
МЕТОДИКА ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДІЛЯНОК, ПОРУШЕНИХ ВНАСЛІДОК ВИДОБУВАННЯ БУРШТИНУ

А.Г. МАРТИН,

*доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН
Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: martyn@nubip.edu.ua

О.І. КАЧАНОВСЬКИЙ,

*заступник директора з виробничої роботи Відокремлений
структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж Національного
університету біоресурсів і природокористування України»*

E-mail: myzvck1014@gmail.com

С.В. БУЛАКЕВИЧ,

*завідувач навчально-практичного центру із землевпорядкування
Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж
Національного університету біоресурсів і природокористування України»*

E-mail: s.geotehnology@gmail.com

Анотація. У статті розглянуто сучасні можливості використання геоінформаційних технологій геопросторового моделювання ділянок, порушених внаслідок видобування бурштину в Україні на прикладі Рівненської області. Метою дослідження є представлення методики дешифрування матеріалів супутникових знімків з метою геоінформаційного моделювання територій порушених земель унаслідок видобутку бурштину. Проаналізовано можливості застосування актуальних матеріалів дистанційного зондування сучасних супутникових систем в поєднанні з геопросторовими моделями під час проведення моніторингу земель. Досліджено, що розрахунок вегетаційного індексу NDVI дозволяє більш чітко виділити контури порушених земель. Представлено підхід для оцінювання зволоженості ґрунтового покриву, що базується на застосуванні нормово-різницевих водних індексів. Відзначено, що оцінка вологості ґрунтів являється одним із елементів тематичної обробки космічних знімків, яка дозволяє виявити ділянки на яких проводився видобуток бурштину за допомогою гідротехнічного способу. Запропоновано розглядати методику геоінформаційного моделювання ділянок, порушених внаслідок видобування бурштину як спосіб практичної реалізації визначення порушених земель за допомогою зображень ДЗЗ, зумовленого закономірностями та особливостями спектрального аналізу фотозображення. Використання методики представлено на конкретному прикладі, а саме на землях державної власності Дубровицького лісництва Рівненської області. Методика забезпечить технічне підґрунтя прийняття рішень щодо встановлен-

ня порушених земельних ділянок і їхнього подальшого моніторингу. Крім того запропонована в статті методика, допоможе встановити напрями рекультивациі земель та групи порушених земель.

Ключові слова: порушені землі, видобуток бурштину, мультиспектральні супутникові знімки, дистанційне зондування.

Актуальність.

Рівень лісистості та якісний стан лісів значною мірою визначають стан навколишнього природного середовища країни. Однак сьогодні в Україні лісові насадження інтенсивно експлуатуються, вони гинуть від промислових викидів та пожеж, недбалого відведення земель під вирубку та нещадного видобування корисних копалин, зокрема бурштину. Особливо гостро ці проблеми постали в північно-західних районах Полісся. За даними Головного управління Держгеокадастру у Рівненській області станом на 2017 р. [1] земель лісогосподарського призначення порушених внаслідок незаконного видобутку бурштину є близько 4,16 тис. га., що становить 92 % від загальної кількості земель державної власності, порушених внаслідок незаконного видобутку бурштину, або 73 % від загальної кількості земель області державної та приватної власності, порушених внаслідок незаконного видобутку бурштину. У зв'язку із стрімким поширенням ареалів порушених земель та масштабами охоплення даних процесів, постає необхідність постійного контролю, моніторингу та дослідження динаміки зміни площ порушених територій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Зазначимо, що основні напрацювання з визначення локацій по-

рушених земель унаслідок видобування бурштину на регіональному та локальному рівнях представлені у наукових працях В.Є. Філіповича, Р.М.Шевчука [2]. Результати обробки та аналізу багатоспектральних супутникових знімків середнього розрізнення з метою оцінки динаміки і наслідків незаконного видобутку бурштину в Україні присвячені роботи А.В. Прокопчука, Р.М. Янчука, С.М. Трохимця, В.М. Маслея, Д.К. Мозгового, К.Г. Білоусова, В.С. Хорошилова, О.С. Бушанської, М.Г. Галича [3]. У роботі Є.А. Іванова представлено аналіз екологічної ситуації у районах незаконного видобування бурштину та картографічну модель антропогенної трансформації природного середовища в межах територіальних одиниць Рівненської області внаслідок несанкціонованого видобутку [4]. Заслужують увагу дослідження вчених Університету Чжецзян та Китайського гірничо-технологічного університету, а саме їх методика з визначення календарної дати порушення земельного покриву під час видобутку корисних копалин. Однак наукові напрацювання мають фрагментарний характер, що пояснюється висвітленням лише певних елементів і частковим розглядом відображення проблеми дослідження динаміки зміни площ порушених територій та поза увагою залишається методика геоінформаційного моделювання ділянок, порушених внаслідок видобування бурштину.

Мета дослідження. Представлення методики дешифрування матеріалів супутникових знімків з метою геоінформаційного моделювання територій порушених земель унаслідок видобутку бурштину.

Матеріали та методи дослідження.

Виконання даного наукового дослідження проводилось на даних дистанційного зондування Землі, отриманих з різних знімальних систем Landsat 4-5 TM (2010-2013 р.), Landsat 8 (2014-2021 р.), Sentinel-2 (2015-2021 р.), картографічні матеріали таксації лісонасаджень ДП «Дубровицького лісгоспу» (<https://www.lisproekt.gov.ua>) та цифровий архів базової карти ESRI WayBack. maptiles.arcgis.com з часовим проміжком 2010-2021 рр, підключеного до серверу WMTS. Інформаційною базою слугували матеріали переліку земель лісгосподарського призначення, із складовою частиною – землі порушені внаслідок видобування бурштину які потребують рекультивациі [5]. Основними методами дослідження стали методи моделювання, порівняння та узагальнення, аналізу та синтезу.

Результати дослідження та їх обговорення.

Стихійні методи добування бурштину з надр здійснювалися переважно вручну кар'єрним і гідромеханічним способами та не передбачали дотримання заходів щодо охорони навколишнього середовища, норм з охорони праці. При застосуванні кар'єрного способу видобутку утворюються шурфи довжиною від 1 до 6 м., дудки ді-

аметром від 6 до 8 м., порушується цілісність геологічних пластів, формуються валоподібні викиди гірничої маси навколо об'єктів. Використання гідромеханічного способу призводить до утворення лійкоподібних виїмок в ґрунті різного діаметру (0,4-1,0 м., > 1 м.), просідання ґрунту та гірських порід.

Земельні масиви порушені внаслідок видобування бурштину вирізняються насамперед відсутністю ґрунтового-рослинного покриву, а на їхній поверхні часто можна зустріти породи, що раніше розташовувалися під ґрунтовим покривом, відтак на синтезованому зі спектральних каналів зображенні, їх фототон відрізняється від оточуючих ландшафтів. Отож спектральні характеристики являються основними параметрами на основі яких здійснюється дешифрування, що слугує підґрунтям застосування зображень ДДЗ та геопросторового моделювання під час проведення моніторингу земель [2].

Відповідно методику геоінформаційного моделювання ділянок, порушених внаслідок видобування бурштину слід розглядати, як спосіб практичної реалізації визначення порушених земель за допомогою зображень ДЗЗ, зумовленого закономірностями та особливостями спектрального аналізу фотозображення. Дана методика передбачає ряд етапів і кроків, які представлені на рис. 1.

Згідно методики для аналізу кольорових композитних зображень ДЗЗ обирають три зональних зображення, кожне з яких розглядають як червону, зелену та синю складові простору RGB. При цьому застосування різних комбінацій каналів дозволяє створювати кольорові зображення, які підкреслюють ті чи інші особливості

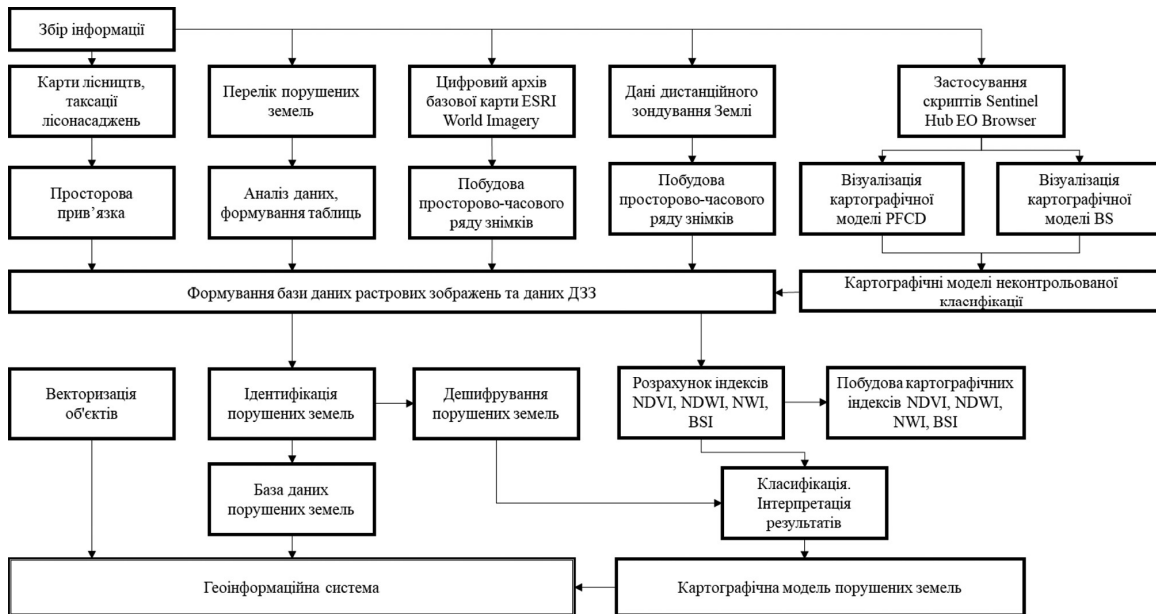


Рис. 1. Блок-схема методики геоінформаційного моніторингу порушень земель

об'єктів. В нашому випадку Landsat 4-5 TM B05-04-03, Landsat 8 B06-B05-B04, Sentinel-2 B11-B08-B04.

Однією зі складових формування картографічних моделей лісів є класифікація. Класифікація – процедура комп'ютерного дешифрування знімків, яка полягає у автоматичному поділі всіх пікселів знімка на групи (класи), які відповідають різним об'єктам [6]. Навчальні вибірки основних типів земного покриву класифіковано з використанням додаткового модуля Spatial Analyst методом опорних векторів в програмному забезпеченні ArcGIS Pro 2.8.

Поверхня порушених масивів практично повністю позбавлена рослинності тому застосування вегетаційних індексів за певних умов дозволяє більш чітко виділити контури порушених земель, а отже підвищити точність дешифрування. Під час дешифрування найоптимальніший результат демонструє розрахунок веге-

таційного індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [6].

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

де, NIR – ближній інфрачервоний діапазон спектра; RED – червоний діапазон спектра. Нормалізований диференційний вегетаційний індекс це один із найпоширеніших вегетаційних індексів для виконання завдань, пов'язаних із кількісним оцінюванням рослинного покриву, він високочутливий до змін у рослинному покриві.

Тобто висока фотосинтетична активність, яка пов'язана з густою рослинністю веде до меншого відбиття в червоній ділянці спектра і більшого в інфрачервоній. Відношення цих показників один до одного дає змогу чітко відокремлювати і рослинність від інших природних об'єктів та виконувати їх аналіз. Проте слід відмітити, що показники NDVI розораних

полів, вирубок лісів у осінній та весняний періоди наближені до показників поверхні порушених земель видобутку бурштину, що власне і робить його розрахунок непридатним для виявлення контурів кар'єрів і відвалів [2].

Оцінка вологості ґрунтів являється одним із елементів тематичної обробки космічних знімків, яка дозволяє виявити ділянки на яких проводився видобуток бурштину за допомогою мотопомп (гідротехнічний спосіб видобутку).

Зазначимо, що вологість ґрунту – це вміст в його тріщинах і порах деякої кількості води. Вода, яка міститься в ґрунтовій породі в природних умовах, має назву природна вологість ґрунту (W). Найчастіше, ґрунтову вологість представляють у вигляді відношення ваги води (q_1), яка є в породі, до ваги сухої породи (q_2) (вагова вологість) у відсотках [7] (2):

$$W = \frac{q_1}{q_2} \quad (2)$$

Таким чином, використовуючи розрахункові методи можна визначити осередки перезволоження і надмірної вологоємності ґрунтового покриву на території з відкритим ґрунтовим покривом та «ямкуватою» структурою. Дешифрування матеріалів супутникових знімків з метою оцінювання вологості базувалося на апріорному аналізі використовуючи деякі компоненти ландшафту, які можуть бути виявленими на космічних знімках, наприклад рослинність, рельєф, гідрографічна мережа, тощо [2].

Запропоновано підхід щодо оцінки зволоженості ґрунту, який заснований на використанні нормово-різницевих водних індексів. У даному дослідженні розглянуто та застосо-

вано вже існуючі водні індекси, чутливі до зволоженості ґрунтів, а саме використано індекс (Normalized Difference Water Index), який був запропонований В. Gao [8]:

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad (3)$$

Для диференціації типів ґрунтового покриву використовувався індекс відкритого ґрунту BSI (bare soil index), який запропонований та використаний у роботах Can Trong Nguyen, Amnat Chidthaisong, Phan Kieu Diem, Lian-Zhi Huo [9]

$$BSI = \frac{((SWIR2 + Red) - (NIR + Blue))}{((SWIR2 + R) + (NIR + B))} \quad (4)$$

Модифікований індекс відкритого ґрунту дозволяє класифікувати відкритий ґрунт від вирубок, забудованих територій, інших типів земного покриву [9].

Верифікація запропонованої методики геоінформаційного моделювання ділянок, порушених внаслідок видобування бурштину проводилась на земельних угіддях державної власності Дубровицького лісництва Рівненської області. В результаті досліджень відібрано 5-ть основних типів земного покриву: хвойний ліс, широколистяний ліс, підріст (молодий ліс), вирубки, порушені землі. На основі класифікації були створені картографічні моделі моніторингу порушених земель внаслідок видобутку бурштину, які показані на рис. 2.

За результатами аналізу картографічних моделей можна зробити висновок, що на деяких ділянках лісових кварталів відбувається поновлення рослинного покриву, але в той самий час виникають нові порушені площі лісу.

Відповідно до результатів геоінформаційного моніторингу в Дубро-

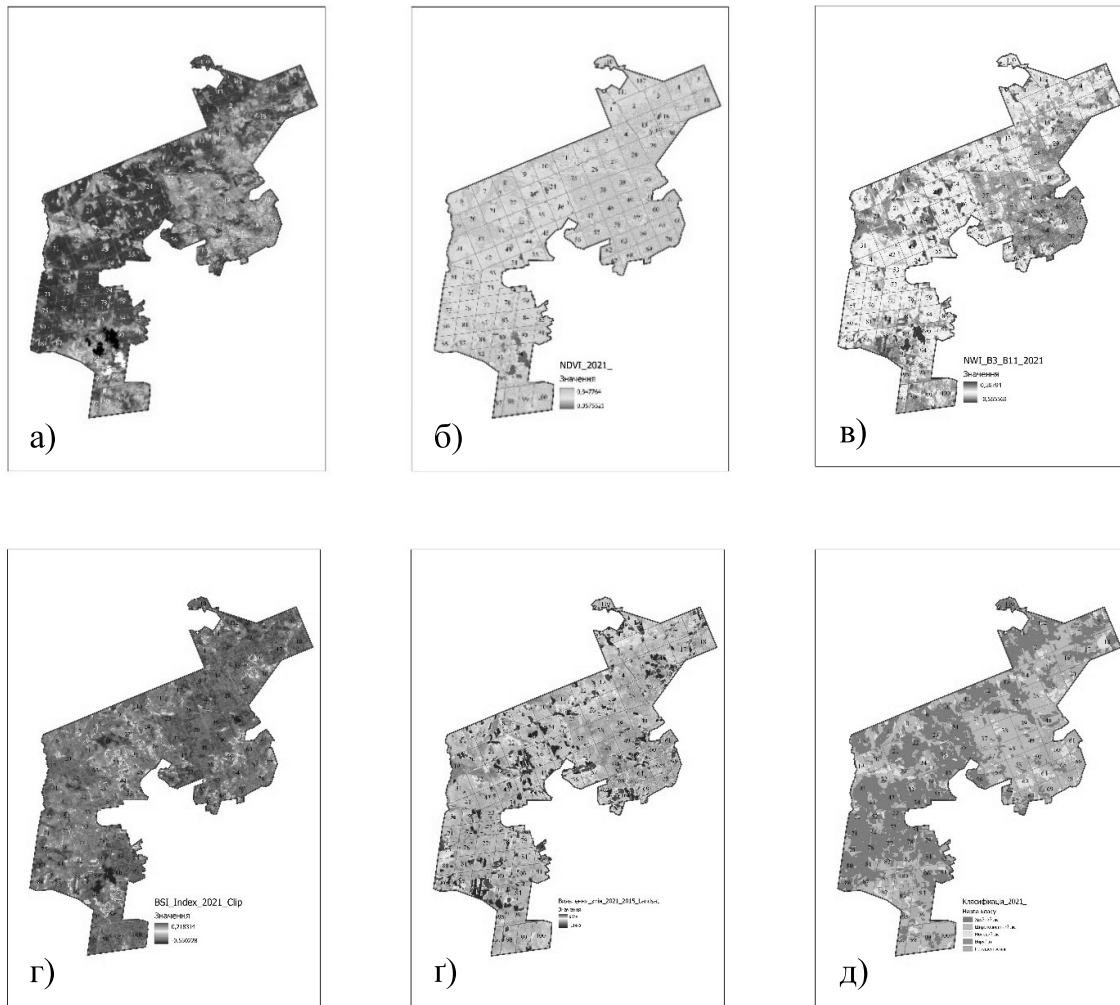


Рис.2 Картографічні моделі моніторингу порушених земель внаслідок незаконного видобутку бурштину:

- а) космічний знімок Sentinel – 2B. 01.08.2021; б) картографічна модель NDVI; в) картографічна модель NWI; г) картографічна модель BSI; е) картографічна модель аналізу змін ґрунтово-рослинного покриву 2021-2015 р.; д) картографічна модель класифікації земель порушених внаслідок незаконного видобутку бурштину

вицькому лісництві ареали порушених земель розташовані в 3,5,13,16, 18,30,48,50,59,61,63,65,67,69,98,100 лісових кварталах та займають площу 837,46 га, що становить 11% від загальної площі лісництва (Рис.3).

Відзначимо, що відповідно до наказу Держлісагенства України від 21.04.2017 № 138 [5] в реєстр включено 2046 ділянок із загальною площею порушених земель 4385,45 га.

До складу ДП «Дубровицьке лісове господарство» входить 9 лісництв: Черменське, Озерське, Дубровицьке, Трипутнянське, Бережницьке, Літвицьке, Будимлянське, Лісівське та Перебродівське. За результатами роботи встановлено, що площа порушених земель становить 2539,56 га, що становить 5,14% від загальної площі ДП «Дубровицьке лісове господарство» (Рис.4).

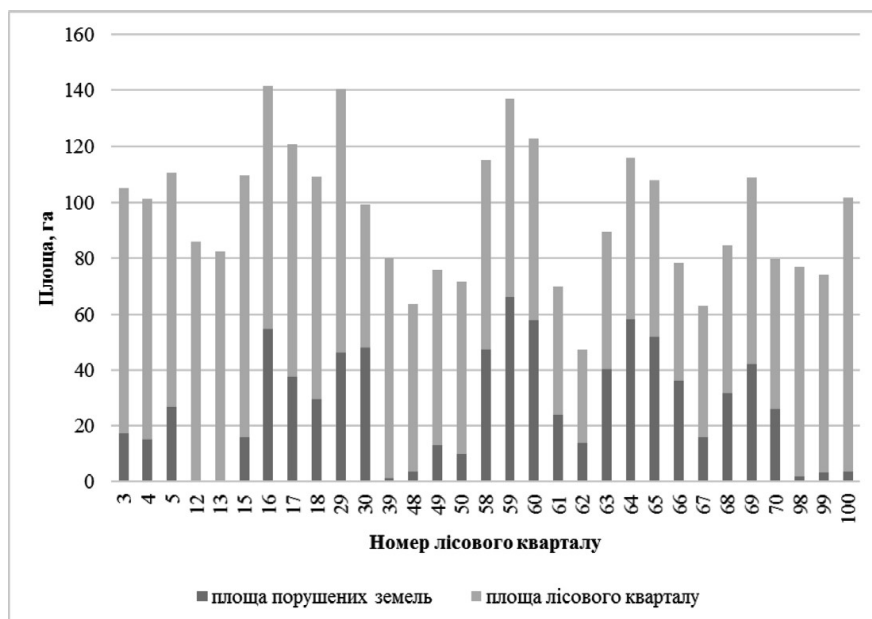


Рис. 3 Відношення загальної площі лісових кварталів до порушеної Дубровицького лісництва

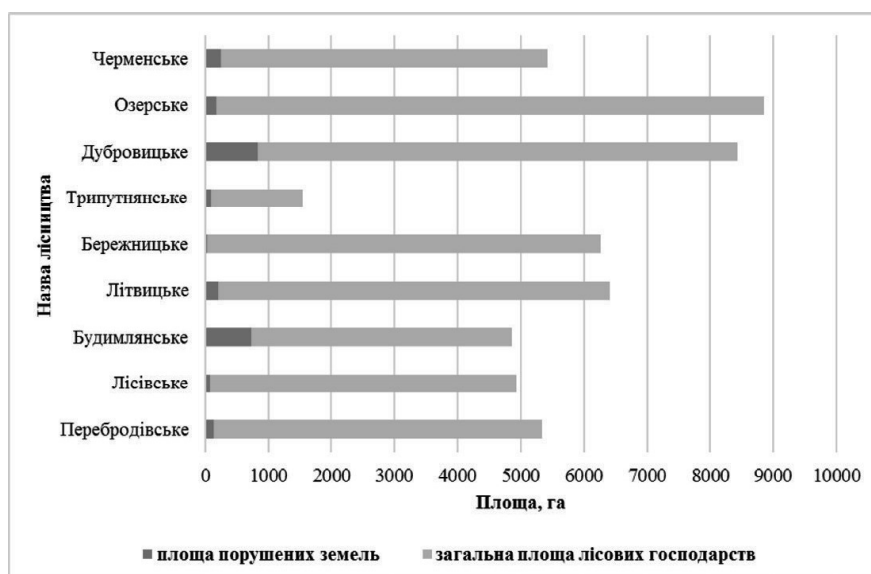


Рис. 4 Відношення загальної площі до порушеної ДП «Дубровицьке лісове господарство»

Висновки і перспективи.

Сучасний стан навколишнього природного середовища північно-західної частини Українського Полісся характеризується величезними змінами агроландшафтів. Порушені землі внаслідок видобування бурш-

тину назавжди виводяться з господарського обігу, адже відновленням даних земель часто нехтують, або ж заходи по рекультивації проводяться в мінімальному обсязі. Кількісний показник площ рекультивованих земель в регіоні за останніх 10 років коливається від 0 до 0,1 тис. га [10],

це вказує на недостатню приділену увагу рекультивації земель порушених земель.

У статті розглянуто сучасні можливості геопросторового моделювання ділянок, порушених внаслідок видобування бурштину на прикладі Рівненської області. У даній роботі запропоновано методику дешифрування матеріалів супутникових знімків з метою геоінформаційного моделювання територій порушених земель унаслідок видобутку бурштину. Проаналізовано можливості застосування актуальних матеріалів дистанційного зондування сучасних супутникових систем в поєднанні з геопросторовими моделями під час проведення моніторингу земель. Встановлено, що розрахунок вегетаційного індексу NDVI дозволяє більш чітко виділити контури порушених земель. Представлено підхід для оцінювання зволоженості ґрунтового покриву, що базується на використанні нормово-різницевих водних індексів. Відзначено, що оцінка вологості ґрунтів являється одним із елементів тематичної обробки космічних знімків, яка дозволяє виявляти ділянки на яких проводився видобуток бурштину за допомогою гідротехнічного способу. Використання методики апробовано на землях державної власності Дубровицького лісництва Рівненської області. Методика забезпечить технічне підґрунтя прийняття рішень щодо встановлення порушених земельних ділянок і їхнього подальшого моніторингу. Крім того запропонована в статті методика, допоможе встановити напрями рекультивації земель та групи порушених земель.

Список літератури

1. Документ Рівненської обласної державної адміністрації від 10.05.2017р. URL: <https://ror.gov.ua/upload/content/15941/482.pdf>.
2. Філіпович В. Є. Шевчук Р. М. Методика і технологія оцінки шкоди, нанесеної Українській державі внаслідок нелегального видобутку бурштину. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2016. № 11. С. 15-21.
3. Маслей В. Н., Мозговой Д. К., Белоусов К. Г., Хорошилов В. С., Бушанская А. С, Галич Н. Г. Методика оценки последствий добычи янтаря по многоспектральным спутниковым снимкам. Космична наука і технологія. 2016. Т. 22. № 6. С.26-36.
4. Іванов Є. А. Аналіз екологічної ситуації у районах незаконного видобування бурштину / Є. А. Іванов // Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування : матеріали Шостої міжнародної науково-практичної конференції (7–11 жовтня 2019 р., м. Трускавець). Державна комісія України по запасах корисних копалин (ДКЗ). – К.: ДКЗ, 2019. – Т. 2. – С. 105–111.
5. Перелік земель лісгосподарського призначення, у межах яких є частини, які порушені внаслідок незаконного видобування бурштину і потребують рекультивації: Наказ Держлісагентства 21.04.2017 № 138 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0138820-17/conv> (дата звернення: 11.11.2021).
6. Бардиш Б., Бурштинська Х. Використання вегетаційних індексів для ідентифікації об'єктів земної поверхні. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2014. Випуск II(28). С. 82-88.
7. Лозовицький П.С. Водні та хімічні меліорації ґрунтів. Навчальний посібник – К. Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет". 2010. - 276 с
8. Gao B. C. NDWI - A Normalized Difference Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. / B.

- C. Gao // Remote Sensing of Environment, 1996, NYC, 58, - P. 257 - 266.
9. Can Trong Nguyen, Amnat Chidthaisong, Phan Kieu Diem, Lian-Zhi Huo A Modified Bare Soil Index to Identify Bare Land Features during Agricultural Fallow-Period in Southeast Asia Using Landsat 8. Land 2021, 10, 231. Page 3. URL: <https://www.mdpi.com/2073-445X/10/3/231/pdf>.
10. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 роках. Департамент екології і природних ресурсів Рівненської обласної державної адміністрації. URL: https://www.ecorivne.gov.ua/report_about_environment/ (дата звернення: 09.11.2021).

References

1. Rivne Regional State Administration (2017). Dokument Rivnenskoï oblasnoï derzhavnoi administratsii №2744/0/01 -29/17 vid 05.05.2017 [Document of Rivne Regional State Administration]. Available at: <https://ror.gov.ua/upload/content/15941/482.pdf>
2. Filipovych, V. Ye., Shevchuk, R. M. (2016). Metodyka i tekhnolohiia otsinky shkody, nanesenoï Ukrainskii derzhavi vnaslidok nelegalnogo vydobutku burshtynu [The methodology and technology assessment of damage caused by Ukrainian government as a result of illegal extraction of amber]. Ukrainian Journal of Remote Sensing, 11, 15-21.
3. Maslei, V. M., Mozghovyi, D. K., Bilousov, K. H., Khoroshylov, V. S., Bushanska, O. S., Halych, M. H. (2016). Metodyka otsinky naslidkiv vydobutku burshtynu za bahatospektralnymy suputnykovymy znimkamy [Method of the impact evaluation of amber mining by multispectral satellite images]. Space science and technology, 6, 26-36.
4. Ivanov, Ye. (2019). Analiz ekolohichnoi sytuatsii u raionakh nezakonnoho vydobuvannia burshtynu [Analysis of the ecological situation in the areas of illegal amber mining]. Subsoil use in Ukraine. Investment prospects: materials of the Sixth International Scientific and Practical Conference, 2, 105-111.
5. Nakaz derzhavnoho ahenstva lisovykh resursiv Ukrainy «Pro zatverdzhennia Pereliku zemel lisohospodarskoho pryznachennia, u mezhakh yakyykh ye chastynu, yaki porusheni vnaslidok nezakonnoho vydobuvannia burshtynu i potrebiut rekultyvatsii» vid 21.04.2017 № 138. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0138820-17/conv#Text>.
6. Bardysh, B., Burshtynska, Kh. (2014) Vykorystannia vehetatsiinykh indeksiv dlia identyfikatsii ob'ektiv zemnoi poverkhni [Using vegetation indices to identify objects on the earth surface]. Modern achievements of geodesic science and industry, 28, 82-88.
7. Lozovitskyi, P. S. (2010). Vodni ta khimichni melioratsii gruntiv [Water and chemical soil reclamation]. Kyiv. Kyiv university, 276.
8. Gao, B. C. (1996). NDWI - A Normalized Difference Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. Remote Sensing of Environment, 58, 257 - 266. doi:10.1016/S0034-4257(96)00067-3.
9. Nguyen, C.T., Chidthaisong, A., Kieu Diem, P., Huo, L.-Z. (2021). A Modified Bare Soil Index to Identify Bare Land Features during Agricultural Fallow-Period in Southeast Asia Using Landsat 8, 10(3), 231. doi:10.3390/land10030231.
10. Department of Ecology and Natural Resources of Rivne Regional State Administration (2020). Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Rivnenskkii oblasti u 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 [Report on the state of the environment in Rivne region in 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020]. Available at: https://www.ecorivne.gov.ua/report_about_environment/.

Martyn A., Kachanovskyi O., Bulakevych S.

METHODOLOGY OF GEOINFORMATION MODELING OF AREAS AFFECTED BY AMBER MINING

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.12>

Abstract. *The article considers modern possibilities of geoinformation technologies for geospatial modeling of areas affected by amber mining in Ukraine on the example of Rivne Region. The purpose of the study is to present a methodology for decoding satellite image materials for geoinformation modeling of the areas affected by amber mining. The use of actual materials of remote sensing of modern satellite systems in combination with geospatial models during land monitoring is analyzed. It was found that the calculation of the NDVI makes it possible to identify the contours of affected areas more clearly. An approach for assessing soil cover moisture content based on the use of norm-difference water indices is presented. It is noted that the assessment of soil moisture is one of the elements of thematic processing of satellite images which makes it possible to identify the areas where amber mining by hydraulic method was carried out. It is offered to consider the method of geoinformation modeling of areas affected by amber mining as a method of practical implementation of determining affected lands using remote sensing images, due to the regularities and features of spectral analysis of a photo image. The use of the methodology is presented on a specific example, namely on state-owned lands of Dubrovytsia Forestry of Rivne Region. The methodology will provide a technical basis for the decisions on the identification of affected land plots and their further monitoring. In addition, the methodology offered in the article will help to determine the directions of land reclamation and groups of affected lands.*

Keywords: *affected lands, amber mining, multispectral satellite images, remote sensing.*
