

УДК 504.064.3:528.8:[553.97(0492)] (477)

Моніторинг стану торфовищ для виявлення пожежонебезпечних ділянок за допомогою дистанційних методів

Л. П. Ліщенко*, Н. В. Пазинич

ДУ “Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України”, Київ, Україна

За даними дистанційного зондування Землі — багатозональними космічними знімками, цифровими моделями рельєфу, повітряними та наземними вимірюваннями теплового поля поверхні, виявлено ділянки торфовищ різного ступеню прогрівання та встановлена їх пожежна небезпечність.

Ключові слова: торфовища, дистанційні методи, пожежна безпека, космічні знімки Landsat, теплове поле поверхні
© Л. П. Ліщенко, Н. В. Пазинич. 2016

1. Вступ

Торфовища — складна багатокомпонентна і унікальна природна система, що в значній мірі впливає на екологічний стан довкілля, особливо в останній час, у зв'язку з потеплінням клімату. Торфовища виконують водорегулюючу та природоохоронну функцію, але при всіх своїх “плюсах” вони можуть стати справжнім лихом для людини і головне, порушити тепловий баланс екосистеми.

Актуальність теми полягає в тому, що хоча торфовища займають 2–3% поверхні суходолу, проте утримують 25% ґрунтового вуглецю планети. Торфові пожежі є найбільшим у світі явищем за обсягом викидів вуглецю і найдовші за тривалістю. Тліюча пожежа може тривати роками. Торф'яні пожежі, навіть встановлені, надзвичайно важко контролювати, і вкрай важко загасити. Приховане горіння відбувається в підземних шарах торфу, пожежі можуть витримати вологу і дощову погоду і, навіть, продовжувати тління взимку під снігом. У світі, кількість вуглецю, що зберігається в торфовищах перевищує кількість вуглецю, що зберігається у всій рослинності і може бути прирівняно за обсягом до існуючого атмосферного басейну вуглецю [12, 13].

До торфовищ відносяться водно-болотні території з потужністю торфу більшою за один метр. Торф, як порода містить приблизно 60% вуглецю і до 40% кисню в залежності від складу, зольності, гумусності. Один кілограм сухого торфу може утримати до 20 літрів води і є хорошим резервуаром для збереження вологи. Після меліорації осушене торфовище спрацьовується внаслідок вивільнення вуглецю, втрачаючи до 2.5 см потужності на рік. Властивості та сфери застосування торфу демонструються на рис. 1.

Крім того в сухому стані торфовища легко займаються. Під час пожеж осушених торфовищ в ат-

мосферу надходить значний об'єм зважених часток (сажа, чорний вуглець), “парникові” хімічно активні гази CO_2 (диоксид вуглецю), NO (окис азоту), SO_2 (диоксид сірки) органічні сполуки NH_3 (аміак), H_2CO (формальдегід), C_2OH_{12} (бензапірен), феноли, альдегіди) та інші сполуки. Це негативно впливає на довкілля, збільшує захворюваність органів дихання, астми та викликає смертність населення [9].

На торфовищах поширених на територіях у тій чи іншій мірі постраждалих від аварії на ЧАЕС встановлено, що максимальне накопичення цезію 137 — одного з найбільш рухомих радіонуклідів зафіксовано лише на глибині 2–6 см від поверхні. Таке відносно неглибоке залягання максимальних забруднень є потенційною загрозою розповсюдження їх зі стоком під час періоду повеней або атмосферним, під час пожеж [5].

Надходження значних кількостей сполук азоту і фосфору з прогорілого торфу у річкову мережу може призвести до евтрофікації водних об'єктів та різкого зниження якості річкових вод. Тривале тління торфу має негативні наслідки для довкілля далеко за межами ділянки горіння. Глибоке горіння торфу вивільнює тисячолітні накопичення вуглецю, які досі не були частиною активного вуглецевого циклу і утворений надлишок вуглецю не може бути засвоєним живими організмами та рослинністю. На рис. 2 показано, що у природному стані торфовища накопичують вуглець, а в осушених торфовищах внаслідок літфікації в атмосферу виділяється діоксид вуглецю, підсилюючи парниковий ефект, що в рази посилюється під час горіння.

За оцінками спеціалістів критична вологість торфовищ, при якій можливе загорання становить 73%. Хоча насправді, торф може зневоднюватись до набагато нижчих значень. Під час тривалого посушливого періоду даний показник вологості досягає 40%, а це вже практично сухий легкозаймистий торф в якому вогонь розповсюджується вглиб товщі. Коли горіння доходить до ґрунтових вод або

* E-mail: Lischenko.lp@gmail.com
Tel. +380 044 482 03 72



Рис. 1. Властивості і сфери застосування торфу

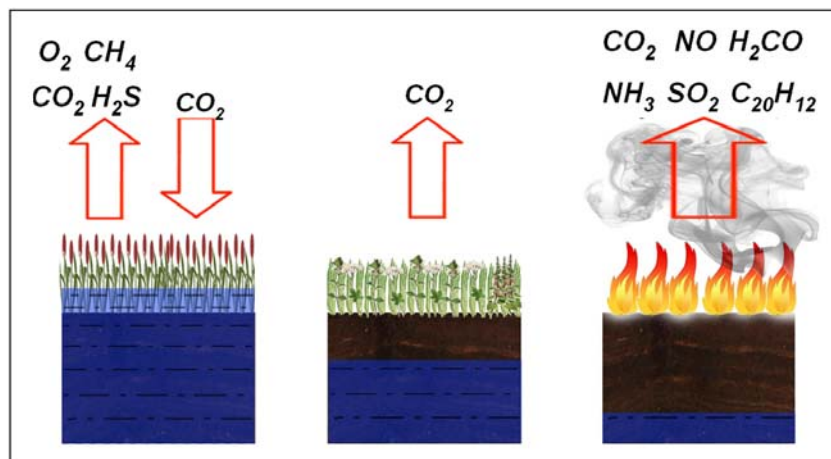


Рис. 2. Функціонування та небезпека торфво-болотних систем в різних умовах

мінерального ложа пожежа припиняється. Виникненню 80–90% усіх торф'яних пожеж сприяє людський фактор, необережне поводження з вогнем. Решта 10–15% пожеж можуть виникати від блискавок, проїжджаючого транспорту та не виключається можливість самозаймання [10].

Торф має властивість до самозаймання. При цьому не обов'язковим є приплив тепла ззовні. У процесі зростання температури беруть участь мікроорганізми, продукти життєдіяльності яких накопичуються в анаеробних умовах і призводять до поступового прогрівання маси торфу до 60–65°C [3]. При диханні деяких видів термофільних та термогенних бактерій та мікроорганізмів, що витримують нагрів до 70°C, виділяється велика кількість тепла. При подальшому підвищенні температури торф перетворюється на напівкокс, схильний до спонтанного самозаймання під дією кисню повітря. Са-

монагрівання відбувається зі швидкістю від 0.5 до 4.5°C за добу і поступово прискорюється. Ступінь ендогенної пожежонебезпеки залежить від ботанічного складу торфу і ступеня його розкладання. До займання може бути схильний також і видобутий торф в процесі його зберігання.

На сьогодні в Україні існує близько 1 млн. га осушених торфовищ, основна частина яких знаходиться на правобережному Поліссі [8]. У більшості заторфованих заплав малих річок, що оточують Київ (Ірпінь, Здвиж, Тетерів, Остер, Трубіж та їх притоків), в заболочених притерасних частинах заплав Десни і Дніпра потужність торфу місцями сягає 6–7 метрів. Отже Київ кільцем оточений такими складними природними торфво-болотними комплексами, які за певних умов можуть не тільки приносити користь, але й ставати екологічно небезпечними.

2. Методичні прийоми моніторингу стану торфовищ

Для виявлення пожежонебезпечних ділянок на торфовищах потрібно володіти наступною інформацією:

- місцезнаходження торфовищ;
- потужність торф'яних відкладів;
- стан вологості торфовища;
- погодні показники в тому числі і синоптичний прогноз.

Низку цих показників можливо отримати, використовуючи багатозональні космічні зображення різного просторового розрізнення. Так, на регіональному рівні може використовуватись широко відомий супутник Terra з апаратурою Modis, що має ряд теплових каналів, які показують зміни температури поверхні в просторі. Також існують готові продукти з Terra Modis, а саме MOD14A2, що фіксують як одномоментні, так і сумарні перевищення наземної температури за 8 днів спостережень, тобто “гарячі точки”. Теплове поле поверхні поділяється на 7 класів, три з яких відносяться до аномальних перевищень температур і з різною достовірністю ідентифікують пожежі.

Для більш достовірного визначення місця та обставин пожежі на регіональному рівні застосовуються космічні знімки (КЗ) серії Landsat, особливо після того як на носії Landsat 8 були розміщені два теплових канали (TIR) з діапазонами 10.8 та 12.0 мкм. У ЦАКДЗ використовуються і вдосконалюються методики перерахунку теплового поля з врахуванням атмосферної корекції та введення поправок на відповідні властивості поверхні [2].

Різні земні об'єкти відрізняються за поглинанням, накопиченням та відбиттям теплового випромінювання (емісією), отже утворюють різний тепловий образ поверхні. Оскільки, торф як порода має значні розбіжності в тепловіддачі та відбитті з поверхні в залежності від стану вологості, то саме в теплових діапазонах спектру це чітко проявляється. Порівнюючи стан поверхні заторфованої долини можливо визначити коли ця поверхня стає переосушеною і починає інтенсивно прогріватись [14].

Звичайно, зафіксувати на знімку осередки пожеж не дуже складно. Комбінація TIR каналів 10 чи 11, NIR-каналу та, наприклад, використання індексу вологості NDWI (див. формулу), який є готовим продуктом для Landsat 8, дає можливість виділити всі гарячі ділянки на зображенні, в тому числі і пов'язані з переосушенням торфу та його горінням. Нормалізований різницевий водний індекс NDWI є чутливим до змін вмісту води в рослинному покриві, оскільки коефіцієнти відбиття в NIR (857 нм) та SVIR (1241 нм) діапазонах подібні, але дещо різняться властивостями поглинання води. Індекс застосовується для аналізу стресу рослинності та вивчення пожежної небезпеки та набуває

значень від -1 до $+1$ NDWI визначається наступним рівнянням:

$$NDWI = \frac{\rho_{857} - \rho_{1241}}{\rho_{857} + \rho_{1241}}; \quad NDWI = \frac{NIR - TIR}{NIR + TIR}$$

В результаті геоморфологічного аналізу цифрових моделей рельєфу (ЦМР), ретроспективного картографічного дослідження території, порівняння і дешифрування різночасових та різночасових КЗ визначаються межі поширення торфовищ. Найкраще для цього використовувати ранньовесняні та осінні знімки [11]. Побудова повздовжніх та поперечних профілів допомагає визначитися з максимально пониженими ділянками, де могли відбуватися застійні явища та накопичення органічних решток. У долинах великих рік, таких як Дніпро і Десна, звичайно найбільше торфонакопичення відбувається у староріччях, прибортових ділянках заплави та пониззях низьких терас. А от для невеликих річок, заторфованою може виявитися вся заплава, особливо, коли існують незначні ухили русла внаслідок чого уповільнюється стік. Для точного визначення меж розповсюдження торфів і торф'яних ґрунтів проводиться дешифрування КЗ середнього і високого просторового розрізнення.

Головними ознаками прояву торфовищ на КЗ є специфічна планова конфігурація, морфологічна виразність та спектральні властивості. В результаті інтерактивного дешифрування та спектрального аналізу багатозональних КЗ аналізується і диференціюється заплава, виділяються ділянки поширення торфовищ, визначається стан русла та дренажних каналів, ступінь їх обводненості (рис. 3) [6].

На детальному рівні досліджень розглядаються окремі ділянки (вибрані тестові ділянки), що останнім часом вважаються екологічно небезпечними.

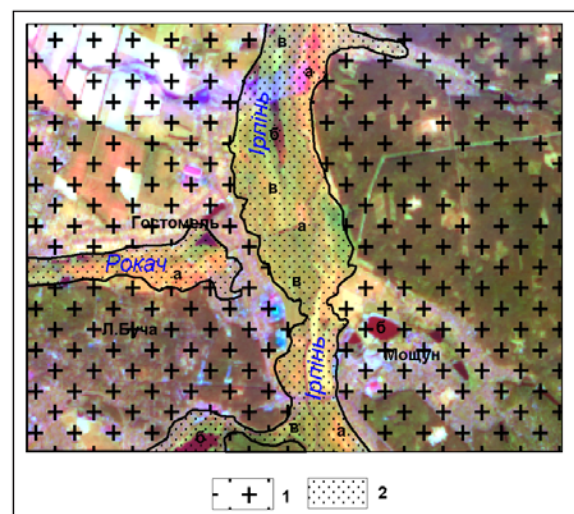


Рис. 3. Дешифрування долини річок Ірпінь та Рокач за КЗ Landsat, 15.10.2015, композит 11, 6, 1 каналів.

1 — схили і межиріччя; 2 — заторфовані заплави; а — перегріті та палаючі ділянки заплави; б — перезволожені ділянки, в — заплавні луки

Технологія їх досліджень включає наступні етапи:

- виділення місцезнаходження торфовищ, що можуть складати пірогенну загрозу, застосовуючи дешифрування КЗ, аналіз рельєфу за ЦМР, використання нормалізованих різницеєвих спектральних індексів — вологості, посушливості, вегетаційних;
- моніторинг за станом торфовищ за КЗ середнього і високого просторового розрізнення з використанням методики розрахунку абсолютної температури поверхні за TIR діапазонами;
- застосування повітряних безпілотних апаратів: а) для виявлення перегрітих ділянок торфовищ передпожежного стану, б) для фіксування осередків займання, в) виявлення підземних осередків залишкового горіння торфовища після вжитих протипожежних заходів;
- використання польового наземного тепловізора з метою виявлення прихованих підземних залишкових осередків підвищеної температури торфу і контролю ефективності гасіння, а також можливий періодичний нагляд (моніторинг) за тепловим станом потенційно пожежонебезпечних торфовищ.

3. Результати робіт

На прикладі теплового поля заплави річок Ірпінь, Здвиж та Тетерів (на вододільні ділянки накладена маска) на регіональному рівні виконано порівняння стану торфовищ за КЗ Landsat різних років у один і той же сезон — жовтень 1986, 2011, 2014, 2015 років. Визначено, що прогрівання торфових заплави є нерівномірним і залежить від сумарної кількості опадів та температурних показників. На рис. 4 термоізогісами показані моделі теплового поля поверхні заплави на регіональному і детальному рівні, де жовтим і червоним кольором виділені аномальні ділянки, що відповідають умовам підвищеної пожежонебезпечності.

Моніторинг пожежонебезпечних торфовищ на детальному рівні виконувався за КЗ Landsat, тому що площі досліджуваних об'єктів, як правило, більші ніж просторове розрізнення теплового каналу даного КЗ. Крім того, періодичність зйомки однієї й тієї ж сцени становить 25 днів, що дає можливість прослідкувати зміни стану торфовища не тільки за роками але й за сезонами, починаючи з 1986 року.

На детальному рівні досліджувались окремі торфовища, на яких за останні 2014–2015 роки у зв'язку з тривалим періодом аномально теплої і сухої погоди, значно зросла кількість пожеж. У цілому за літні місяці 2015 року температура повітря перевищила середні показники на 1.5–3°C, а кількість опадів становила лише 15–40% від норми [7]. Абсолютний максимум температур сягнув 37°C. Кількість пожеж на торфовищах зросла в 4 рази, при цьому їх площа збільшилася майже у 8 разів [4].

Масові загорання відбувалися саме на осушених торфовищах. Переважало неповне горіння торфу з виділенням великої кількості диму. Відкриті осередки полум'я спостерігалися досить рідко, в місцях з деревною рослинністю. З аналізу теплових зображень середини жовтня 2014 та 2015 років, не зважаючи на вже відносно низькі температури приземного повітря, перегрів ґрунту на деяких торфовищах досяг температури 47°C.

Порівнювався стан поверхні за останні три місяці — серпень, вересень, жовтень 2015 року, де зафіксовані зміни дистанційного образу при комбінації 11, 6, 1 каналів КЗ Landsat 8 за рахунок прогрівання та горіння торф'яних покладів. Аналіз теплового поля поверхні та побудований тепловий профіль через гарячу ділянку демонструють зміни температури ґрунту саме в пониззях рельєфу, на заторфованих ділянках долин. На детальному рівні досліджень розглядалися окремі тестові ділянки, що останнім часом вважаються екологічно небезпечними.

3.1. Ділянка Чорногородка

Значні площі заторфованих і частково заболочених заплави річок Ірпінь та Унави були осушені в 50 роках минулого століття і використовувалися в сільському господарстві під пасовища та городи. Меліорована заплава добре виконувала свої функції до посушливого періоду, а вже у кінці вересня 2015 року відбулося загорання великої ділянки торфовища.

За КЗ Landsat різних років на один і той же сезон — жовтень 2011, 2014 та 2015 рр., на даній ділянці проведено порівняння стану торфовищ як у видимому, так і тепловому діапазоні. Визначено, що спектральний образ торфовищ змінюється і залежить від ступеню вологості торфу, кількості опадів за попередній період та температури поверхні на дату знімання (рис. 5). Також для даної ділянки порівнювався стан поверхні за останні три місяці — серпень, вересень, жовтень 2015 року, де спостерігається зміна дистанційного образу поверхні торфовища (комбінація каналів 11, 6, 1) за рахунок прогрівання. Спостерігається збільшення спектральної яскравості відбиття як у оптичних, так особливо, у теплових каналах аж до появи теплової аномалії пов'язаної з горінням торф'яних покладів у жовтні 2015 року (рис. 6).

Ретроспективний аналіз заплави р. Ірпінь за Landsat 5 від 20 жовтня 1986 року зафіксував в тепловому каналі відносно холодні перезволожені торф'яні відклади під правим берегом в районі с. Перевіз. Підвищені ділянки заплави були або розорані, або використовувалися під пасовища, добре відслідковуються діючі дренажні канали. Восени ж 2015 р. посуха та високі температури сприяли перегріву торф'яних відкладів та їх загорання, за розрахунками температура поверхні досягла 47°C. За

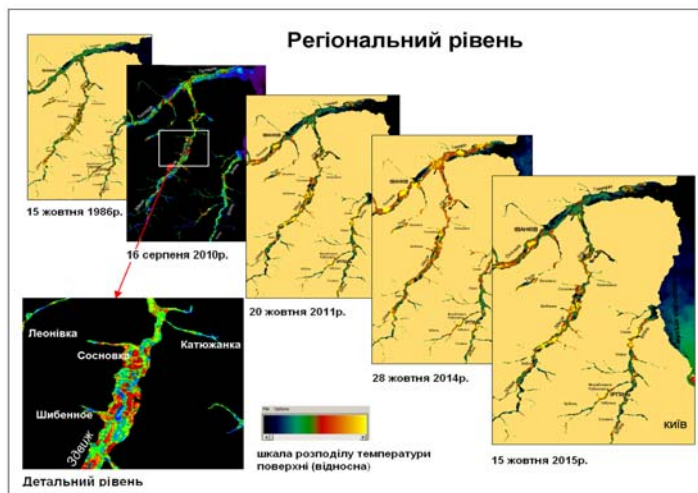


Рис. 4. Порівняння стану теплового поля поверхні заплив рік Ірпінь, Здвиж та Тетерів (за даними обробки теплових каналів КЗ Landsat 5, 7, 8)

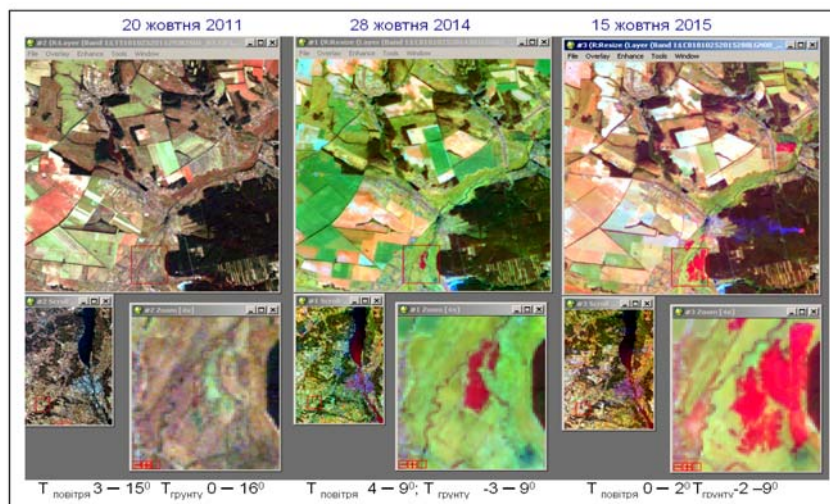


Рис. 5. Зміни дистанційного образу торфовища Черногородка за КЗ Landsat, протягом 3-х років

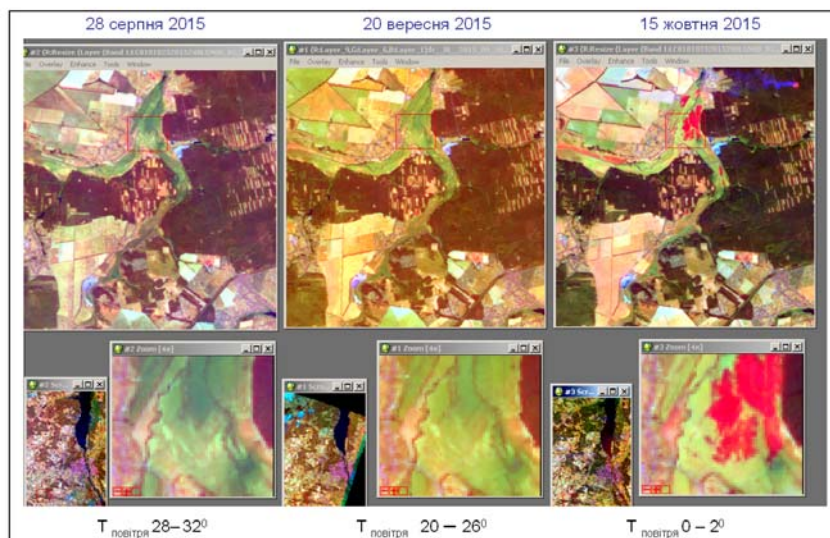


Рис. 6. Зміни дистанційного образу торфовища Черногородка за КЗ Landsat, протягом 3-х місяців 2015 року

даними ЦРМ побудований поперечний профіль заплави, геоморфологічний аналіз виявив, що перегріті ділянки розташовані в пониззях виповнених торфогрунтами (рис. 7).

Отже аналіз теплових профілів та гіпсометричного поперечного профілю поверхні заплави демонструє різку зміну температури ґрунту саме на понижених заторфованих ділянках, які наражаються на небезпеку займання.

3.2. Ділянка Рокач

Проведено космічний моніторинг стану заторфованої долини р. Рокач (біля впадіння в р. Ірпінь) в районі смт. Гостомель за КЗ Landsat за серпень, вересень, жовтень 2015 року. Незважаючи на зниження температури повітря за цей час, фіксується постійна температурна аномалія поверхні (рис. 8). Ретроспективний аналіз ділянки Рокач показав, що заплава була частково меліорована, а частково заболочена, в долині проводився видобуток торфу, про що свідчать топокарти 1937 та 1943 років. Моніторинг даної території за дистанційними матеріалами, встановив горіння торфу протягом трьох місяців, таке ж явище спостерігалось також восени 2014 р. (рис. 9).

3.3. Ділянка Бородянка

Особливо значна кількість пожеж зареєстрована в долині меліорованої р. Здвиж виповненої торфогрунтами, що в наслідок переосушення торфових відкладів сприяло їх займанню. Досліджуючи пожежу на торфовищі в долині р. Здвиж, в районі смт. Бородянка та селища Пилиповичі за КЗ Landsat протягом трьох місяців 2015 року припускається, що загорання торфу відбулося внаслідок підпалу, тому що ще 20 вересня поверхня торфовища була хоч і сухою, але не перегрітою, та вже 15 жовтня зафіксовано сильно перегріті ґрунти і велика площа загорання (рис. 10). На зображенні пожежа має червоний колір, дим — блакитне забарвлення, а температура поверхні становить 47°C.

На рис. 11 показано аналіз ділянки Бородянка проведений із залученням даних топокарт 1943 року, зображення Landsat 1986 та 2015 років та розрахунками температури поверхні. Також побудовані температурний профіль станом на 15.10.2015р. і гіпсометричні профілі через заплаву.

3.4. Ділянка Михайлівка-Рубежівка

Порівнюючи космічні зображення жовтня 2014 та 2015 років долини р. Бучанка (лівий приток р. Ірпінь) на відтинку між селами Красне та Михайлівка-Рубежівка відмічено дуже високі значення температур поверхні і значні площі загорання торфу. Досліджуючи ретроспективні довоєнні і повоєнні топографічні карти бачимо, що на цій ділянці існу-

вали торфорозробки, які пізніше виповнилися водою, замулились. З часом у посушливі періоди виповнена торфом долина р. Бучанки стала являти собою небезпеку, майже щорічно тут спостерігаються осередки займання.

3.5. Ділянка Білогородка

Заплава в долині Ірпеня між селами Стоянка та Білогородка загорілась після 15 жовтня 2015 р., але на зображенні теплового поля червоним кольором видно ділянки нагрітого торфу, вже 17 жовтня там розпочалась пожежа. На тепловому зображенні видно ділянки сухої нагрітої до 20°C поверхні торфу, при температурі повітря біля 0°C. За даними ЦРМ побудований гіпсометричний поперечний профіль через долину р. Ірпінь (горизонталі проведені через 5 м), перегріті ділянки розташовані в найбільш понижених ділянках долини. Проаналізувавши топокарту 1943 р., де зафіксована заболочена заплава, заболочені схили та порівнюючи з сучасним зображенням Landsat 8 від 15.10.2015 р. визначено, що заболочені ділянки зараз меліоровані, вкриті мережею дренажних каналів, землі використовується під пасовища, городи, частково під сільську та дачну забудову (рис. 13). Навіть в умовах очікуваних кліматичних змін обводнення заплави в даному місці буде сприяти запобіганню пожеж. В той же час, при зменшенні антропогенного тиску заплава поступово повертатиметься до свого природного заболоченого стану, але при цьому можливо підтоплення селищних і дачних новобудов, що може призвести до соціальної напруги.

4. Польові дослідження

19 листопада 2015 р. співробітники ЦАКДЗ разом зі спеціалістами компанії DronUA та МНС України проводили польові дослідження по визначенню температури поверхні палаючого торфовища Трубіж, що знаходяться на схід від с. Данівка Козелецького району Чернігівської області та виявленню осередків прихованого горіння торфу.

З 50-х років минулого століття проведена меліорація болота Трубіж, внаслідок чого значно понизився рівень ґрунтових вод. Русло р. Остер було спрямлене, що збільшило витрати води, частина води з болота була відведена в р. Трубіж. В наслідок пересихання і зuboжіння торфогрунтів почастишали пожежі. Горінням було охоплено біля 70 га торфовища.

Проаналізувавши ситуацію за КЗ Landsat 8 2014 та 2015 років та розрахувавши температуру поверхні, робимо висновок, що дане торфовище є значним осередком пожежі в даному регіоні і відрізняється великими площами займань. На жовтневих зображеннях КЗ Landsat 2014 та 2015 років помаранчевим і червоним кольором виділяються гарячі поверхні, а світло-жовтим безпосередньо

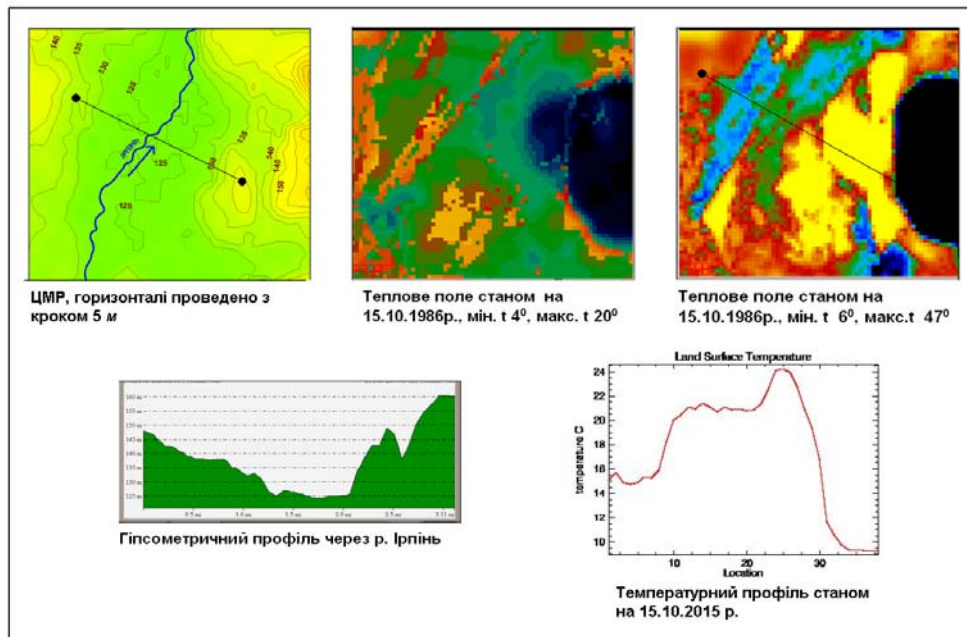


Рис. 7. Результати вивчення теплового поля торфовища у заплаві р. Ірпінь за ЦМР (ділянка Чорногородка)

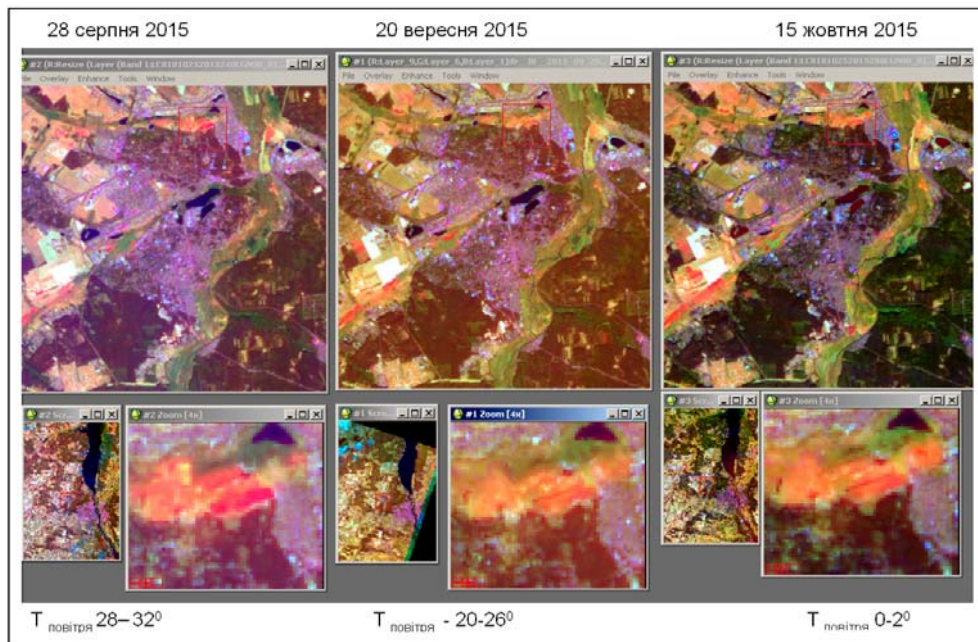


Рис. 8. Порівняння стану території долини р. Рокач, охопленої пожежею (за КЗ Landsat протягом 3-х місяців 2015р.)

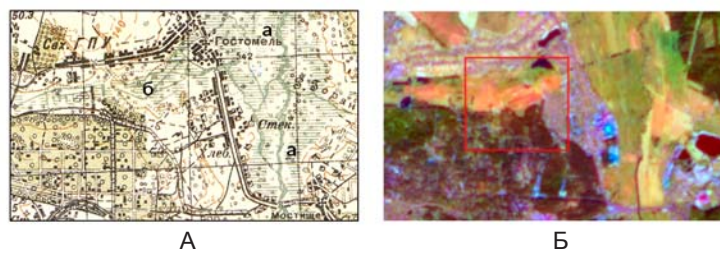


Рис. 9. Стан заторфованої долини р. Рокач біля смт. Гостомель: А — за картою генштабу Червоної армії 1943 р.; а — заболочена заплава, б — меліорована заплава, Б — за КЗ Landsat, від 15.10.2015 р.

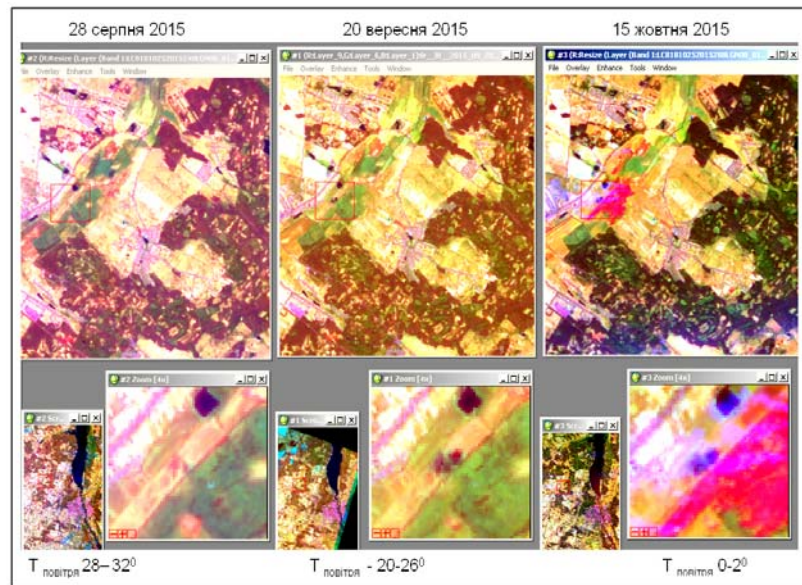


Рис. 10. Порівняння стану охопленого пожежею торфовища Бородянка на р. Здвиж протягом 3 місяців 2015 р. за КЗ Landsat

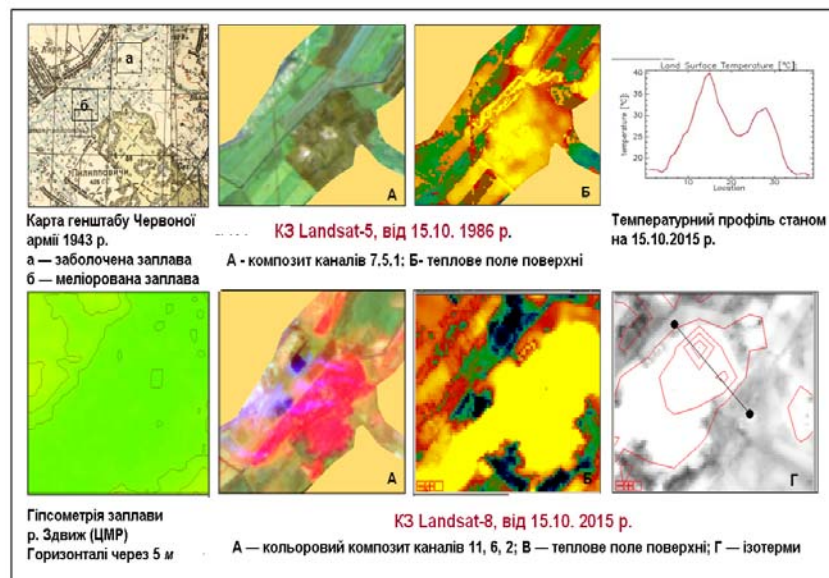


Рис. 11. Результати вивчення торфовища Бородянка за ЦМР та тепловими зображеннями

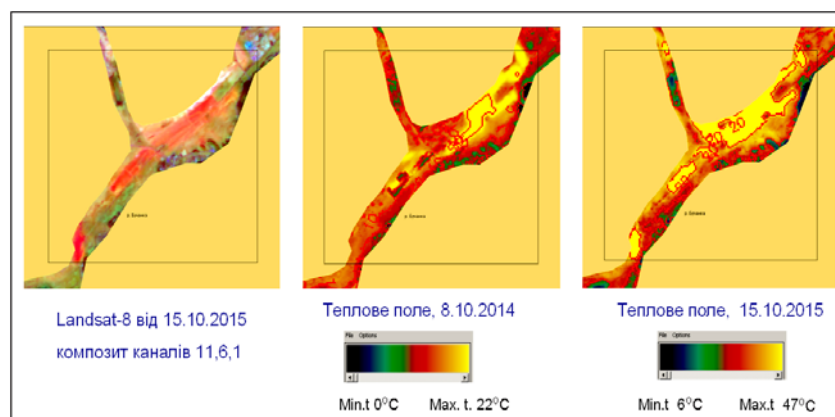


Рис. 12. Стан теплового поля заплави р. Бучанка між селами Красне та Михайлівка- Рубежівка

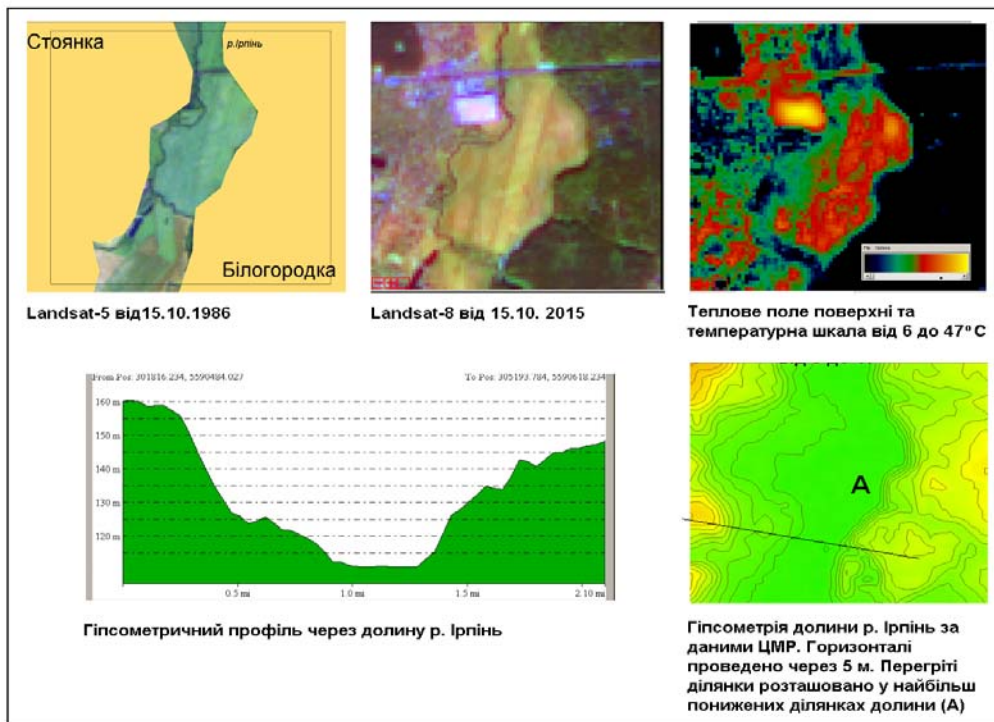


Рис. 13. Результати дослідження торфовища у долині р. Ірпінь між селами Стоянка та Білогородка

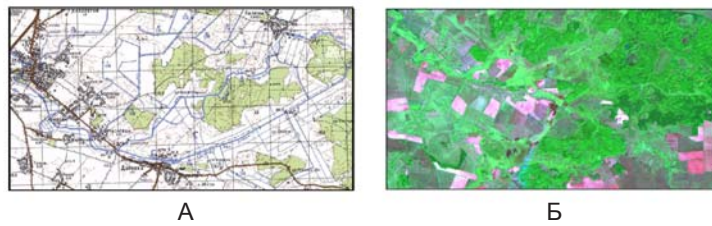


Рис. 14. Торфовище Трубіж: А — на топографічній карті; Б — на КЗ Landsat 2007 р.

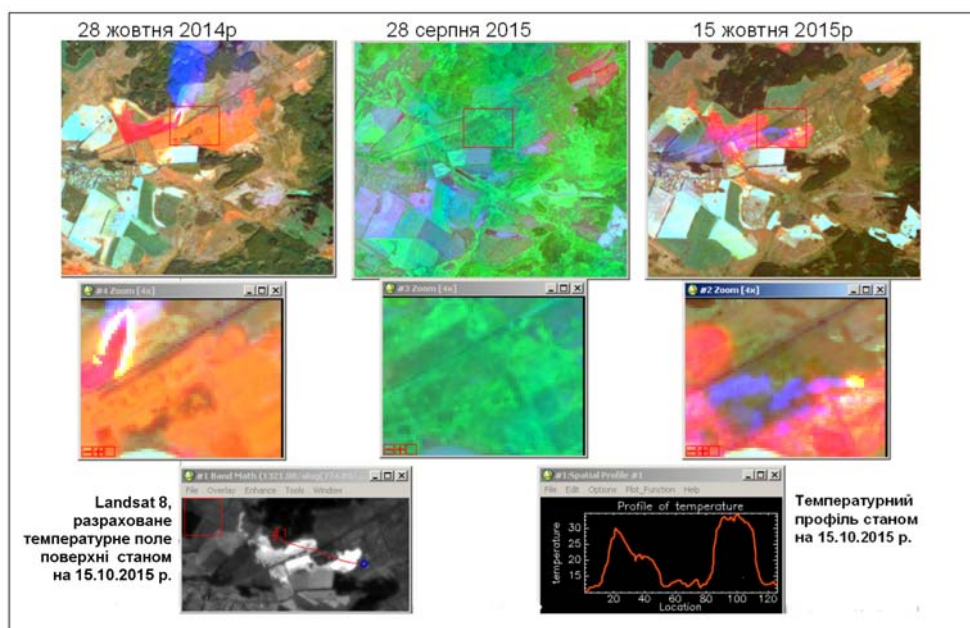


Рис. 15. Зміни дистанційного образу торфовища Трубіж за КЗ Landsat 8 з використанням TIR діапазонів

осередки вогню. Серпневий знімок не виявив теплову аномалію на торфовищі Трубіж (рис. 15).

В результаті оперативних робіт під час гасіння пожежі на даній ділянці за допомогою безпілотного апарату з тепловізійною апаратурою на борту та наземного польового тепловізора були виявлені підземні залишкові осередки горіння торфовищ вже після вжитих МНС заходів гасіння пожежі (рис. 16).

Технологічна схема оперативних досліджень під час пожежі включає:

- гасіння пожежі підрозділами МНС;
- регіональні дослідження обсягів пожежі за допомогою наявних оперативних даних з багатозональних КЗ різного просторового розрізнення;
- оглядові рекогносцивальні та вимірні дослідження з безпілотників, що мають на борту необхідне обладнання (GPS, тепловізори, радари);
- наземні завіркові дослідження за допомогою тепловізора з метою виявлення залишкових підземних осередків горіння торфу після вжитих заходів гасіння (рис. 17).

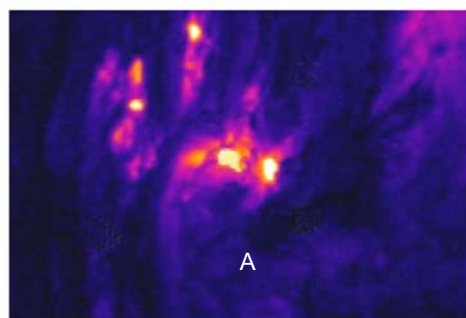


А

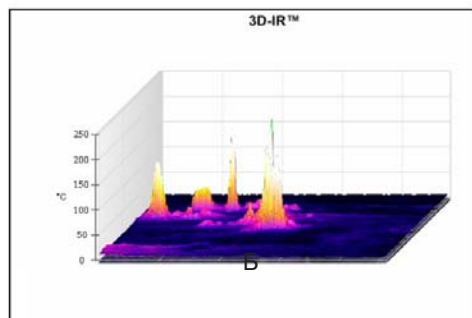


Б

Рис. 16. Видгляд торфовища Трубіж 19.11.2015р.: А — ділянка охоплена пожежею; Б — ділянка, де пожежу загашено



А



Б

8°C 214°C

Рис. 17. Приховані осередки горіння торфу, на ділянках де проведено гасіння: А — зображення теплового поля; Б — 3D - модель

5. Висновки

Багатозональні космічні знімки дозволяють безпосередньо виділити заболочені та заторфовані ділянки земної поверхні, вирахувати спектральні індекси вологості, посушливості та вегетаційні з метою диференціації ландшафтних комплексів.

Багаторічні дослідження та застосування часових рядів КЗ середньої і високої просторової розрізненості дають можливість виконувати дистанційний моніторинг довготривалих змін водно-болотних угідь і торфовищ.

Перерахунки та аналіз теплових каналів багатозональних КЗ середнього просторового розрізнення серії Landsat дозволяють виявити ділянки ано-

мальних температур пов'язаних з перегрівом торфовищ у долинах річок та пониззях рельєфу, що являються потенційно небезпечними ареалами виникнення пожеж.

Використання супутникових даних високого розрізнення та залучення безпілотних літальних апаратів з тепловою знімальною апаратурою на борту дають можливість контролювати пожежонебезпечні території і виявляти локальні осередки займання.

За допомогою польової тепловізійної зйомки контролюється якість протипожежних заходів і виявляються приховані залишкові підземні осередки горіння торфу на ділянках, де гасіння вже проведено, а також можливий періодичний нагляд (моніторинг) за тепловим станом торфових ділянок.

Використання цілісного комплексу дистанційних досліджень (космічні, повітряні, наземні завірки) може успішно реалізовуватися для запобігання небезпеки пожежних явищ на торфовищах і вести контроль за гасінням пожеж та залишковими підземними осередками займання.

Отже, в умовах глобального потепління та зневоднення, пожежі на торфовищах можуть спонукати подальші зміни клімату, через те що в атмосферу потрапляє надлишок вуглецю більший ніж рослини та організми всієї Землі можуть поглинути. Враховуючи важливу роль водно-болотних угідь для збереження ландшафтного та біотичного різноманіття необхідне здійснення сукупного оцінювання та стратегії подальшого використання болотно-заплавних і та болотно-озерних комплексів.

Литература

1. Вегетационные индексы /GIS LAB [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://gis-lab.info/qa/vi.html> (25.01.2016). — Назва з екрану.
2. Интеркалибрация методов восстановления термодинамической температуры поверхности урбанизированной территории по материалам тепловой космической съёмки [Електронний ресурс] / С. А. Станкевич [и др.] // Український журнал дистанційного зондування Землі, 7 (2015) — С. 14–23. — Режим доступу до журналу <http://www.uirs.org.ua/uirs//index> (05.12.2015). — Назва з екрану.
3. Обводнение болот Московской области [Електронний ресурс] // РИА Новости.—Режим доступу до журналу http://ria.ru/trend/peat_watering_moscow_region_12082010/ (12.12.2015). — Назва з екрану.
4. Оперативна інформація щодо пожеж в природних екосистемах Київської області та м. Києва станом на 20.10.2015 [Електронний ресурс] / Головне управління ДСНС у Київській області. — Режим доступу: <http://www.kyivobl.mns.gov.ua>. — Назва з екрану.
5. Орлов О. О. Биохимия Цезия 137 у лісболотних екосистемах Українського полісся / О. О. Орлов, В. В. Долин. — К.: Наук. думка, 2010. — 198 с.
6. Пазинич Н. В. Методические аспекты использования материалов многоспектральной космической съёмки для выявления закономерностей распространения и определения признаков проявления торфяных болот и связанных с ними залежей торфа / Н. В. Пазинич // Спутниковые методы поиска полезных ископаемых. Под ред. В. И. Лялько — К.: Карбон-Лтд, 2012.— С. 330–350.
7. Підсумки досить теплої і помірно вологої календарної осені у столиці. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=news_full&p. — Назва з екрану.
8. Руденко В. П. Природно-ресурсний потенціал України / В. П. Руденко — К.: Либідь, 1994. — 150 с.
9. Свойства и области применения торфа [Електронний ресурс] // РИА Новости. — Режим доступу: http://ria.ru/hs_mm/20100816/265823766.html#ixzz3qhv5YEwI. — Назва з екрану.
10. Торфяные пожары [Електронний ресурс] // РИА Новости. — Режим доступу: <http://ria.ru/documents/20100812/264558102.html#ixzz3qiZgmCXu>. — Назва з екрану.
11. Lishchenko L. Detecting climate induced changes of habitat diversity using Rapid Eye data / L. Lishchenko, A. Kozlova // International Scientific Conference “Zarządzanie systemami krajobrazowymi”. Roztocze. Zwierzyniec, Poland, 2012.
12. Merchanth Brain How Climate Change Is Fueling the World's Longest-Burning Fires / Brain Merchanth [Електронний режим]. — Режим доступу: <http://motherboard.vice.com/read/climate-change-is-about-to-start-the-worlds-longest-burning-fires> (2015). — Назва з екрану.
13. Pomm Joe Peat's Sake: Drying And Burning Wetlands Amplify Global Warming [Електронний ресурс] / Joe Pomm // Jornal Climateprogress. — Режим доступу: <http://thinkprogress.org/climate/2015/01/13/3610618/peat-wetlands-global-warming> (2015). — Назва з екрану.
14. The analysis of hydrogenic landscape in the Shatsk National Park. Based on data from Landsat satellite/ M. Popov, S. Stankevich, L. Lishchenko, A. Kozlova // The future of hydrogenic landscapes in European biosphere reserves. — Lublin, Poland, 2010. — p. 89–111 (en), p. 111–125 (pl).

МОНІТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ТОРФЯНИКОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫХ УЧАСТКОВ С ПОМОЩЬЮ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ

Л. П. Лищенко, Н. В. Пазинич

По данным дистанционного зондирования Земли — многозональным космическим снимкам, цифровой модели рельефа, воздушным и наземным тепловым измерениям теплового поля поверхности, выявлены участки торфяников различной степени прогревания и устанавливалась их пожароопасность.

Ключевые слова: торфяники, дистанционные методы, пожароопасность, космические снимки Landsat, тепловое поле поверхности

MONITORING OF PEAT BOGS AREAS TO IDENTIFY FIRE HAZARDS BY REMOTE SENSING

L. P. Lischenko, N. V. Pazynych

Identified areas of peatbogs in different conditions and determined their fire hazard used the remote sensing data: multi-zone satellite imagery, digital elevation models, aerial and ground servay measurements of land surface temperature.

Keywords: peat bogs, remote sensing, fire hazards, satellite imagery of Landsat, land surface temperature (LST)