

*Ю.П. Стародуб¹, д-р. ф.-м. наук, професор; Б.Є. Купльовський², к.ф.-м. н.;
Ю.Є. Шелюх¹, к.т.н.; А.П.Гаврись¹,
(¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
²Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України)*

ЛОКАЛІЗАЦІЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК З ВИКОРИСТАННЯМ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ДЛЯ СЕЙСМОАКТИВНИХ ЗОН УКРАЇНИ

Проведено вивчення сейсмічно активних районів України з детальним дослідженням їх характеристик з точки зору пожежної безпеки. Описано методи виявлення і оцінки лісових пожеж за допомогою даних штучних супутників Землі, проаналізовано статистику виникнення пожеж в досліджуваних регіонах. Проаналізовано кореляцію даних для сейсмонезбезпечних регіонів України, де існують небезпечні площадки будівництва, а також проведено дослідження існуючих методів усунення пожежної небезпеки цих районів. Приділено увагу розташуванню та місцям проектування атомних електростанцій, яким для охолодження реакторів потрібний постійний підтік води, пов'язаний з розломами земної кори.

Ключові слова: пожежа, сейсмічна активність, штучні супутники Землі, пожежна безпека, ліквідація пожеж.

Постановка проблеми. В даній роботі наведено характеристику пожежної небезпеки, яка притаманна сейсмічно активним регіонам України [7,8,9,10]. Описано також сейсмічність території України [1,4] і методи виявлення та оцінки лісових пожеж за даними ШСЗ [2,3]. На основі цього зроблено аналіз спостережень, що засновані на супутникових даних, які проаналізовано для сейсмічних районів України, серед яких Закарпаття, Крим, Приазов'я. Ці дані засновуються на статистиці пожеж, які виникають у названих районах. Також проведено спостереження в місцях проектування та розташування атомних станцій, де підтік води, який потрібний для охолодження реакторів та роботи турбін, як правило завжди пов'язаний з розломами в земній корі. Має місце явище пов'язане з підвищенням загальної температури, зокрема, в Україні, де в зв'язку з глобальним потеплінням пожежонебезпечна ситуація підсилюється, що особливо відчувається в літні місяці. Таке явище спостерігаємо на сателітарних знімках, які отримані в Центрі прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля в м. Дунаївці Хмельницької області.

Мета роботи. Проаналізувавши та провівши кореляцію даних для території сейсмонезбезпечних районів України, де є небезпечні площадки будівництва, пов'язані з природною та техногенною небезпекою, а також з лісонасадженнями, які можуть створювати відповідні вогненні ситуації, в роботі проводиться дослідження з метою усунення пожежної небезпеки в цих районах.

Аналіз стану проблеми. Сейсмічність України проявляється в західних, південно-західних та в південних районах, де виділяються два основні сейсмічні регіони: Карпатський і Кримсько-Чорноморський.

Сейсмічність Карпатського регіону визначається землетрусами з вогнищами в Закарпатті, Карпатах, Прикарпатті, а також на прилеглих територіях сусідніх країн: Польщі, Словаччини, Угорщини і Румунії. Найбільш сейсмоактивним є Закарпаття.

На території західних областей України (за період з XVII століття до нашого часу) землетруси характеризуються в основному глибинами вогнищ (h) 2-10 км і магнітудами (M) < 5.5. Внаслідок незначної глибини ці землетруси викликають локальні коливання на поверхні ґрунту з інтенсивністю до 7-7.5 балів. Такі коливання відчуються на Закарпатті на більших глибинах ($h=35$ км) з більшими за величиною магнітудами ($M=6.8$) землетрусів, вогнища яких розташовані в Румунії (Пішкольц) на відстані близько 60 км від кордону України.

У Передкарпатті найбільший землетрус з достовірно описаних мав місце у 1875 році в районі м. Великі Мости (Львівська область). Він характеризувався магнітудою $M=5.3$ з глибиною вогнища $h=19$ км і відчувався в епіцентральної зоні з інтенсивністю 6 балів.

На значну частину території України впливають підкоркові землетруси із зони Вранча в Румунії (район зчленування Східних і Південних Карпат). Вогнища землетрусів, здатних спричинити мікросейсмічні прояви на території України, розташовані в мантії на глибинах від 80 до 190 км. максимальні магнітуди землетрусів з цієї зони досягали 7.6. Завдяки великим глибинам і магнітудам землетруси зони Вранча проявляються на величезній території: від Греції на Півдні до Фінляндії на Півночі.

На карті епіцентрів представлені вогнища землетрусів зони Вранча, починаючи з XI століття, з магнітудами вищими від 3.5 (рис.1). Надійно встановлені ізосейсти найсильніших землетрусів зони Вранча за останні два століття. Для побудови ізосейст використано опубліковані матеріали, а для землетрусів 1977-1990 років дані авторів

Сейсмічність Кримсько-Чорноморського регіону визначається епіцентрами землетрусів, розташованих у акваторії Чорного моря, поблизу Південного берега Криму, який характеризується найвищими на території України показниками – магнітудами до 6.8. На карті епіцентрів землетруси Криму представлені з магнітудами, вищими за 2.0, за період спостережень з I століття до н.е. до нинішнього часу. В рівнинній частині Криму і Азовському морі показані вогнища землетрусів з магнітудами, вищими за 1.0

Окремим сейсмічним районом можна вважати область дельти Дунаю. Тут в історичні часи відбувалися землетруси з максимальною магнітудою близько 7, які разом із землетрусами зони Вранча становлять серйозну небезпеку для території Одеської області.

У центральній частині території України, зокрема в межах Українського щита, за останні століття достовірно зафіксовано лише декілька землетрусів з малою глибиною вогнищ (5-10 км) та невисокими магнітудами ($M=3.5-4.0$). Ці землетруси мали локальний характер сейсмічного впливу. Найсильнішим у східній частині України вважається землетрус 1913 року поблизу м. Куп'янська (магнітуда 3.5, тут були присутні локальні коливання з інтенсивністю 5-6 балів). В західних областях України, поблизу смт. Миклулинці в Тернопільській області 3 січня 2002 року відбувся землетрус з магнітудою 4, який в епіцентрі мав інтенсивність 6 балів з 7-ми бальними ефектами на ослаблених ґрунтах. До цього вказана територія вважалася 5-ти бальною. (Рис. 1.)

При проектуванні відповідальних, особливо важливих, екологічно небезпечних об'єктів, а також гідротехнічних споруд необхідно використовувати карти сейсмічного мікрорайонування (СМР), які показують прирости сейсмічної бальності на різних ділянках території, відносно нормативної. Прирости можуть бути додатними, або від'ємними, в залежності від місцевих ґрунтових умов, рельєфу і наявності тектонічних порушень. При побудові карт СМР використовуються дані інженерно-геологічних досліджень, дані макросейсмічних обстежень наслідків землетрусів, інструментальні спостереження за сейсмічними полями землетрусів, вибухів, природних і техногенних мікросейсм.

Сейсмічне мікрорайонування територій, розташованих в сейсмічних зонах, являється завершальним етапом комплексних досліджень з оцінки місця і сили можливого руйнівного землетрусу.

Мета робіт з СМР полягає у великомасштабному (1:10000 - 1:25000) картуванню варіацій сейсмічної інтенсивності, обумовлених локальними інженерно-геологічними умовами території.

Результати СМР, представлені у формі карт відповідного масштабу, після їх затвердження Держбудом України, використовуються як нормативні документи при розробці генеральних планів міст, розміщенні окремих будинків і споруд, виборі антисейсмічних заходів, одержанні оцінок сейсмічного ризику.

Відповідно до чинної на даний час карти загального сейсмічного районування (СР-78) біля 12% території України, розташованої в межах АР Крим, Одеської, Закарпатської, Івано-Франківської, Чернівецької, Хмельницької, Вінницької, Миколаївської областей, відносяться до небезпечних у сейсмічному відношенні. Прогнозована інтенсивність сейсмічного впливу віднесена до «середніх» ґрунтових умов складає тут 6-8 балів за шкалою *MSK-64*. При наявності несприятливих у сейсмічному відношенні ін-

женерно-геологічних умов розрахунків значення інтенсивності струшувань можуть на 1-2 бали перевищувати фонові значення.

У результаті існування сейсмічної активності територій окремих зон України пожежне навантаження в них підвищується, що означає можливість виникнення лісових пожеж у цих районах з більшою частотою.

У зв'язку з високим техногенним навантаженням організація гасіння пожеж та ліквідація їх наслідків у межах лісового фонду здійснюється в порядку, який встановлюється Державним комітетом лісового господарства України. Виявлення лісових пожеж у межах лісового фонду вирішується виконанням комплексу заходів: наявністю наземних спостережних пунктів – вишок, щогл, споруд, придатних для ведення спостереження, патрулювання територій підрозділами лісової охорони, підрозділами пожежної охорони, забезпеченням патрульних мобільним зв'язком, організацією взаємодії наземних і авіаційних служб [11].

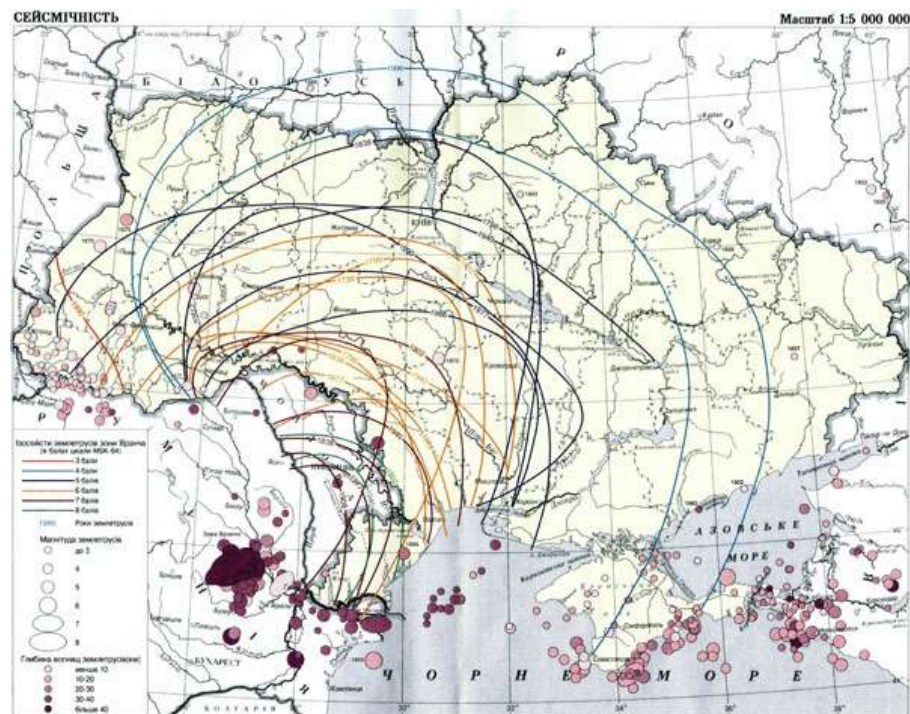


Рис. 1. Карта сейсмічності території України (Автори: Кендзера О.В., Пустовітенко Б.Г., Кутас В.В., Кульчицький В.Є., Вербицький С.Т., Пронишин Р.С., Сафонов О.М., Корольов В.О., Калітова І.А., Пасинков Г.Д., Стасюк А.Ф.) [10]

Повідомлення про пожежу передається негайно відповідному підрозділу, який організовує гасіння, необхідні сили та засоби пожежогасіння вчасно прибувають до місця пожежі та забезпечують її ліквідацію.

Про виявлення пожежі терміново повідомляють начальника пожежної охорони області, лісництва чи лісгоспу для вжиття заходів щодо гасіння пожежі. Визначення

характеристик пожежі проводиться з точністю необхідною для гасіння через те окремі вогнища не вважаються виявленням лісової пожежі [11].

Ліквідація пожежі на малих територіях, зумовлюється оперативністю виявлення і проведення першочергових дій направлених на гасіння пожежі, особливо при високому пожежному навантаженні.

Відомо, що для площі вогнища менше 5 га ліквідація пожежі здійснюється з високою надійністю, так що 4 - 6 чоловік повністю здатні ліквідувати дану загрозу [11]. А от, якщо площа вогнища понад 25 га, з цією надзвичайною ситуацією не може справитися навіть група рятувальників, яка складається з 8 – 12 людей. Також взявши до уваги час розвитку пожежі, час локалізації пожежі і швидкість вітру на ранній стадії має місце ситуація, при якій пожежу взагалі загасити неможливо. Для зменшення кількості матеріальних збитків і збереження не відновлювальних лісових ресурсів, а також попередження людських втрат, моніторинг можливості виникнення лісових пожеж у таких зонах необхідно вести постійно і прогнозувати.

Моніторинг лісових пожеж – система спостережень і контролю за пожежною небезпекою в лісі за умовами погоди, станом лісових горючих матеріалів, джерелами вогню і лісовими пожежами з метою своєчасної розробки і проведення заходів щодо попередження лісових пожеж і зниження збитку від них.

У процесі локалізації пожеж важливим фактором є врахування швидкості її поширення, яка отримується в результаті експериментальних та модельних досліджень і дається у вигляді номограми визначення кількості сил та засобів пожежогасіння в роботі [12].

Способи моніторингу:

- супутниковий моніторинг – спостереження за розвитком лісових пожеж по супутникових знімках, здійснюється за допомогою вивчення супутникових знімків;
- авіаційний моніторинг – виявлення пожеж за допомогою авіації;
- наземний моніторинг - виявлення і гасіння пожеж наземними засобами.

У зв'язку з використанням супутникового моніторингу для вивчення пожежної ситуації в сейсмонебезпечних районах слід зазначити, що мінімальна площа виявлення пожежі, яка становить від 20 га до 30 га, характеризується затримкою не менше чотирьох – дванадцяти годин, на практиці ж для ефективної боротьби з лісовими пожежами вона має складати менше 1 га, а площа пожежі на момент гасіння – не більше 5 га. При цьому для проведення космічного моніторингу лісових пожеж використовують інформацію п'ятиканального радіометра AVHRR супутника Terra [13].

Методика визначення загорянь базується на використанні оцінки випромінювання для 3, 4, 5 каналів радіометра AVHRR [14, 15, 16] при цьому пожежі визначаються максимальним значенням енергії, яка реєструється третім каналом радіометра. Дим від пожеж, відповідно визначається за першим та другим каналами радіометра. Для точнішої ідентифікації загорянь використовують порогові алгоритми, які дають можливість визначити температуру випромінювання по даних третього і четвертого каналів [12]. Таким чином отримуємо вигляд температурної карти України [1]. Результат на 7 серпня 2012 року зображено на Рис. 2.

Результати дослідження. На температурній карті України виділені еліпсами області, небезпека руйнувань, у яких додатково підсилюється сейсмічною активністю, крім того присутні на сході держави високі температури притаманні цим регіонам підсилюють небезпеку виникнення на фоні струшувань від сейсмічності пожеж, пов'язаних із згаданими в статті факторами.

Регіональні дані сейсмічності сумісно аналізуються тут із критичною температурною ситуацією, що має місце в літні місяці. Як видно з легенди на Рис.2 високі температури 30°C і вище мають місце в літній період по сейсмічному поясу, який проходить по південному узбережжю Криму. Статистичні оцінки показують особливу небезпеку виникнення техногенних аварій тут у західній частині Криму в районі скалистого сейсмічного побережжя в період високих температур влітку в районі густонаселених районів м.Севастополя і прилеглих курортних територій.

Дослідження і небезпек для стану лісистості роблять на підставі супутникових зображень з низьким та середнім ступенем розрізнення (NOAA/AVHRR, ENVISAT/MERIS, SPOT Vegetation, TERRA/MODIS, «Landsat-7/ETM»).

Найбільш наближеними до фактичних даних розмірів площ лісовкритих територій були результати класифікації космознімків «Landsat-7/ETM». У процесі аналізу цих знімків за період з 1979 до 2000 рр. встановлено, що тенденція співвідношення площ листяних і хвойних лісів на Україні вказує на збільшення площі листяних лісів.

На сьогоднішній день, із використанням і за допомогою технічних засобів Центру прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля НКАУ, можна прогнозувати можливі пожежонебезпечні зони на території України на будь-який період пожежонебезпечного сезону. Прикладом такого прогнозу є карта прогнозу пожежонебезпечних зон на території України на 27 травня 2013 року (Рис. 3) [1].

Як видно на карті пожежонебезпечною зоною на території України 27 травня 2013 року є зона підвищеної сейсмічності в західній частині Криму. Інтегральні значення, отримані по супутникових даних, мають пов'язуватись тут з конкретною зміною

тенденції температурної ситуації із використанням інших (засобів мобільного зв'язку) технічних засобів.

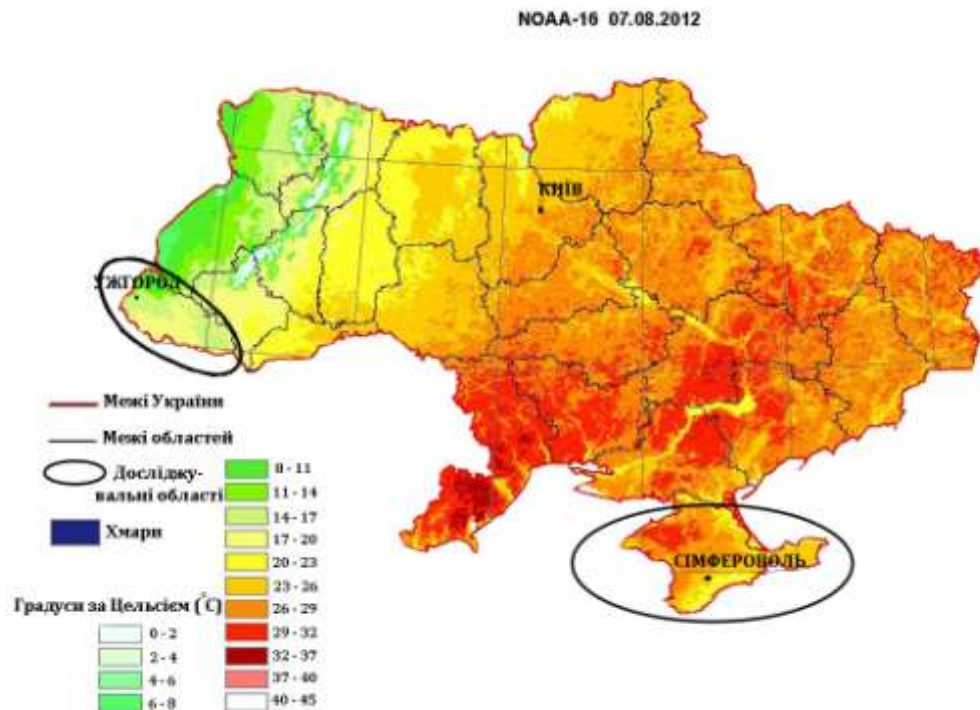


Рис. 2. Температурна карта України. Шлейфи диму добре визначаються за першим і другим каналами і також успішно використовуються для ідентифікації пожеж

Розвиток технічних засобів, висока періодичність, оперативність і доступність матеріалів дистанційного зондування дозволяють сьогодні реалізувати такі задачі, які раніше можна було виконати лише на дорогих професійних апаратно-програмних комплексах. Це спричинило активне застосування методів ДЗЗ для отримання та аналізу інформації про лісові екосистеми. Простежується тенденція до впровадження в практику масштабної лісової інвентаризації високоточних знімків «QuickBird» та «Ikonos», які є гідною альтернативою традиційним аерофотознімкам, і в недалекому майбутньому будуть значно дешевшими.

Існує гостра необхідність проведення в Україні наукових досліджень сучасного стану лісів, проблем запобігання, виявлення, гасіння пожеж, технічного та методичного забезпечення протипожежних служб, створення нормативних документів з метою збільшення ефективності протипожежної охорони лісів та зменшення її вартості.

Інформація, яку отримано за результатами супутникової зйомки, важлива для моніторингу крупних пожеж та оцінки їх наслідків. Основними проблемами застосування супутникових систем є підвищення точності виявлення вогнища пожежі; скорочення

Прогнозування пожежонебезпечних зон на території України на 27 травня 2013

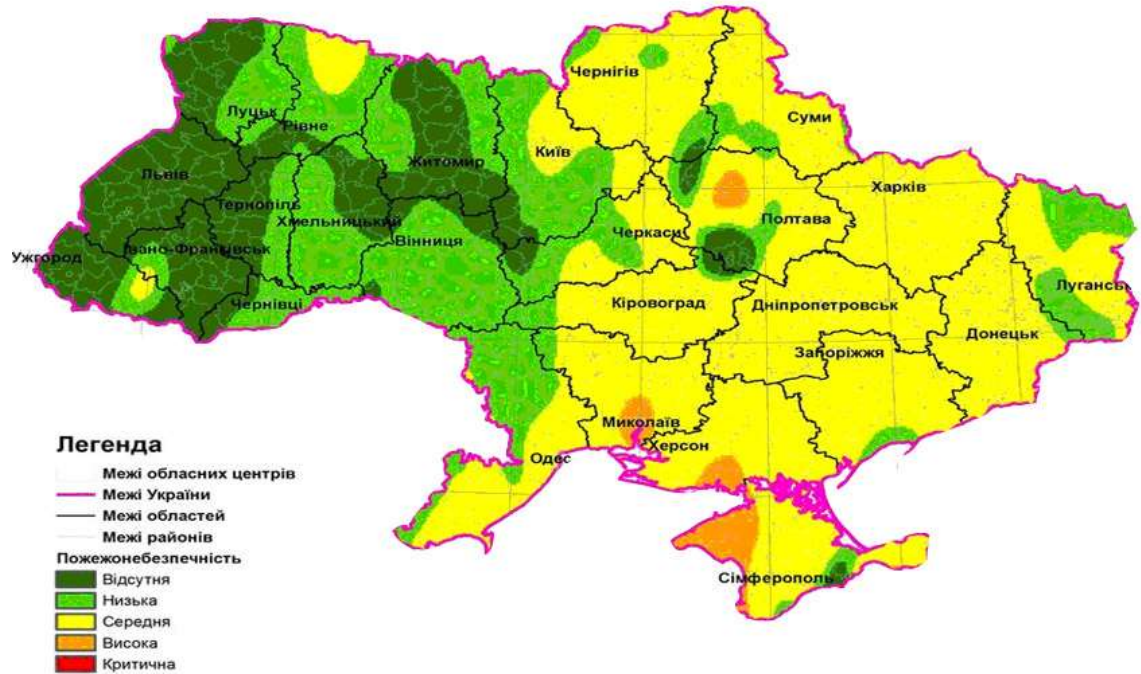


Рис. 3. Прогнозування пожежонебезпечних зон на території України на 27 травня 2013 року

помилкових сповіщень; виявлення різних типів спалахів, а також розробка загальної математичної моделі лісових пожеж, яка дозволить удосконалити методику прогнозування лісової пожежної небезпеки в сейсмічно активних зонах.

Література

1. Стародуб Ю.П., Урсуляк П.П. Інформаційні технології в комплексному моделюванні еколого-географічних процесів, ЛДУ БЖД. – Львів - 2012. – 108с.
2. Общая оценка лесных пожаров 1990–2000 // Федеральная служба лесного хозяйства России. [Электронный ресурс]. – Доступный з <http://www.fao.org/docrep/006/ad653e/ad653e77>
3. Павличенко Е.А. Методика обнаружения пожаров по данным спутника NOAA. / Павличенко Е.А., Сухинин А.И. // Профилактики и тушение лесных пожаров. Красноярск : ВНИИПОМлесхоз, 1998. – С. 110–122.
4. Свириденко В.Є., Бабіч О.Г., Швиденько А.Й. Лісова пірологія: Підр./За ред. В.Є. Свириденка. – К.: Агропромвидав України, 1999. – 172 с.
5. Сухинин, А.И. Вопросы лесной пирологии /А.И. Сухинин, Э.В. Конев. – Красноярск, 1972. – С. 7-51.
6. R. Corrado et al.: Seismically active area monitoring by robust TIR satellite techniques [Электронный ресурс]: Режим доступа. – <http://hal.inria.fr/docs/00/29/91/26/PDF/nhess-5-101-2005.pdf>
7. Detailed Natural Hazard Descriptions [Электронный ресурс]: Режим доступа. – <http://www.geoassurance.com/A-NHDDDisclosure.htm>
8. GEOLOGY, SEISMICITY AND SOILS [Электронный ресурс]: Режим доступа. – http://www.cp.berkeley.edu/LRDP/2020DEIR/4.5_Geology.pdf
9. Plate tectonics and people [This Dynamic Earth, USGS] [Электронный ресурс]: Режим доступа. – <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/tectonics.html>
10. Сейсмічність України [Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розитку] [Электронный ресурс]: Режим доступа. – <http://wdc.org.ua/uk/node/192>
11. Методичні рекомендації щодо зниження небезпеки впливу лісових пожеж на арсенали, бази і склади боєприпасів, що розташовані в лісових масивах – [Электронный ресурс]: Режим доступа. – <http://document.ua/metodichni-rekomendaciyi-shodo-znizhennja-nebezpeki-vplivu-l-nor19965.html>
12. Дубровський В., Пархісенко Я.В., Петроченко О.Ю., Потапенко Л.С., Рябоконеко О.Д, Штепа Ю.Н. Космічний моніторинг лісових пожеж за знімками NOAA в УЦМЗР//Космічна наука і технологія, т.8, №2-3, 2002, с.246-248.
13. Кудрявцев М.Ю., Лукин В.В., Малинецкий Г.Г., Митин Н.А., Науменко С.А., Подлазов А.В., Румянцев А.А., Торопыгина С.А. ИПМ им. М.В.Келдыша РАН Управление рисками лесных пожаров на территории Российской.
14. Seccato, P., Flasse, S.P., Downey, L.D. An automatic algorithm to detect vegetation fires globally from NOAA_AVHRR data. EARSeL Advances in Remote Sensing, Vol.4, №4-XI, 1996
15. I. Csiszar. Fire Identification, Mapping and Monitoring from AVHRR (FIMMA). <http://www.ssd.noaa.gov/PS/FIRE/Layers/FIMMA/fimmaframes.htm>
16. Абушемко Н. А., Минько Н.П., Семенов С.М. Оценка точности спутниковых методов обнаружения лесных пожаров.//Всероссийская научная конференция «Дистанционное зондирование земных покровов и атмосферы аэрокосмическими средствами». Сборник докладов. Муром, 20-22 июня 2001г., с. 202-206.

Ю.П. Стародуб, Б.Е. Купльовский, Ю.Е. Шелюх, А.П.Гаврись

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ УЧАСТКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ СЕЙСМОАКТИВНЫХ ЗОН УКРАИНЫ

Проведено изучение сейсмически активных районов Украины с подробным исследованием их характеристик с точки зрения пожарной опасности. Описаны методы выявления и оценки лесных пожаров с помощью данных искусственных спутников Земли, а также проанализирована статистика возникновения пожаров в исследуемых регионах. Проанализирована корреляция данных для сейсмоопасных регионов Украины, где существуют опасные площадки строительства, а также проведено исследование методов для устранения пожарной опасности этих районов. Уделено внимание расположению и местам проектирования атомных электростанций, которым для охлаждения реакторов нужен постоянный подток воды, связанный с разломами земной коры.

Ключевые слова: пожар, сейсмическая активность, искусственные спутники Земли, пожарная опасность, ликвидация пожара.

Y.P. Starodub, B.E. Kuplovsky, Y.E. Shelyuh, A.P.Havrys

FIRE AREAS LOCALIZATION USING SATELLITE DATA FOR SEISMIC ZONES OF UKRAINE

A study of seismically active regions of Ukraine with a detailed study of their characteristics in terms of fire danger maintained. Methods are described for the identification and assessment of forest fires using data from satellites and statistics of fires analysed in the investigated regions. Analysed the correlation of data for earthquake regions of Ukraine, where there are dangerous construction site, as well as a study of methods to eliminate fire hazards in these areas. Attention is paid to location and local design of nuclear power plants, which need to cool the reactor constant flow from water-related faults.

Keywords: fire, seismic activity, satellites, fire hazard, fire elimination.