho povitria [Creation of ecological maps of Lviv region according to atmospheric air monitoring]. *Molodyi vchenyi*, no. 6(58), pp. 23–27.
5. Sohor A.R., Yarema N.P., Brydun A.M., & Lekh I.P. (2019). Stvorennia interaktyvnoi karty zabrudnennia atmosfernoho povitria Lvivshchyny [Creating an interactive map of air pollution in Lviv region]. *Molodyi vchenyi*, no. 2(66), pp. 303–306.
6. Yarema, N.P., Serant, O.V., Kubrak, O.D., & Terekh T.M. (2019). Web-kartohrafuvannia smittiezvalyshch Lvivskoi Oblasti [Web-mapping of landfills in Lviv region]. *Molodyi vchenyi*, no. 11(75), pp. 167–171.
7. Yarema, N.P., Marko, T.B. (2017). Zabrudnennia navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha tverdymy pobutovymy vidkhodamy na prykladi Lvivskoi oblasti [Pollution of the natural environment with solid household waste by the example of Lviv region]. Proceedings of the *Ekoheoforum 2017. Aktualni problemy ta innovatsii: Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia (Ukraine, Ivano-Frankivsk, March 22-25, 2017)*. Ivano-Frankivsk, pp. 369–370.
8. Yarema, N.P., Marko, T.B., & Lozynskiy, V.A. (2016). Kartohrafuvannia zabrudnennia navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha Lvivshchyny tverdymy pobutovymy vidkhodamy [Mapping of environmental pollution of the Lviv region with solid household waste]. Proceedings of the *GeoTerrace-2016: Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia molodykh vchenykh (Ukraine, Lviv, December 15-17, 2016)*. Lviv, pp. 166–167.
9. Yarema, N.P., Poliukhovych, Yu.M., Kubrak, O.D., & Serant, O.V. (2018). Stvorennia interaktyvnoi karty smittiezvalyshch Lvivskoi oblasti [Creating an interactive map of landfills in Lviv region]. Proceedings of the *Novi tekhnologii v heodezii, zemlevporiadkuvanni, lisovporiadkuvanni ta pryrodokorystuvanni: Materialy IX Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Ukraine, Uzhhorod, October 4-6, 2018)*. Uzhhorod, pp. 119–123.