

УДК 351.651: 620.26: 004.422

Нуянзін В. М., канд. техн. наук, Биченко А. О., канд. техн. наук, доц., Пустовіт М. О.,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України

## УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ПРОГНОЗУВАННЯ МАСШТАБІВ АВАРІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ОБІГОМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН

На основі аналізу стану техногенної та природної безпеки в Україні, діючих методик розрахунків наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин у разі аварії на хімічно небезпечних об'єктах (далі – ХНО) та транспорті, переваг та недоліків сучасних світових програмних комплексів, таких як АЛОНА, WISER, «Программа Определение зон заражения АХОВ», обґрунтовано необхідність та запропоновано створення web-сервісу для проведення аварійної оцінки обстановки при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах та транспорті. Розроблений web-сервіс буде використано в роботі підрозділів ДСНС України та інших зацікавлених служб для підготовки пропозицій щодо прийняття управлінських рішень або при проведенні різного роду навчань, які пов'язані з обігом небезпечних хімічних речовин.

**Ключові слова:** ліквідація надзвичайної ситуації, хімічно небезпечний об'єкт, небезпечні хімічні речовини, WEB-сервіс, аварія, прогнозування наслідків.

**Постановка проблеми.** Головним завданням держави загалом та ДСНС України, як органа виконавчої влади, є забезпечення безпеки життєдіяльності населення країни. Згідно з даними Аналітичного огляду стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2016 рік [1] в Україні існує високий рівень ризику виникнення НС, пов'язаних із аваріями з викидом або загрозою викиду небезпечних хімічних речовин. В Україні на об'єктах різного призначення зберігається, використовується, транспортується більше 285 тис. т небезпечних хімічних речовин.

Серед таких об'єктів: підприємства виробництва вибухових речовин та боєприпасів, виробництва неорганічних речовин, нафто- й газопереробні заводи, підприємства виробництва продуктів органічного синтезу, склади і бази із запасами отрутохімікатів для сільського господарства, магістральні аміако- та етиленопроводи тощо.

За ступенем хімічної небезпеки об'єкти розподіляються на 4 ступені:

I ступінь – 44 об'єкти (у зонах можливого хімічного зараження від кожного з них мешкає більше 3,0 тис. осіб);

II ступінь – 99 об'єктів (від 0,3 до 3,0 тис. осіб);

III ступінь – 112 об'єктів (від 0,1 до 0,3 тис. осіб);

IV ступінь – 456 об'єктів (менше 0,1 тис. осіб).

Зважаючи на таку велику кількість ХНО головними завданнями ДСНС України є постійний моніторинг ситуації на даних об'єктах (включаючи систему раннього визначення вилливу (викиду) хімічно небезпечних речовин та оповіщення виробничого персоналу і населення, що працює та проживає у зоні можливого хімічного забруднення) та проведення оперативних дій щодо локалізації, ліквідації можливої надзвичайної ситуації (події) та прийняття рішення про проведення евакуації.

Саме з метою підвищення ефективності роботи аварійно-рятувальних підрозділів в напрямку підтримки прийняття управлінських рішень, щодо локалізації та ліквідації техногенних аварій, які пов'язані з обігом небезпечних хімічних речовин в усьому світі широко використовуються різного роду оперативні програмні комплекси та сервіси [2-5].

Одним із завдань, що стоїть перед ДСНС України є розробка програмного комплексу, який би дозволяв проводити розрахунки масштабів надзвичайних ситуацій, які пов'язані з вилливом (викидом)

небезпечних хімічних речовин з врахуванням особливості місцевості, погодних умов з подальшим накладанням результатів розрахунків на карту місцевості.

Тому задачами досліджень є:

- провести аналіз методик прогнозування масштабів аварій, пов'язаних з обігом небезпечних хімічних речовин;
- проаналізувати та обрати мову програмування та інтегроване середовище розробки для реалізації web-сервісу;
- проаналізувати можливості існуючих геоінформаційних систем щодо обробки та візуалізації даних відповідно до вимог конкретного проекту.

**Аналіз останніх досліджень.** На теперішній час в Україні не існує жодного програмного комплексу, який би дозволяв проводити розрахунки з визначення зони хімічного зараження, хоча подібні автоматизовані комплекси існують і використовуються в багатьох країнах світу.

Основою для побудови подібних комплексів можуть бути методики та окремі групи математичних моделей. Зокрема в Російській Федерації широко використовуються «Методичні вказівки з оцінки наслідків аварійних викидів небезпечних речовин» (ТОКСІ - 3). Вони призначені для кількісної оцінки наслідків хімічних аварій на небезпечному виробничому об'єкті з викидом небезпечних хімічних речовин (далі – НХР) в атмосферу та поширюється на випадки викиду НХР в атмосферу як в однофазному (газ або рідина), так і в двофазному (газ і рідина) стані.

В Україні також розроблена методика, що дозволяє здійснити довгострокову (оперативну) та аварійну оцінку обстановки шляхом прогнозування масштабів забруднення у разі виникнення аварії з виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин із технологічних ємностей на хімічно небезпечних об'єктах, автомобільному, річковому, залізничному та трубопровідному транспорті. Вона поширюється на НХР, які, у разі виникнення аварії, переходять у навколишнє середовище у газоподібному, пароподібному та аерозольному агрегатному станах із

утворенням первинної та/або вторинної хмари НХР та не поширюється на НХР, які за температури навколишнього середовища і атмосферного тиску не переходять у газоподібний, пароподібний або аерозольний стани. Ця методика буде слугувати основою для розробки Web-сервісу.

В США для цих цілей використовується програмний комплекс ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*) [2]. Комплекс ALOHA призначений для використання при проведенні розрахунків під час розливу небезпечних хімічних речовин, в допомогу аварійно-рятувальним службам в ліквідації аварій пов'язаних з небезпекою поширення токсичних повітряних мас, теплового випромінювання від пожеж та ефектів вибуху.

ALOHA використовує графічний інтерфейс для введення даних та відображення результатів. Вплив токсичних хімічних парів, надлишкового тиску, теплового випромінювання або областей, де присутні легкозаймісті гази, представлені графічно та з текстом. Комплекс ALOHA був розроблений та підтримується Відділенням реагування на надзвичайні ситуації 1, департаментом Національної агенції океану та атмосфери у співпраці з Управлінням надзвичайних ситуацій Агентства з охорони довкілля.

Основою методології ALOHA є моделі дисперсії повітря для оцінки ризику інгаляції, пов'язаної з токсичними хімічними речовинами в повітрі, та ступенем займистої хмари. Ці моделі дисперсії повітря використовуються для прогнозування того, як концентрація забруднювача, коли викидається в атмосферу, коливається залежно від часу та положення. ALOHA включає в себе дві напівемпіричні моделі дисперсії повітря: Гаусова модель використовується для прогнозування напрямку поширення хмари, яка легше повітря; модель Heavy Gas використовується для забруднюючих хмар, які важчі за повітря.

Оскільки ALOHA обмежується хімічними речовинами, які потрапляють в повітря, це включає в себе моделі для оцінки швидкості, з якою хімічна речовина

вивільняється з ємності та випаровується. Ці моделі "джерела сили" можуть бути важливими компонентами у процесі оцінки небезпек. ALOHA пов'язує моделі "джерела сили" з дисперсійною моделлю для оцінки просторової протяжності токсичних хмар, горючих парів та вибухових речовин парової хмари.

Проте ALOHA не моделює всіх комбінацій "джерела сили", сценарію та категорії небезпеки для сценаріїв спалювання. Користувач повинен вибрати певну комбінацію з обмеженим вибором. Також, слід відмітити, що можливість накладання результатів розрахунків зон зараження на карту місцевості можлива лише за допомогою ручного вводу даних, що значно ускладнює та сповільнює роботу з комплексом.

В країнах Євросоюзу, а також в США, використовується програмний комплекс *WISER (Wireless Information System for Emergency Responders)* [3] (Бездротова інформаційна система для фахівців з реагування на НС) - концепція системи для надання допомоги фахівцям з реагування на НС в місці їх виникнення - хімічних, біологічних або радіоактивних - з інтегрованою інформацією, підтримкою прийняття рішень та зв'язку. *WISER* забезпечує швидко та зручну доступність критичної хімічної інформації на мобільних пристроях, таких як КПК, настільні комп'ютери Windows, планшетні комп'ютери, настільні ноутбуки, мобільні телефони та термінали мобільних даних. Він допомагає ідентифікувати хімічні речовини, і, як тільки речовина буде визначена, надає рекомендації щодо оперативних дій, необхідних для рятування людей та захисту навколишнього середовища. Інформація про речовини та ідентифікаційні властивості походять від Банку даних щодо небезпечних речовин (HSDB), що розроблений та підтримується Національною Бібліотекою медицини США.

Дані *WISER* надходять з Банку даних небезпечних речовин (HSDB). HSDB - файл токсикологічних даних у мережі Національної бібліотеки медицини (NLM) токсикологічних даних (TOXNET®). Він містить інформацію про вплив на людину,

промислому гігієну, процедури екстреної обробки, вплив на навколишнє середовище, регуляторні вимоги та пов'язані з ними області. Всі дані посилаються і виводяться з основного набору книг, державних документів, технічних звітів та обраної основної літератури.

В деяких країнах колишнього Радянського Союзу використовується програма «Визначення зон зараження АХНР (по Своду правил: *Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне*)» [4] розроблена ЗАТ НВП «Инжмашпроект» на основі СП 165.1325800 і призначена для прогнозування масштабів можливого хімічного зараження при аваріях на технологічних ємностях і сховищах, при транспортуванні залізничним, трубопровідним та іншими видами транспорту, а також в разі руйнування об'єктів, віднесених до хімічно небезпечних.

Програма призначена для завчасного та оперативного прогнозування масштабів забруднення на випадок викидів сильнодіючих отруйних речовин (НХР) в навколишнє середовище при аваріях (руйнуваннях) на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті.

**Викладення основного матеріалу.** Під час реалізації Web-сервісу, що фактично є програмним продуктом, постає питання вибору оптимальної мови програмування, що можна виконати шляхом порівняння існуючих. З цією метою нами проаналізовано найбільш поширені середовища та мови програмування для вибору оптимальної.

C++ - мова програмування високого рівня з підтримкою декількох парадигм програмування: об'єктно-орієнтованої, узагальненої та процедурної. Розроблена Б'ярном Страуструпом в AT&T Bell Laboratories 1979 року та початково отримала назву «Сі з класами». Згодом Страуструп перейменував мову на C++ у 1983 р. Базується на мові С. Вперше описана стандартом ISO/IEC 14882:1998, найбільш актуальним же є стандарт ISO/IEC 14882:2014 [6, 7].

Переваги:

- висока швидкість роботи програм на C++.

- розробка програмного забезпечення для найрізноманітніших платформ і систем.

- можливість роботи на низькому рівні з пам'яттю, адресами, портами.

- можливість створення узагальнених алгоритмів для різних типів даних, їхня спеціалізація, і обчислення на етапі компіляції, з використанням шаблонів.

- підтримуються різні стилі та технології програмування, включаючи традиційне директивне програмування, об'єктно-орієнтоване, узагальнене програмування, метапрограмування (шаблони, макроси)

C++ також є корисним при реалізації ПЗ у багатьох інших контекстах, основними з яких є інфраструктура програмного забезпечення та обмежені ресурсами програми, включаючи настільні додатки, сервери (наприклад, електронна комерція, веб-пошук або SQL-сервери) та критично важливі додатки (наприклад, телефонні перемикачі або космічні зонди).

**Python** проста у використанні, та водночас повноцінна мова програмування, що надає набагато більше засобів для структурування і підтримки великих програм. З іншого боку, вона краще за C++ обробляє помилки, і, будучи мовою високого рівня, має вбудовані типи даних високого рівня, такі як гнучкі масиви і словники, ефективна реалізація яких на C потребує значних витрат часу. Основна сфера застосування - написання скриптів та швидка розробка прикладних програм у багатьох галузях на більшості платформ [8].

Відмінностей Python від інших мов доволі багато, перерахуємо основні з них:

- Керування пам'яттю - цілком автоматичне — не потрібно хвилюватися щодо розподілу або звільнення пам'яті. Немає загрози “небезпечного посилання”. Java - єдина мова, що пропонує таку концепцію.

- Типи, зв'язані з об'єктами, а не зі змінними. Це означає, що змінній може бути призначене значення будь-якого типу, і що (наприклад) масив може містити об'єкти різних типів. Традиційні мови не надають такої можливості.

- Операції звичайно виконуються в більш високому рівні абстракції. Це частково результат того, як написана мова, і частково результат розширеної стандартної бібліотеки кодів, що поставляється разом з Python.

Ці та інші особливості Python роблять розгортання додатків надзвичайно швидким. Продуктивність створеного додатку залежить від його особливостей. Звичайно, для чисельного алгоритму, що виконує звичайну арифметику цілого числа в циклі 'for', неважливо, на якій мові він написаний. Але для “середнього” додатка, збільшення продуктивності може бути досить значним.

Недолік Python, у порівнянні з іншими мовами, полягає в тому, що це - не цілком компільована мова; замість цього, вона частково транслює програму до внутрішньої форми байт-коду, і цей байт-код виконується інтерпретатором Python. Однак, у перспективі – сучасні комп'ютери мають так багато не використовуваного обчислювального потенціалу, що для 90% додатків швидкодія зв'язана з вибором мови. Java теж компілюється в байт-код, але в даний час працює повільніше ніж Python у більшості випадків. Крім того, дуже просто об'єднати Python з модулями, написаними на C або C++, які можна використовувати, щоб збільшити швидкість роботи програм в критичних ділянках.

Програми, написані на Python, в цілому працюють повільніше, ніж програми на Java, але при цьому їх розробка займає набагато менше часу; вони в 3-5 разів коротше, ніж їх аналоги на Java. Ця різниця може бути приписана вбудованим в Python на високому рівні типів даних і їх динамічній типізації.

Python набагато краще підходить в якості інтегруючої мови, в той час як Java швидше характеризується як мова низкорівневого виконання. За фактом, разом вони являють собою прекрасну комбінацію. Компоненти можуть розроблятися на Java і комбінуватися для формування програми в Python. Python також може бути використаний для прототипування компонентів, поки їх модель не буде закріплена в реалізації на Java.

З точки зору швидкодії - C/C++ найшвидша мова програмування, але для багатьох проблем Java дуже близька за

швидкістю. Python може бути повільним, але при необхідності критичні частини можуть бути написані в C++. За сучасної швидкості виконання досить рідко лімітом є кеш-пам'ять та швидкість доступу до дисків.

Отже, оптимальною мовою програмування для даних задач ми вбачаємо мову програмування Python.

Для написання якісного програмного продукту окрім мови програмування нам потрібно вибрати також інструментальне програмне забезпечення.

Інструментальне програмне забезпечення - програмне забезпечення, призначене для використання в ході проектування, розробки і супроводу програм [8].

Одним із видів інструментального програмного забезпечення є інтегроване середовище розробки (далі – ІСР) – комплекс програмних засобів, який використовується програмістами для розробки програмного забезпечення [8].

Середовище розробки включає в себе:

- текстовий редактор,
- компілятор і / або інтерпретатор,
- засоби автоматизації збирання,
- відладчик.

Іноді містить також засоби для інтеграції з системами управління версіями і різноманітні інструменти для спрощення конструювання графічного інтерфейсу користувача. Багато сучасних середовищ розробки також включають браузер класів, інспектор об'єктів і діаграму ієрархії класів - для використання при об'єктно-орієнтованій розробці ПЗ.

ІСР зазвичай призначені для декількох мов програмування.

Використання ІСР для розробки програмного забезпечення є прямою протилежністю способу, в якому використовуються незв'язані інструменти, такі як текстовий редактор, компілятор, і т.п. Інтегровані середовища розробки були створені для того, щоб максимізувати продуктивність програміста завдяки тісно пов'язаним компонентам з простими для користувача інтерфейсами. Це дозволяє розробнику робити менше дій для перемикання різних режимів, на відміну від дискретних програм розробки. Однак так як

ІСР є складним програмним комплексом, то середовище розробки зможе якісно прискорити процес розробки ПО лише після спеціального навчання. Для зменшення бар'єру входження багато ІСР досить інтерактивні, а для полегшення переходу з однієї на іншу інтерфейс у одного виробника максимально близький, аж до використання однієї ІСР.

ІСР зазвичай являє собою єдину програму, в якій проводиться вся розробка. Вона, як правило, містить багато функцій для створення, зміни, компілювання, розгортання і налагодження програмного забезпечення. Мета інтегрованого середовища полягає в тому, щоб об'єднати різні утиліти в одному модулі, який дозволить абстрагуватися від виконання допоміжних завдань, тим самим дозволяючи програмісту зосередитися на вирішенні власне алгоритмічного завдання і уникнути втрат часу при виконанні типових технічних дій (наприклад, виклику компілятора). Таким чином, підвищується продуктивність праці розробника. Також вважається, що тісна інтеграція завдань розробки може далі підвищити продуктивність за рахунок можливості введення додаткових функцій на проміжних етапах роботи. Наприклад, ІСР дозволяє проаналізувати код і тим самим забезпечити миттєвий зворотний зв'язок і повідомити про синтаксичні помилки.

Нами було проаналізовано найбільш популярні інтегровані середовища розробки за декількома критеріями, зокрема:

- підтримка різних мов програмування;
- підтримка сторонніх фреймворків;
- платність/безкоштовність ІСР;
- підтримка систем управління версіями;
- автоматичне доопрацювання коду.

### **PyCharm**

Розроблено під Python, Javascript, Coffeescript, Typescript, HTML/CSS, AngularJS, Node.js і інші мови. Присутні можливості інтегрованого модульного тестування, перевірки коду, інтегрованого контролю версій, інструменти рефакторингу коду, набір інструментів для навігації проекту, виділення і автоматичного завершення. Підтримка ряду сторонніх фреймворків для веб-розробки, таких як

Django, Pyramid, web2py, Google App Engine і Flask, робить його універсальним ІСР для швидкої розробки додатків [9].

Є безкоштовні видання для студентів/навчальних закладів і проєктів з відкритим вихідним кодом.

### **PyDev**

ІСР виступає в якості плагіну Python для програмного продукту Eclipse [10]

Підтримується всіма відомими операційними системами

ІСР у вільному доступі по публічній ліцензії Eclipse

Має функціонал з обробки та доопрацювання коду, інтеграцію налагодження Python, додавання токен-браузера, інструменти рефакторинга.

Має можливість створення нових проєктів фреймворку Django, виконання команд Django за допомогою гарячих клавіш і використання окремої конфігурації запуску лише для Django.

### **WingWare**

Містить потужний інструмент налагодження, який дозволяє встановлювати контрольні точки, має можливість покрокового виконання коду, перевірки даних, віддаленого налагодження і налагодження шаблонів фреймворку Django. Підтримка фреймворку matplotlib з автоматичним оновленням графіків. Також надається можливість автоматичного доопрацювання коду, підсвічування синтаксису, вихідний браузер, графічний відладчик і підтримка систем управління версіями [11].

В доступі лише платна версія продукту.

### **Komodo IDE**

Підтримка фреймворку Django: підсвічування синтаксису і завершення коду для шаблонів. Містить базові функції, такі як рефакторинг коду, автозаповнення, calltips, зіставлення дужок, браузер коду, перехід до визначення, графічне налагодження, багатопроецесність відладки, багатопотокова відладка, конфігурація точки зупинки, профілювання коду, інтеграція з тестованим юнітом і інтеграція зі сторонніми бібліотеками, такими як pyWin32. Також в наявності такі функції як інтеграція менеджера пакетів, відстеження змін, інструмент для перегляду нотатків, швидкі

закладки, перехід до всього (Commando) і багато іншого [12].

В доступі лише платна версія продукту.

### **Python-IDLE**

Частина стандартної бібліотеки Python.

Дуже корисне ІСР при роботі з невеликими фрагментами Python і експериментами з різними функціями [13].

Отже, для потреб розробки web-сервісу згідно проведеного аналізу можливостей інтегрованих середовищ розробки найкращими співвідношеннями володіє PyCharm, що має певні переваги при роботі з фреймворками, зокрема з Django.

Важливим елементом при розробці сучасного програмного комплексу є можливість автоматичного нанесення результатів розрахунку (зон зараження) на карту місцевості. Цю можливість забезпечують геоінформаційні системи (ГІС).

До складу програмного забезпечення (ПЗ) стали включатися комп'ютерні системи картографічної інформації або геоінформаційні системи. Поява ГІС пов'язана з тим, що традиційні способи обробки та подання інформації не забезпечували збільшення потреб ПЗ за рішенням топографічних завдань, особливо у випадках великомасштабних і лісових пожеж, а також із загальною тенденцією розширюється застосування графічної форми подання інформації. Електронні картографічні системи дозволяють на новому рівні вирішувати традиційні картографічні завдання щодо забезпечення діяльності підрозділів ПЗ, в тому числі, підготовці планів пожежогасіння та інших графічних матеріалів, «прив'язаних» до місцевості. Сучасні аналітичні можливості ГІС забезпечують вимірювання відстаней, площ, ухилів, напрямків по карті, створення цифрової моделі місцевості і накладення на неї будь-якої доступної інформації, розрахунок статистичних показників і т.д. Наочність графічної інформації, візуальне сприйняття і можливість проведення оперативних розрахунків дозволяють керівнику краще контролювати ситуацію і швидше приймати необхідні рішення.

Для застосування в програмних продуктах з використанням картографічної

інформації на сьогоднішній день існує велика кількість геоінформаційних систем. Найбільш перспективними та доступними є сервіси Google Maps та Open Street Maps [14, 15].

Google Maps розробляються та постійно удосконалюються корпорацією Google, що зумовлює високу стабільність роботи та постійну технічну підтримку. Open Street Maps – карти з відкритим доступом, фінансуються за рахунок пожертвувань фізичних та юридичних осіб, мають велику спільноту користувачів та розробників по всьому світу.

OpenStreetMap - це проект з відкритими даними. Він надає доступ до карт в самому необробленому вигляді, безкоштовно - за відкритою ліцензією.

Карти Google не відкриті на рівні даних необробленої (сирої) карти. Google (як і інші власники даних) зберігає цю інформацію заблокованою, щоб зберегти комерційну перевагу, і виставляти продукти та послуги, що проплачують рекламні збори. Вони також захищають свої права на базові дані карти з різними обмеженнями авторських прав та умов використання.

Таким чином, існує потреба порівняти переваги та недоліки даних картографічних сервісів з метою подальшого використання при розробці Web-сервісу.

Google Maps та Open Street Maps для відображення картографічної інформації використовують супутникові знімки місцевості, що надаються їм відповідними компаніями. На основі даних знімків відбувається поступове відображення різноманітних шарів у векторному форматі для забезпечення поточних потреб. Також кожен з вищевказаних сервісів містять в собі набір служб, що потрібні для коректної роботи користувачів.

API геокодування - це служба, за допомогою якої можливо перетворити адресу в координати. Точність геокодування API Google Maps дуже висока, і вона може перетворити практично будь-яку адресу в координати широти та довготи. Ліміт стандартного використання API має політику до 2500 запитів на день безкоштовно, для додаткових запитів корпорація Google виставляє рахунок. Для Open Street Maps ми

маємо безкоштовний сервіс Nominatim, який розміщений на багатьох приватних серверах. Сервіси MapQuest і Mapbox також надають послуги перетворення адреси в координати як платне рішення.

Служба Google GeoDirection - це служба, що обчислює відстань між двома координатами чи адресами та надає інтерактивний маршрут по карті. Вона також передбачає декілька способів пересування маршрутом, де користувач може вибрати між рухом громадським транспортом, автомобілем, прогулянкою або їздом на велосипеді. API може використовувати будь-який користувач через сервер або клієнтську сторону з лімітом використання до 2500 запитів на безкоштовні маршрути в день. Open Street Maps не має GeoDirection API, існують інші платні рішення, такі як Mapbox, MapQuest.

У Google є унікальний видовий інтерфейс типу Place API, який можна встановити на будь-якому веб-сайті або в додатку. Він містить список місцезнаходжень (поштовий індекс, область, місто, держава, країна) і зберігає фільтрацію під час введення адреси за допомогою його типових характеристик. Ця служба API працює з Google Maps API і має обмеження використання, але для веб-сайтів з незначною кількістю відвідувачів досягнення обмеження досить велике. Open Street Maps не вистачає такого безкоштовного сервісу, а сторонній постачальник Mapbox, надає таку послугу як служба даних.

Карти Google підтримують накладання для зображень та основних форм, таких як Polyline, Polygon, Circle тощо, вони також надають бібліотеку для малювання, яку можна легко використовувати для веб-сервісу користувача. У картах Open Street, однакові або більші функціональні можливості можуть бути досягнуті за допомогою сторонніх бібліотек, таких як Leaflet, яка є безкоштовною і може бути розширена для ваших потреб.

Карти Google підтримують велику кількість типів шарів даних, які включають шар KML, шари даних для землетрусів, карти тепла, таблиці злиття та ін., а також забезпечує рівень даних для громадського

трафіку, транзитного транспорту та велосипедних шарів. У Open Street Maps ці шари не є частиною проекту, вони можуть бути отримані з Mapbox або служби Mapquest.

З метою всебічного доступу користувачів та можливості використання програмного комплексу на різних операційних системах даний комплекс повинен бути розроблений у вигляді web-сервісу, що дасть змогу користуватися ним з будь-якої операційної системи та будь-якого пристрою.

#### **Висновки.**

В результаті проведеного аналізу методик прогнозування масштабів аварій, пов'язаних з обігом небезпечних хімічних речовин встановлено відносну валідність існуючих у світі методик, тому їх вибір може бути зумовлений діючими нормативними документами замовника.

Для забезпечення повноцінної роботи web-сервісу завдяки вбудованим можливостям та при залученні сторонніх фреймворків найбільш оптимальним вибором є мова програмування Python. Ключовими відмінностями даної мови є цілком автоматичне керування пам'яттю, зв'язаність типів з об'єктами, а не зі змінними та високий рівень абстракції при виконанні операцій. Доступність та відносна простота реалізації проектів за допомогою Python

виводять її в лідери серед мов програмування високого рівня.

Для потреб розробки web-сервісу згідно проведеного аналізу можливостей інтегрованих середовищ розробки найкращими співвідношеннями володіє PyCharm, що має певні переваги при роботі з фреймворками, зокрема з Django.

Аналіз можливостей геоінформаційних систем, показав, що карти Google відрізняються значно легшим та простішим використанням закладених функцій, проте якщо для картографічного проекту потрібні додаткові налаштування та керування, варто звернутися до рішення Open Source, яким є Open Street Maps, що забезпечує більше можливостей щодо обробки та візуалізації даних відповідно до вимог конкретного проекту.

На нашу думку, результати досліджень, що виконані вище, дозволять реалізувати web-сервіс, здатний здійснювати оперативне прогнозування наслідків аварій на хімічно небезпечних об'єктах та транспорті з можливістю візуалізації результатів прогнозування з конкретно прив'язкою до місцевості.

Подальші дослідження будуть спрямовані на реалізацію запропонованої методики прогнозування обраною мовою програмування та створення відповідного web-сервісу.

## **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2016 рік [Електронний ресурс] / Державна служба України з надзвичайних ситуацій ; відп. вип. О. М. Євдін, В. В. Коваленко, В. С. Кропивницький. - Київ : [б. в.], 2017. - 433 с.

2. ALOHA Software [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software> . – Назва з екрану.

3. Wireless Information System for Emergency Responders [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wiser.nlm.nih.gov/> . – Назва з екрану.

4. Программа Определение зон заражения АХОВ (по СП 165.1325800) [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

[http://imp-npp.ru/?page\\_id=41](http://imp-npp.ru/?page_id=41). – Назва з екрану.

5. Нуянзін В.М. Основні засади створення інформаційно-аналітичної системи для забезпечення дій за призначенням підрозділів ОРС ЦЗ / А.О. Биченко, В. М. Нуянзін, М. О. Пустовіт, М. Ю. Удовенко, А. А. Нестеренко // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека № 1 (1) 2016. – с. 133 – С. 73-79.

6. ISO/IEC 14882:2014 - Information technology -- Programming languages -- C++. ISO. Evolving a language in and for the real world: C++ 1991—2006, Bjarne Stroustrup

7. Електронний ресурс Python Functional Programming. Режим доступу:



- <https://docs.python.org/3/howto/functional.html>
8. Guido van Rossum, Python Reference Manual, release 2.4.4, 18 October 2006.
9. Електронний ресурс «PyCharm Features». Режим доступу: <https://www.jetbrains.com/pycharm/features/>
10. Електронний ресурс «PyDev Manual» Режим доступу: <http://www.pydev.org/manual.html>
11. Електронний ресурс «WingWare Manual» Режим доступу: <https://wingware.com/doc/manual>
12. Електронний ресурс «Komodo IDE Manual» Режим доступу: <http://docs.activestate.com/komodo/11/manual/>
13. Електронний ресурс «Python IDLE» Режим доступу: <https://docs.python.org/3/library/idle.html>
14. Електронний ресурс «Дополнительные условия использования сервисов "Google Карты" и "Google Планета Земля".» Режим доступу: [http://maps.google.com/help/terms\\_maps.html](http://maps.google.com/help/terms_maps.html)
15. Електронний ресурс «OpenStreetMap Help» Режим доступу: <https://www.openstreetmap.org/help>

## REFERENCES

1. Analitichnyi ohliad stanu tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini za 2016 rik [Elektronnyi resurs] / Derzhavna sluzhba Ukrainy z nadzvychainykh sytuatsii ; vidp. vyp. O. M. Yevdin, V. V. Kovalenko, V. S. Kropyvnytskyi. - Kyiv : [b. v.], 2017. - 433 s.
2. ALOHA Software [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://www.epa.gov/comeo/aloha-software> . – Nazva z ekranu.
3. Wireless Information System for Emergency Responders [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <https://wiser.nlm.nih.gov/> . – Nazva z ekranu.
4. Prohramma Opredelenye zon zarazheniya AKhOV (po SP 165.1325800) [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: [http://imp-npp.ru/?page\\_id=41](http://imp-npp.ru/?page_id=41) . – Nazva z ekranu.
5. Nuianzin V.M. Osnovni zasady stvorennia informatsiino-analitichnoi systemy dlia zabezpechennia dii za pryznachenniam pidrozdiliv ORS TsZ / A.O. Bychenko, V. M. Nuianzin, M. O. Pustovit, M. Yu. Udovenko, A. A. Nesterenko // Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka № 1 (1) 2016. – s. 133 – S. 73-79.
6. ISO/IEC 14882:2014 - Information technology -- Programming languages -- C++. ISO. Evolving a language in and for the real world: C++ 1991—2006, Bjarne Stroustrup
7. Elektronnyi resurs Python Functional Programming. Rezhym dostupu: <https://docs.python.org/3/howto/functional.html>
8. Guido van Rossum, Python Reference Manual, release 2.4.4, 18 October 2006.
9. Elektronnyi resurs «PyCharm Features». Rezhym dostupu: <https://www.jetbrains.com/pycharm/features/>
10. Elektronnyi resurs «PyDev Manual» Rezhym dostupu: <http://www.pydev.org/manual.html>
11. Elektronnyi resurs «WingWare Manual» Rezhym dostupu: <https://wingware.com/doc/manual>
12. Elektronnyi resurs «Komodo IDE Manual» Rezhym dostupu: <http://docs.activestate.com/komodo/11/manual/>
13. Elektronnyi resurs «Python IDLE» Rezhym dostupu: <https://docs.python.org/3/library/idle.html>
14. Elektronnyi resurs «Dopolnytelnye uslovyia yspolzovaniya servysov "Google Карты" y "Google Planeta Zemlia".» Rezhym dostupu: [http://maps.google.com/help/terms\\_maps.html](http://maps.google.com/help/terms_maps.html)
15. Elektronnyi resurs «OpenStreetMap Help» Rezhym dostupu: <https://www.openstreetmap.org/help>

*Нуязин В. М., канд. техн. наук, Быченко А. А., канд. техн. наук, доцент, Пустовит М. А.,  
Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля  
Национального университета гражданской защиты Украины*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СРЕДСТВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАСШТАБОВ АВАРИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОБОРОТОМ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

*На основе анализа состояния техногенной и природной безопасности в Украине, действующих методик расчетов последствий утечки (выброса) опасных химических веществ при аварии на химически опасных объектах (далее - ХОО) и транспорте, преимуществ и недостатков современных мировых программных комплексов, таких как ALOHA, WISER, «Программа Определение зон заражения АХОВ», обоснована необходимость и предложено создание web-сервиса для проведения аварийной оценки обстановки при*

*авариях на химически опасных объектах и транспорте. Разработанный web-сервис будет использован в работе подразделений ДСНС Украины и других заинтересованных служб для подготовки предложений по принятию управленческих решений или при проведении разного рода учений, связанных с оборотом опасных химических веществ.*

**Ключевые слова:** *ликвидация чрезвычайной ситуации, химически опасный объект, опасные химические вещества, WEB-сервис, авария, прогнозирование последствий.*

*V. Nuyanzin, PhD in Technical Sciences, A. Bychenko, PhD in Technical Sciences, Docent, M. Pustovit,  
Cherkassy institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes  
National University of Civil Protection of Ukraine*

## **IMPROVEMENT OF MEANS FOR PREDICTING THE SCOPE OF ACCIDENTS RELATED TO THE TRAFFIC OF DANGEROUS CHEMICALS**

*The analysis of the state of technogenic and natural safety in Ukraine is carried out. As a result of the analysis, it is established that there is a high level of risk of emergencies in Ukraine related to accidents with emission or release of hazardous chemicals. In Ukraine more than 285 thousand tons of hazardous chemicals are stored, used, transported for objects of different purposes. The current Ukrainian and world-wide methods of forecasting the scale of discharge (release) of hazardous chemicals in the event of an accident at chemically hazardous objects and transport have been analyzed. The paper presents the advantages and disadvantages of operating world software systems, such as ALOHA, WISER, "Program for the determination of ECDS infection zones". We grounded necessity and proposed to create a software complex for emergency rescue units of SES of Ukraine for carrying out an emergency assessment of the situation during accidents at chemically hazardous objects and transport in the form of a web-service. In order to choose the optimal programming language, the most common programming environments and languages are analyzed, as a result of analysis, Python programming language is chosen as the optimal programming language for these tasks. In order to*

*create a high-quality software product, in addition to the programming language, the analysis on the choice of optimal software tools was carried out. As a result of the analysis, it was found that PyCharm, which has certain advantages in working with frameworks, in particular with Django, has the best correlation for the needs of web-service development according to the analysis of the possibilities of integrated development environments. To ensure the possibility of automatic application of calculation results (zones of contamination) on the map of the area, we analyzed the capabilities of modern geographic information systems (GIS). The analysis of the capabilities of geographic information systems has shown that Google maps and Open Street Maps correspond to our requirements. The results presented in this paper will allow the implementation of a web-service capable of efficient predicting the consequences of accidents at chemically hazardous objects and transport with the ability to visualize the results of forecasting with a specific reference to the area.*

**Keywords:** *liquidation of an emergency, chemically dangerous object, hazardous chemicals, WEB-service, accident, prediction of consequences.*