

*Ю.П. Стародуб¹, д-р фіз.-мат. наук, професор; Б.Є. Купльовський², канд. фіз.-мат. наук, Ю.Є. Шелюх¹, канд. техн. наук; 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. Використано дані для сейсмонебезпечних регіонів, де існують небезпечні майданчики будівництва, досліджено існуючі методи усунення пожежної безпеки цих районів. На основі супутникових даних змодельована температурна карта та проведено прогнозування пожежонебезпечних зон на території України.

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

Постановка проблеми. Як показано в роботах [1,2,3,4] пожежна безпека притаманна сейсмічно активним регіонам України. Сейсмічність території України описано також у дослідженнях [5,6], методи виявлення та оцінки лісових пожеж за даними штучних супутників Землі (ШСЗ) дані в роботах [7,8]. На основі чого 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. Виникає також необхідність проведення спостережень у місцях проектування та розташування атомних станцій, де підтік води, потрібний для охолодження реакторів та роботи турбін, як правило, завжди пов'язаний з розломами в земній корі.

За останні десятиліття спостерігається підвищення загальної температури, зокрема, в Україні, де в зв'язку з глобальним потеплінням пожежонебезпечна ситуація підсилюється, що особливо відчувається в літні місяці. Таке явище простежується на супутникових знімках, які отримуємо в Центрі прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля в м. Дунаївці Хмельницької області [9].

З вище наведеного бачимо необхідність проведення окремих спостережень за сейсмічно активними регіонами, особливо в місцях, важливих з точки зору забезпечення протипожежного захисту.

Мета роботи. Проаналізувавши та провівши кореляцію даних для територій сейсмонебезпечних районів, де є небезпечні майданчики будівництва, пов'язані з природною та техногенною безпекою, а також лісонасадження, які можуть створювати небезпечні пожежні ситуації, провести дослідження з метою усунення пожежної безпеки в сейсмонебезпечних районах України.

Аналіз стану проблеми та результати досліджень. Сейсмічна активність території України проявляється в західних, південно-західних та в південних районах, де виокремлюють два основні регіони сейсмічності: Карпатський і Кримсько-Чорноморський.

На сейсмічність Карпатського регіону визначальний вплив мають землетруси з вогнищами територіально розташованими в Закарпатті, Прикарпатті, Карпатах, а також на території прилеглих країн, зокрема, Польщі, Словаччині, Угорщині та Румунії. Найбільш сейсмоактивною територією України в цьому регіоні є Закарпаття.

На території західної України за всі досліджувані періоди часу землетруси в основному характеризуються глибинами вогнищ від 2 км до 10 км з магнітудами, значення яких не перевищувало 5,5. Через незначну глибину гіпоцентрів цих землетрусів коливання на поверхні ґрунту відчуваються з інтенсивністю від 7 до 7,5 балів. Ці поштовхи відчуваються в Закарпатті і від дальших землетрусів з глибинами біля 35 км і значеннями магнітуд 6,8, вогнища яких розташовані на відстані 60 км від кордону України.

У Передкарпатті найбільший достовірно описаний землетрус відбувся в 1875 році в районі м. Великі Мости, Львівської області. Магнітуда його була 5,3, глибина вогнища 19 км, відчувалася в епіцентральної зоні з 6 бальною інтенсивністю.

Значний вплив на території України мають землетруси із зони Вранча, що у Румунії – район з'єднання Східних і Південних Карпат. Вогнища землетрусів тут розташовані в мантії на глибині від 80 до 190 км, максимальна магнітуда землетрусів в цій зоні досягала 7,6. Через великі глибини і магнітуди землетруси із зони Вранча мають прояви на величезній території.

На карті сейсмічності України нанесено вогнища землетрусів зони Вранча, зареєстровані, з магнітудами від 3,5 і вище (рис.1).

Загалом сейсмічність Кримсько-Чорноморського регіону характеризується землетрусами з магнітудами до 6,8 (ці значення є найвищі на території України) та епіцентрами, розташованими в акваторії Чорного моря, вздовж Південного берега Криму. На карті сейсмічності України нанесено землетруси Криму з магнітудами вищими за 2,0. На рівнинній частині Криму і в Азовському морі показано землетруси з позначками вищими за 1,0.

Окремим сейсмічнонебезпечним районом території України вважається область дельти річки Дунаю. Тут за всю історію спостережень відбувалися поштовхи з максимальною магнітудою до 7,0, які враховуючи землетруси зони Вранча та, враховуючи місцеві геологічні умови, становлять серйозну сейсмічну небезпеку для Одеської області.

В центрі країни, яка лежить на Українському щиті за останні століття зафіксовано декілька землетрусів з вогнищами глибиною до 10 км та магнітудами невисокого значення до 4,0. Такі землетруси, з огляду на їх характеристики та місце виникнення, мають локальний характер сейсмовпливу. Найпотужнішим у східній частині території України вважається землетрус, зареєстрований 8 серпня 1913 року поблизу м. Куп'янська з магнітудою 3,5 та інтенсивністю від 5 до 6 балів. Цікавим є той факт, що 3 січня 2002 року зареєстрований землетрус у смт. Микулинці Тернопільської області з магнітудою до 4, який в епіцентрі набув інтенсивності 6 балів з проявами 7 бальних ефектів на ослаблених ґрунтах, хоча до цього часу цей регіон вважався 5 бальним (рис. 1.).

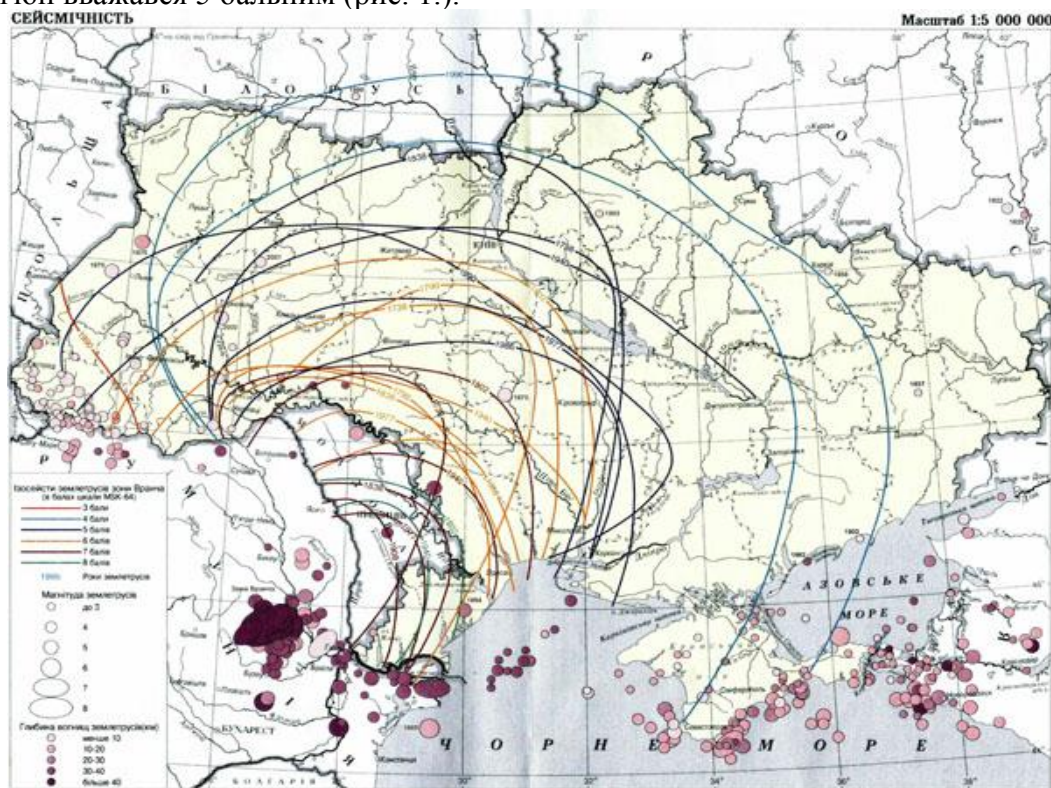


Рис. 1. Карта сейсмічності території України (Автори: Кендзера О.В., Пустовітенко Б.Г., Кутас В.В., Кульчицький В.Є., Вербицький С.Т., Пронишин Р.С., Сафронів О.М., Корольов В.О., Калітова І.А., Пасинков Г.Д., Стасюк А.Ф.) [4]

На етапі проектування важливих інженерних споруд, особливо тих, які при нештатних ситуаціях завдають великої шкоди екології довкілля, використовують карти сейсмічного мікрорайонування (СМР). Ці карти показують приріст сейсмічної бальності окремих ділянок відносно нормативних значень для даної території. Прирости бувають додатними або від'ємними, знак та величина приросту залежать від місцевих умов: складу і потужності осадових порід, рельєфу і наявності порушень тектонічної поверхні.

Сейсмічне мікрорайонування є кінцевим етапом комплексних досліджень територій. Для побудови остаточних карт використовують дані інженерно-геологічних досліджень, інструментальні спостереження за сейсмічними полями землетрусів, дані макросейсмічних обстежень наслідків землетрусів, вибухів, природних і техногенних мікросейсмів.

Результатом робіт СМР є карти масштабу 1:10000 - 1:25000. Після затвердження Держбудом України, ці карти стають нормативними документами для розробки генеральних планів міст, розміщення окремих інженерних споруд, одержання оцінок сейсмічного ризику.

Відповідно до чинної на сьогодні карти загального сейсмічного районування, більше 10% території України, відносять до небезпечних з сейсмічної точки зору. Розрахована прогнозна інтенсивність сейсмічного впливу становить тут від 6 до 8 балів за шкалою *MSK-64*. За наявності інженерно-геологічних умов, що несприятливі для сейсмічності території, значення інтенсивності на 1-2 бали можуть перевищувати фонові значення [4].

У результаті існування сейсмічної активності територій окремих зон України пожежно-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 здійснюється виконанням комплексу заходів: наявністю наземних спостережних пунктів – веж, 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 [10].

Повідомлення про пожежу передається негайно відповідному підрозділу, який організовує гасіння, необхідні сили та засоби пожежогасіння, вчасно прибуває до місця пожежі та забезпечує 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 необхідною для гасіння точністю, через те окремі вогнища не вважаються виявленням лісової пожежі [10].

Особливість ліквідації пожежі на малих територіях зумовлюється оперативністю виявлення і проведення першочергових дій, спрямованих на гасіння пожежі. Це означає, що для площі вогнища меншої за 5 гектарів ліквідація пожежі здійснюється з високою надійністю, зокрема, 4 – 6 чоловік повністю здатні ліквідувати таку загрозу [10]. А от, якщо площа вогнища понад 25 га, з цією надзвичайною ситуацією не може справитися навіть група рятувальників, яка складається з 8 – 12 чоловік. Звернувши увагу на час розвитку пожежі, час локалізації пожежі і швидкість вітру на ранній стадії в деяких ситуаціях, пожежу взагалі неможливо загасити. Для зменшення кількості матеріальних збитків і збереження невідновлювальних лісових ресурсів, а також запобігання людським втратам, моніторинг можливості виникнення лісових пожеж у таких зонах необхідно вести постійно.

Відомо, що моніторинг лісових пожеж – система спостережень та контролю за пожежною безпекою в лісі, станом лісових горючих матеріалів, джерелами вогню і лісовими пожежами з метою своєчасної розробки і проведення заходів щодо запобігання лісовим пожегам і зниження збитку від них. Тому в процесі локалізації пожеж важливим фактором є врахування швидкості її поширення, яку отримано в результаті експериментальних та модельних досліджень і подано у вигляді номограми визначення кількості сил та засобів пожежогасіння, наприклад – в роботі [11].

Розглянемо три найактуальніші способи моніторингу, які використовують сьогодні: супутниковий, авіаційний та наземний. Вони дають спостереження за розвитком лісових пожеж за допомогою супутникових знімків, аерофотознімків та наземними засобами відповідно.

У зв'язку з використанням супутникового моніторингу для вивчення пожежної ситуації в сейсмонебезпечних районах слід зазначити, що мінімальна площа виявлення пожежі, яка займає від 20 га до 30 га, характеризується затримкою не менше чотирьох – дванадцяти годин, на практиці для ефективної боротьби з лісовими пожежами вона має становити 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 [12].

Методика визначення загорянь базується на використанні оцінки випромінювання для 3-го, 4-го, 5-го каналів радіометра AVHRR [13, 14, 15], при цьому пожежі визначаються максимальним значенням енергії, яка реєструється третім каналом радіометра. Дим від пожеж 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 [11]. Таким чином отримуємо вигляд температурної карти України [9]. Результат, отриманий авторами з використанням програми ArcGIS на 7 серпня 2012 року, зображено на рис. 2.

NOAA-16 07.08.2012

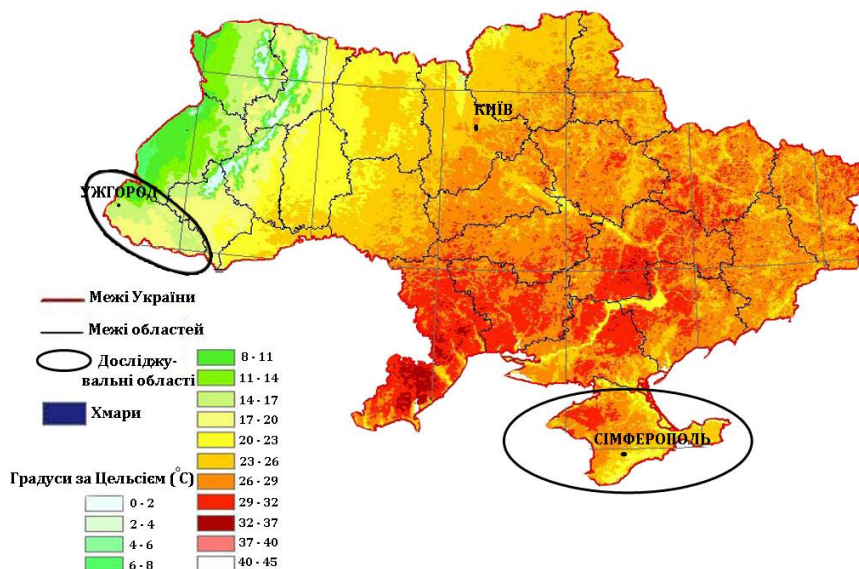


Рис. 2. Температурна карта України змодельована за даними супутника NOAA-16 на 7 серпня 2012 року

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

Регіональні дані сейсмічності сумісно аналізуються тут із критичною температурною ситуацією в літні місяці. Як видно з легенди (рис.2), високі температури (30°C і вище) мають місце в літній період у сейсмічному поясі, який проходить південним узбережжям Криму. Статистичні оцінки показують особливу небезпеку виникнення техногенних аварій тут у західній частині Криму в районі скелястого сейсмічного узбережжя в період високих температур улітку в районі густонаселених районів м.Севастополя і прилеглих курортних територій.

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

Найбільш наближеними до фактичних даних розмірів площ лісистих 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 [11].

На сьогодні із використанням та 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 [6] з використанням результатів, отриманих у попередніх розрахунках авторів статті, є карта прогнозу пожежонебезпечних зон на території України на 27 травня 2013 року (рис. 3).

Прогнозування пожежонебезпечних зон на території України на 27 травня 2013

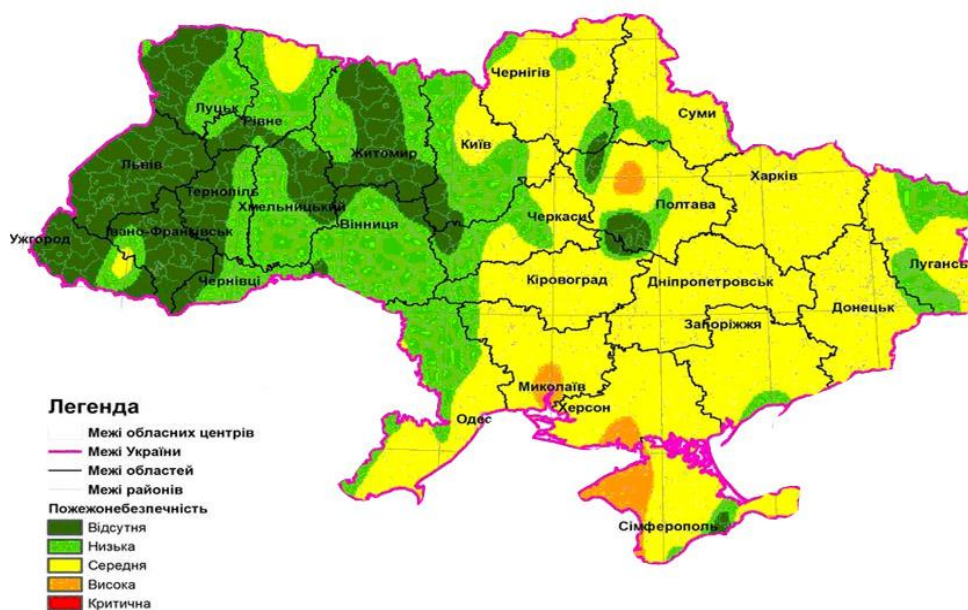


Рис. 3. Прогнозування пожежонебезпечних зон на території України на 27 травня 2013 року

Як видно на карті, пожежонебезпечною зоною на території України 27 травня 2013 року є зона підвищеної сейсмічності в західній частині Криму. Інтегральні значення, отримані із супутникових даних, мають пов'язуватись тут з конкретною зміною температурної ситуації із використанням інших, наприклад мобільного зв'язку, технічних засобів.

Висновки. Розвиток технічних засобів, висока періодичність, оперативність і доступність матеріалів дистанційного зондування дають змогу 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.

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

Інформація, яку отримано в результаті зйомки зі супутника, необхідна для моніторингу великомасштабних пожеж та оцінки їх наслідків, а також для розробки узагальненої математичної моделі пожеж у лісових масивах, яка дасть змогу вдосконалити методику прогнозування та локалізації пожежної небезпеки лісових масивів в сейсмічно активних зонах.

Застосування супутникових систем має три основні проблемами - підвищення точності виявлення пожежі; скорочення кількості помилкових сповіщень; виявлення і уточнення природи походження різноманітних типів спалахів.

Список літератури:

1. **Detailed** Natural Hazard Descriptions [Електронний ресурс]: Режим доступу. – <http://www.geoassurance.com/A-NHDDisclosure.htm>
2. **GEOLOGY, SEISMICITY AND SOILS** [Електронний ресурс]: Режим доступу. – http://www.cp.berkeley.edu/LRDP/2020DEIR/4.5_Geology.pdf
3. **Plate tectonics and people** [This Dynamic Earth, USGS] [Електронний ресурс]: Режим доступу. – <http://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/tectonics.html>
4. **Сейсмічність** України [Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розитку] [Електронний ресурс]: Режим доступу. – <http://wdc.org.ua/uk/node/192>
5. **Стародуб Ю.П., Урсуляк П.П.** Інформаційні технології в комплексному моделюванні еколого-географічних процесів, ЛДУ БЖД. – Львів - 2012. – 108с.
6. **Свириденко В.Є., Бабіч О.Г., Швиденько А.Й.** Лісова пірологія: Підр./За ред. В.Є. Свириденка. – К.: Агропромвидав України, 1999. – 172 с.
7. **Общая** оценка лесных пожаров 1990–2000 // Федеральная служба лесного хозяйства России. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://www.fao.org/docrep/006/ad653e/ad653e77>
8. **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.
9. **Сайт** «Центр прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля» (ЦПОСІ та КНП) [Електронний ресурс]: Режим доступу. – <http://dzz.gov.ua/CPOSI/>
10. **Методичні** рекомендації щодо зниження небезпеки впливу лісових пожеж на арсенали, бази і склади боєприпасів, що розташовані в лісових масивах – [Електронний ресурс]: Режим доступу. – <http://document.ua/metodichni-rekomendaciyi-shodo-znizhennja-nebezpeki-vplivu-l-nor19965.html>
11. **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.
12. **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 Федерации, 2008. – 28с.
13. **Ceccato, 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. – С. 246 – 248.
14. **I. Csiszar.** Fire Identification, Mapping and Monitoring from AVHRR (FIMMA). <http://www.ssd.noaa.gov/PS/FIRE/Layers/FIMMA/fimmaframes.htm>
15. **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, проанализировано статистику возникновения пожаров в исследуемых регионах. Использованы данные для сейсмоопасных регионов, где существуют опасные площадки строительства, исследованы существующие методы устранения пожарной опасности этих районов. На основе спутниковых данных смоделирована температурная карта и проведено прогнозирование пожароопасных зон на территории Украины.

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

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

FIRE AREAS LOCALIZATION USING SATELLITE DATA FOR SEISMIC ZONES OF UKRAINE

The investigation of seismically active regions of Ukraine with the detailed study of their characteristics in terms of fire hazard is maintained. Methods for detection and assessment of forest fires using satellites data, analyses of fires statistics in the studied regions are outlined. Seismic dangerous regions data are used, where there risk construction areas subsist. Existing methods of fire hazards elimination in these areas are examined. Based on satellite data temperature map is simulated and fire zones forecasting on the territory of Ukraine is conducted.

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