

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА ПРОГНОЗНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

GEO-INFORMATION FORECASTING AND ANALYTICAL SYSTEM DECISION-MAKING SUPPORT IN EMERGENCY CONDITIONS SITUATION

Сергій Ємельяненко, відділ організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру, *E-mail*: yemelyanenko@ldubgd.edu.ua, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, *ORCID*: 0000-0002-2766-8428

<https://doi.org/10.32447/bcet.2025.28>

Анотація. На основі роботи програм microGIS, ARCGIS, ENVI, MARPLOT, CAMEO, ALOHA, PIROSIM, FDS, FDS+EVAK, WFDS, PATHFINDER, створено Геоінформаційну прогнозно-аналітичну систему підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру, яка може поєднати різні аналітичні методи та методики оцінювання наслідків НС різних класів на одній платформі для підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних та для ефективного управління.

Геоінформаційна прогнозно-аналітична система дозволить швидко ідентифікувати надзвичайні ситуації природного і техногенного характеру на етапі запобігання їх виникнення та покращить управління під час їх виникнення.

Мета. Описати основні завдання та роботу Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій, що дозволить швидко прогнозувати наслідки надзвичайних ситуацій природного, техногенного характеру, зокрема і воєнного характеру на етапі запобігання та виникнення, що стосуються можливих випадків руйнувань на територіях з потенційними загрозами. А також дозволить покращити можливості прогнозування наслідків аварій та пожеж у громадських об'єктах та об'єктах критичної інфраструктури для відповідної адаптації захисту та діяльності з підвищення стійкості.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні моделей і алгоритмів для створення Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій, для служби цивільного захисту, максимально адаптованої до потреб користувачів, розробленні рекомендації її використання в ситуаційних центрах та в структурних підрозділах.

Ключові слова: Геоінформаційна система, надзвичайні ситуації, кризове управління, пожежі, громадські об'єкти, прогнозування, програмне забезпечення.

Annotation. Based on the work of the programs microGIS, ARCGIS, ENVI, MARPLOT, CAMEO, ALOHA, PIROSIM, FDS, FDS+EVAK, WFDS, PATHFINDER, it is necessary to create a Geoinformation predictive and analytical decision-making support system in the conditions of emergency situations of a natural, man-made and military nature, which could combine different analytical methods and techniques for assessing the consequences of emergencies of different classes on one platform to support decision-making in emergency situations and for effective management.

Geoinformation forecasting and analytical system will allow to quickly identify emergency situations of natural and man-made nature at the stage of preventing their occurrence and will improve management during their occurrence.

Purpose. Describe the main tasks and work of the Geo-information predictive and analytical decision-making support system in emergency situations, which will allow to quickly predict the consequences of natural, man-made emergencies, in particular, of a military nature at the stage of prevention and occurrence, related to possible cases of destruction in territories with potential threats. And it will improve the ability to predict the consequences of accidents and fires in public facilities and critical infrastructure facilities for the appropriate adaptation of protection and resilience-building activities.

The scientific novelty of the obtained results consists in the creation of models and algorithms for the creation of a Geo-information predictive and analytical decision-making support system in emergency situations, for the civil protection service, maximally adapted to the needs of users, the development of recommendations for its use in situational centers and in structural units.

Keywords: Geoinformation system, emergency situations, crisis management, fires, public facilities, forecasting, software.

ВСТУП

Україна стикнулася з масштабними надзвичайними ситуаціями, спричиненими російською агресією, що створює необхідність пошуку нових рішень та удосконалення діяльності ситуаційних центрів управління в надзвичайних ситуаціях ДСНС України на основі ГІС-технологій в системах підтримки прийняття рішень. Створення геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій, зокрема, воєнного характеру є сьогодні одним з пріоритетних і перспективних глобальних тенденцій, і є актуальним для служб цивільного захисту в Україні.

У зв'язку з технічним прогресом у світі, розвитком технологічної бази в підрозділах цивільного захисту з'являються можливості вдосконалення програмних продуктів, які підтримують зберігання і обмін картографічними даними під час прийняття управлінських рішень у завданнях прогнозування та ліквідації надзвичайних ситуацій, оцінюванні ефективності рятувальних заходів, ставить завдання розвитку і вдосконалення програмних продуктів, і технологій оперування ними. Програмне забезпечення на основі геоінформаційних систем має функції накопичування баз даних інформації, будувати карти загроз для різних об'єктів, територій та територіальних громад, що дає змогу запобігти виникненню та розвитку надзвичайних ситуацій.

МЕТОДОЛОГІЯ

Геоінформаційні системи охоплюють чотири основні напрями: підготовка, реагування, пом'якшення наслідків і відновлення. Завдяки моделюванню сценаріїв розвитку аварій, катастроф та інших надзвичайних ситуацій, підрозділи ДСНС України та інші оперативні служби можуть суттєво підвищити свою готовність до реагування⁷⁹¹.

Геоінформаційні системи дозволяють створювати та аналізувати різні шари, що може допомогти визначити закономірності виникнення певної надзвичайної ситуації з плином часу, що досягається за допомогою програм дистанційного зондування та геоінформаційних систем для розуміння її природи виникнення, що може допомогти у вирішенні складних проблем планування та управління, а також у прийнятті управлінських рішень⁷⁹². Проте для цього необхідна стабільна політична підтримка, відповідне законодавче забезпечення, чітко визначена інституційна відповідальність і наявність кваліфікованих фахівців. Створення та функціонування систем

⁷⁹¹ T. J. COVA GIS in emergency management

https://www.geos.ed.ac.uk/~gisteac/gis_book_abridged/files/ch60.pdf

⁷⁹² Geographic Information System (GIS) for Disaster Response & Emergency Management. URL:

<https://www.linkedin.com/pulse/geographic-information-system-gis-disaster-response-infotech/>

раннього попередження надзвичайних ситуацій на основі геоінформаційних систем має розглядатися як пріоритетний напрям державної політики. Наприклад, в країнах ЄС створений так званий «Європейський пул цивільного захисту»⁷⁹³ – це групи екстреного реагування з технічним обладнанням для підтримки заходів з реагування на надзвичайні ситуації. Коли трапляється лихо, і національні ресурси вичерпані, через механізм цивільного захисту ЄС (Європейський пул цивільного захисту) може надаватися допомога постраждалим країні. В найкоротші терміни надається негайна допомога від країн учасниць, що дозволяє значно зменшити наслідки аварій чи катастроф, а головне надати вчасно необхідну допомогу для порятунку життів і мінімізації збитків. Європейський пул цивільного захисту дозволяє краще організовувати, більш передбачувано та узгоджено операції ЄС при ліквідації надзвичайних ситуацій.

Управління під час надзвичайних ситуацій у Великобританії здійснюється на підставі Національного реєстру ризиків⁷⁹⁴, який включає інформацію багатьох департаментів та агенцій, відповідальних за управління кризою у Великобританії. Документ публікується з 2008 року, згідно з положеннями, що містяться в ньому у Стратегії національної безпеки (Великобританії), і описує основні категорії ризиків та способи їх запобігання, а також оцінку ризиків⁷⁹⁵. Аналіз проводиться шляхом оцінки наслідків і ймовірності основних загроз у майбутніх 5 років, при цьому пріоритет надається загрозам, які можуть мати прямий вплив на діяльність держави. Щороку уряд Великобританії проводить оцінку ризиків: Національна оцінка ризиків – NRA (National Risk Assessment).

Федеральне агентство з управління надзвичайними ситуаціями у США (FEMA)⁷⁹⁶ підкреслило важливу роль у залученні до допомоги при надзвичайних ситуаціях місцевих громад, приватного сектору та навчених волонтерів щодо реагування на катастрофи та відновлення. FEMA вбачає необхідність покласти на ці групи більше обов'язків.

У монографії⁷⁹⁷ описано процес управління кризовими та надзвичайними ситуаціями, надається огляд законодавчої бази та політики щодо кризових і надзвичайних ситуацій. Авторами описано ролі та обов'язки основних учасників, залучених до реагування на кризові та надзвичайні ситуації, отримані з власного досвіду, і обговорюється менеджмент управління комунікаціями під час кризової чи надзвичайної ситуації.

У статті⁷⁹⁸ акцентується увага на аспектах координування під час виникнення надзвичайних ситуацій та висвітлюються логістичні і координаційні проблеми, включаючи асиметричний потік інформації, їх правильну оцінку та швидке перенаправлення інформації. Описуються ролі та функції координаційного центру, переваги спільного розміщення всіх необхідних служб та відомств в одному приміщенні, правильне укомплектування даних приміщень та застосування картографічного програмного забезпечення.

⁷⁹³ European Civil Protection Pool https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/what/civil-protection/european-civil-protection-pool_en

⁷⁹⁴ . Dokument zawiera zgodny z nomenklaturą normy ISO Guide 73:2009 wykaz informacji o zidentyfikowanych ryzykach oraz szeroki opis potencjalnych ryzyk, wraz z opisem działań państwa zmierzających do ich ograniczenia. Głównie stanowi jednak podstawę do planowania dla podmiotów i jednostek administracji publicznej

⁷⁹⁵ W normie ISO proces ten obejmuje identyfikację, analizę oraz ewaluację ryzyka, natomiast w dokumencie brytyjskim zawiera: identyfikację ryzyka, ocenę prawdopodobieństwa ryzyk i ich konsekwencji oraz porównanie ryzyk

⁷⁹⁶ Hashemipour, M., Stuban, S. M., & Dever, J. R. (2017). A community-based disaster coordination framework for effective disaster preparedness and response. *Australian Journal of Emergency Management*, The, 32(2), 41-46.

URL: <https://knowledge.aidr.org.au/media/3658/ajem-32-02-18.pdf>

⁷⁹⁷ Crisis and Emergency Management: A Guide for Managers of the Public Service of Canada. / P. Boisvert and R. Moore. Canadian Center for Management Development, 2003. 480 p. <https://publications.gc.ca/site/eng/9.686713/publication.html>

⁷⁹⁸ Militello, L. G., Patterson, E. S., Wears, R., & Ritter, J. A. (2005, September). Large-scale coordination in emergency response. In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting* (Vol. 49, No. 3, pp. 534-538). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/154193120504900>

У статті⁷⁹⁹ описується роль підтримки інформаційно-комунікаційних технологій у координації дій під час реагування на надзвичайні ситуації, акцентуючи увагу на інформаційному рівні. Координація інформації зазвичай базується на національних механізмах взаємодії, але рідко підтримується відповідною інфраструктурою чи системами інформаційно-комунікаційних технологій. Зокрема, у статті представлено прототип системи управління кризовою інформацією для підтримки двох завдань: сповіщення про інциденти та обмін повідомленнями про ресурси. Дана система базується на відкритих стандартах, які розробляються консорціумом стандартів OASIS.

Проаналізувавши вищезазначені авторами проблеми та акценти щодо діяльності Кризових центрів слід виокремити саме проблеми правильної оцінки загроз надзвичайних ситуацій з допомогою геоінформаційних систем та швидкий обмін інформацією, перенаправлення її між службами для їх взаємодії. Для ефективного прийняття управлінських рішень оперативні служби, за можливості, мають знаходитись в одному приміщенні і мати доступ до геоінформаційного порталу для миттєвого вирішення питань для надання необхідної допомоги.

ПОБУДОВА СИСТЕМИ

Геоінформаційна прогнозно-аналітична система підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій дозволить покращити можливості прогнозування наслідків аварій та пожеж у громадських об'єктах та об'єктах критичної інфраструктури для відповідної адаптації захисту та діяльності з підвищення стійкості.

МЕТА

Описати основні завдання та роботу Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій, яка дозволить швидко прогнозувати наслідки надзвичайних ситуацій природного, техногенного характеру, зокрема і воєнного характеру на етапі запобігання та виникнення, що стосуються можливих випадків руйнувань на територіях з потенційними загрозами.

Для виконання поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Аналіз, прогнозування надзвичайних ситуацій та оцінювання пожежних ризиків для об'єктів на територіях що досліджуються (об'єктах громадського призначення, об'єктах підвищеної небезпеки та об'єктах критичної інфраструктури) для нанесення на карту досліджуваних об'єктів, облік та класифікація об'єктів, джерел водопостачання, зокрема, протипожежного розміщення пожежних гідрантів, укриттів, кількості осіб на об'єктах, та інших об'єктів⁸⁰⁰.

2. Сформулювати принцип роботи та основні функції Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій, зокрема, воєнного характеру⁸⁰¹;

3. Розробити модель яка буде охоплювати основні ризики та небезпеки, які повинна опрацьовувати Геоінформаційна прогнозно-аналітична система підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій, зокрема, воєнного характеру⁸⁰²;

⁷⁹⁹ Iannella, R., & Henricksen, K. (2007, May). Managing information in the disaster coordination centre: Lessons and opportunities. In Proceedings of the 4th International ISCRAM Conference (B. Van de Walle, P. Burghardt and C. Nieuwenhuis, eds.) (pp. 1-11) <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a4e049f81a397b152883c409092d31ce43c6d435>

⁸⁰⁰ Functioning of control centers in emergency situations S.O. Yemelyanenko, D.A. Behen, R.R. Koval. Public administration and social work №. 1, 2023, P.22-28. DOI: <https://doi.org/10.32782/3041-1319/2023-1-4>

⁸⁰¹ Use of geoinformation systems for crisis management in the activities of civil defense units S.O. Yemelyanenko, R.R. Koval, Y.M. Tkach, D.A. Behen, I.R. Koval. Public administration and social work №. 1, 2023, P.22-28. DOI: <https://doi.org/10.32782/3041-1319/2023-2-2>

⁸⁰² Yemelyanenko S., Y. Rudyk, A. Ivanusa "Geoinformational system for risk assessment visualization" Proceedings of the XIIIth International Scientific and Technical Conference CSIT 2018, Lviv: Lviv Polytechnic National University, 11-14 september 2018, pp. 17-20. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526743

4. Розробити узагальнену модель оцінювання та мінімізації ризиків для об'єкта⁸⁰³;
5. Облік об'єктів природних небезпек та техногенного навантаження, статистична обробка даних про надзвичайні ситуації та пожежі, моделювання розвитку пожеж та надзвичайних ситуацій на досліджуваних територіях, вивчення процесів затоплення територій, пожеж об'єктів⁸⁰⁴.
6. Отримання інформації для розроблення нових планів ліквідації надзвичайних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки та об'єктах критичної інфраструктури;
7. Наповнення баз даних, зокрема пов'язаних з інформацією про викиди небезпечних речовин, та можливість пожеж в природних екосистемах;
8. Розробити узагальнену модель оцінювання та мінімізації пожежних ризиків об'єктів громадського призначення⁸⁰⁵;
9. На основі геоінформаційних та інформаційно-телекомунікаційних систем виконати візуалізацію сценаріїв надзвичайних ситуацій що несуть найбільшу небезпеку;
10. Виконати оцінювання та аналіз пожежних ризиків об'єктів громадського призначення, на основі чого здійснити наповнення баз даних інформацією про об'єкти підвищеної небезпеки та об'єкти що несуть потенційну загрозу та на основі даної інформації побудувати матрицю ризиків¹⁵;
11. Виконати програмне оброблення картографічного забезпечення, масштабування та узагальнення інформації щодо об'єктів, районів, міст, сіл – у яких можуть виникнути пожежі чи надзвичайні ситуації що супроводжуються великими наслідками та переходом на суміжні об'єкти.
12. Створити картографічні плани місцевості за растровими зображеннями, векторними об'єктами, побудувати моделі рельєфу та моделювання часу доїзду оперативно-рятувальних підрозділів до об'єктів.

Геоінформаційна прогнозно-аналітична система підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій передбачає використовувати наявне та придбане ліцензійне програмне забезпечення (MARPLOT, CAMEO, ALOHA, ARCGIS, microGIS, PIROSIM, FDS, FDS+EVAK, PATHFINDER та ін.) з метою створення зручних алгоритмів і вирішення практичних завдань служби цивільного захисту під час надзвичайних ситуацій на прикладі території м. Львова.

У випадку розробки шарів Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій взаємозв'язки між даними будуть виражатися окремими шарами і у разі доповнення таких зв'язків викликом окремих процедур такі шари представлятимуть інтерфейс користувача. Заповнення в шарах зв'язків між базами даних буде виконуватися модератором інтерфейсу.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у створенні моделей і алгоритмів для створення Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій, для служби цивільного захисту, максимально адаптованої до потреб користувачів, розробленні рекомендації її використання в ситуаційних центрах та в структурних підрозділах.

⁸⁰³ Yemelyanenko, S., Rudyk, Y., Kuzyk, A., Yakovchuk, R. «Geoinformational system of rescue services» MATEC 2018 Web of Conferences. DOI: 10.1051/mateconf/201824700030

⁸⁰⁴ Yemelyanenko S., A. Ivanusa, H. Klym "Mechanism of Fire Risk Management in Projects of Safe Operation of Place for Assemblage of People" Proceedings of the XIIth International Scientific and Technical Conference CSIT 2017, Lviv: Lviv Polytechnic National University, 05-08 september 2017, pp. 305-308. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098792

⁸⁰⁵ Yemelyanenko, Sergiy; Kuzyk, Andriy; Ivanusa, Andriy; Behen, Danyil; Koval, Roman; Morshch, Yevhen (2023) Improving the operational efficiency of control centers for emergency events by using gis technologies Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(10(124)), p. 37–49.

Геоінформаційна прогнозно-аналітична система підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій створена на основі програмних продуктів, зокрема створення баз даних для нанесення на карту об'єктів підвищеної небезпеки, об'єктів (гідрантів, водоймищ, оперативно-рятувальних служб, сховищ, укриттів та ін.) слугуватиме допомогою в швидкому реагуванні та орієнтуванні для оперативно-рятувальних служб під час виникнення надзвичайних ситуацій та гасіння пожеж, сприятиме створенню карт ризиків, зокрема, орієнтування на місцевості при використанні GPS приймачів, прокладанню маршрутів, контролю руху по маршрутах, аналізу треків, виконанню вимірювань і розрахунків, а також нанесенню користувачами оперативної обстановки.

Робота Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій поділяється на три етапи:

Перший – Створення карт-шарів та алгоритмів обробки даних.

Мета етапу: створення карт-шарів різними користувачами за допомогою картографічного редактора ARCGIS, microGIS з використанням спеціально розроблених скриптів і використання вже наявних карт.

Основні функції етапу:

- побудова алгоритмів обробки даних дистанційного зондування Землі з використанням комплексу пакетів програм ARCGIS, microGIS;

- створення цифрової карти відповідно до технологічної схеми створення цифрових карт за растровими картографічними зображеннями (кордони областей, районів, об'єднаних територіальних громад та інших об'єктів).

Другий етап передбачає:

- створення Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій;

- створення карти ризиків.

Мета етапу: Створити Геоінформаційну прогнозно-аналітичну систему підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій.

Основні функції:

- на основі програм MARPLOT, CAMEO, ALOHA, microGIS та ARCGIS можна створити Геоінформаційну прогнозно-аналітичну систему підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій;

- розрахувати та оцінити наслідки можливих надзвичайних ситуацій за допомогою різних аналітичних методів, методик та програм (PIROSIM, FDS, FDS+EVAK, WFDS, PATHFINDER та інші), які будуть застосовані з метою обробки даних моніторингу та передбачення наслідків в умовах надзвичайних ситуацій природного, техногенного і воєнного характеру.

- поєднати різні аналітичні методи та методики оцінювання наслідків надзвичайних ситуацій різних класів на платформі Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру.

Третій етап – Перевірка роботи Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру в практичних задачах підрозділів цивільного захисту.

Мета етапу: перевірити роботу Геоінформаційної прогнозно-аналітичної системи підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури.

Основні функції:

- Проведення прогнозування надзвичайних ситуацій та оцінювання пожежних ризиків для об'єктів на досліджуваних територіях та об'єктів громадського призначення⁸⁰⁶, облік небезпечних об'єктів, об'єктів підвищеної небезпеки з метою оперативного прийняття рішень: нанесення на карту об'єктів що несуть потенційну небезпеку, облік та класифікація цих об'єктів, джерел протипожежного водопостачання (включно з позначеннями розміщення пожежних гідрантів, укриттів, та інших об'єктів);

- облік об'єктів природних небезпек⁸⁰⁷ та техногенного навантаження, статистичне опрацювання даних про надзвичайні ситуації та пожежі, моделювання розвитку пожеж та надзвичайних ситуацій на територіях де є об'єкти з потенційною небезпекою, вивчення процесів затоплення територій, моделювання аварій що супроводжуються забрудненням небезпечними хімічними речовинами, пожеж в природних екосистемах, поширення їх, загроз динаміки пожеж та ін.;

- програмне опрацювання картографічного забезпечення, масштабування та узагальнення інформації щодо районів, міст, об'єднаних територіальних громад, сіл, об'єктів на яких є загрози виникнення надзвичайних ситуацій; створення картографічного плану місцевості за растровими зображеннями, векторними об'єктами, побудова моделі рельєфу, моделювання будівель і доріг різних рівнів та дорожніх розв'язок, тощо;

- створення мапи ризиків Львівської області з зазначенням основних ризиків надзвичайних ситуацій природного, техногенного і воєнного характеру, що дозволить створити ситуаційний центр, який матиме сучасну інформаційно-комп'ютерну систему, що дозволить обробляти масиви інформації, яка буде надходити з усіх державних і недержавних баз даних, зокрема із супутників і безпосередньо з місць подій.

ВИСНОВКИ

Створена Геоінформаційна прогнозно-аналітична система підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій дозволяє оцінювати рівень небезпеки та оперативно відпрацьовувати рішення для локалізації та ліквідації загроз.

На практиці, маючи ці знання керівник ситуаційного центру управління в надзвичайних ситуаціях ДСНС України зможе ефективно керувати особовим складом не наражаючи їх на небезпеку, а також провести вчасно евакуацію. Існуюча методика що використовується в ДСНС України потребує багато часу для оцінювання небезпек, а використовуючи ці програми можна зменшити час оцінювання небезпек та візуалізувати їх. Ці результати дозволять вирішити зазначену проблему щодо підвищення ефективності функціонування ситуаційних центрів управління в надзвичайних ситуаціях ДСНС України.

⁸⁰⁶ Yemelyanenko, S., Ivanusa, A., Yakovchuk, R., Kuzyk, A. (2020) Fire risks of public buildings News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, 6(444), p. 75–82. DOI 10.32014/2020.2518-170X.133

⁸⁰⁷ Drach, K.L., Kuzyk, A.D., Tovarianskyi, V.I., Yemelianenko, S.O. (2020) Fire dangerous properties of the most common plants of grass ecosystems in Ukraine Ecologia Balkanica, 12(1), p. 147–154. http://web.uni-plovdiv.bg/mollov/EB/2020_vol12_iss1/147-154_eb.20123.pdf