

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ, МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

УДК (504,064.3: 528,8): 553.99] (47)

DOI: 10.31471/2415-3184-2018-2(18)-106-116

**Г. Я. Красовський¹, В. О. Шумейко²,
Т. О. Клочко¹, Н. І. Семенцова¹**

¹Національний аерокосмічний
університет імені М. Є. Жуковського «ХАІ»,

²Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України, м. Київ

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ В УКРАЇНІ

Серед екологічних наслідків нелегального видобутку бурштину фахівці виділяють деградацію зональних ґрунтів та підстильних материнських порід, знищення родючого гумусово-елювіального горизонту ґрунтів підзолистого типу, кореневих систем дерев, заболочення території, зміну рівня ґрунтових вод, знищення лісових ресурсів, зміну міграційних процесів фауни регіону. Найбільш гостро еколого-економічні проблеми обумовлені самовільним видобутком бурштину притаманні Рівненській, Волинській та Житомирській областям, де незаконний видобуток бурштину здійснюється кар'єрним і гідромеханічним способом.

Основними завданнями викладеними у статті є: аналіз місць та умов добування бурштину, визначення впливу на компоненти довкілля, розпізнавання об'єктів використання природних ресурсів методами дистанційного зондування Землі.

Стаття присвячена розробці сучасної інформаційної технології ідентифікації місць та наслідків видобутку бурштину в західних районах Полісся, що ґрунтується на методах космічного моніторингу довкілля та інструментарію геоінформаційних систем. Розглянуті технології видобутку та характер проявів його екологічних впливів. Екологічна оцінка впливу на довкілля видобутку бурштину неможлива без визначення можливих ризиків діяльності, ідентифікації місць розташування та масштабів порушень компонентів довкілля. Через місцеві особливості організації видобутку бурштину топогеодезичні параметри проявів цих наслідків достатньо складно фіксувати, що ускладнює планування заходів з попередження і ліквідації. Методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу і геоінформаційних систем (ГІС) дозволяють з високою точністю, достовірністю і оперативністю визначати ці параметри, що забезпечать можливість реалізації ефективного моніторингу деградації складових довкілля.

Ключові слова: бурштин, видобуток, екологічні наслідки, рекультивація, космічні знімки.

Постановка проблеми. Бурштин – це корисна копалина, виробне напівдорогоцінне каміння, що утворилося внаслідок кристалізації (фосилізації) впродовж декількох мільйонів років смоли древніх хвойних дерев без доступу кисню. Основним напрямом використання бурштину є ювелірна галузь. З нього виготовляються різноманітні ювелірні й декоративні вироби, а низькоякісні різновиди та рештки від обробки застосовуються в інших галузях промисловості (хімічна, парфумерна, фармацевтична, лакофарбова). Утворення розсіпів бурштину залежить від трьох чинників: 1) тривалого існування хвойних лісів на підвищеному суходолі з розгалуженою річковою системою; 2) сприятливих кліматичних умов; 3) морського басейну, в осадах якого акумулювався бурштин [3]. Такі природні умови обумовили наявність на території України бурштинових родовищ, які розробляються легальним та нелегальним способом. Офіційно українські підприємства щорічно видобувають усього близько 4 тон, що становить приблизно 5% від реального обсягу видобування бурштину в Україні. Внаслідок цього державному бюджету щорічно спричиняється збиток на сотні мільйонів гривень [1]. Масштаби проблеми настільки гнітючі, що майже неможливим є розрахунок нанесеної шкоди довкіллю та державі – лише за

офіційними даними близько 600 га землі порушено внаслідок незаконної діяльності з видобутку бурштину.

Для того, щоб відокремлювати й ділити бурштиноносні ділянки, геологам потрібно найближчим часом довивчити й переоцінити бурштиноносність Житомирської, Волинської та Рівненської областей і ранжувати об'єкти за їх перспективністю з урахуванням масштабів старательського видобутку. На підставі цих робіт фахівцям екологам необхідно ідентифікувати нові та наявні ділянки, що зазнають негативного впливу, оцінити їх стан та підготувати рекомендації щодо захисту довкілля.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Україна є європейським лідером за запасами бурштину. Технології видобутку бурштину детально висвітлені в роботі [1]. Сутності добування бурштину та методам сприяння покращенню екологічних наслідків присвячено багато публікацій наукового і соціально-економічного спрямування. Однак, як вказується у [2, 3], через відсутність контролю з боку держави геолого-розвідувальні роботи покладів бурштину не ведуться, а територію, де є ймовірні запаси цього мінералу, хаотично переривають нелегальні копачі. Значна частина тих, хто займається видобутком бурштину, погоджується: легалізація потрібна, аби впорядкувати видобуток бурштину та відновити після нього природу Полісся, стабілізувати соціальну напруженість [4, 5]. Серед екологічних наслідків нелегального видобутку бурштину фахівці виділяють деградацію зональних ґрунтів та підстильних материнських порід, знищення родючого гумусово-елювіального горизонту ґрунтів підзолистого типу, кореневих систем дерев, заболочення території, зміну рівня ґрунтових вод та наголошують на складності рекультивациі порушених земель [6]. В більшості наукових праць, присвячених цій тематиці, не висвітлюються системні питання сталого розвитку відповідних територій, отримання стратегічних еколого-економічних оцінок, як зроблено у роботах [7, 8].

Постановка завдання. Екологічна оцінка впливу видобутку бурштину на довкілля неможлива без визначення можливих ризиків діяльності, ідентифікації місць розташування та масштабів порушень компонентів довкілля. З огляду на складність завдань доцільно застосувати матеріали дистанційного зондування Землі, що і є предметом досліджень даної статті. Основними завданнями роботи є: аналіз місць та умов добування бурштину, визначення впливу на компоненти довкілля, розпізнавання об'єктів використання природних ресурсів методами дистанційного зондування Землі.

Виклад основного матеріалу. Найперспективнішим регіоном України щодо бурштиноносності є південний і північно-західний схил Українського щита (УЩ) – зона зчленування кристалічних утворень УЩ й осадово-вулканогенних порід Прип'ятського прогину та Волино-Подільської плити. Адміністративно сюди входять північна й північно-західна частини Житомирської та Рівненської областей, а також північно-східна частина Волинської області [9]. Державним балансом запасів корисних копалин України враховуються запаси 10 родовищ бурштину. Рівненська область: Клесівське, Вільне, Володимирець-Східний, родовище «Золоте», західна частина ділянки Каноничі та родовище «Томашгород». Волинська область: Маневицька – 1, Маневицька –2, Камінь-Каширська –2 [10]. Найбільшим родовищем бурштину в Україні є Клесівське, виявлене у 1980 р. на території Рівненської області. Родовище пов'язане з північно-західним схилом Українського кристалічного щита і знаходиться на Клесівській слабохвилястій рівнині, що розташована на межі Рівненської і Житомирської областей. У геологічній будові цієї рівнини беруть участь осадові породи палеогенового і антропогенового віку загальною потужністю до 20 м, що залягають на розмитій поверхні кристалічного фундаменту. Промислові поклади містяться у палеогенових піщано-глинистих глауконітових відкладах. Шари з промисловою концентрацією бурштину залягають на глибині 3–10 м, а їхня потужність становить 0,5–5 м [11]. Бурштинові родовища України, що приурочені до Прип'ятського, Дніпровського й Дністровського басейнів, мають складну геологічну будову, змінну концентрацію бурштину в продуктивній товщі, істотні коливання якісних характеристик мінералу [12].

Для поняття масштабу та специфіки впливу на довкілля розглянемо технології добування бурштину [1].

1) Механічний спосіб – розробка масиву ґрунту у відкритому кар'єрі або під землею, з використання екскаваторів та самоскидів, які перевозять продуктивну породу до промивального цеху (установки). Проте такий спосіб видобування був визнаний економічно не вигідним із-за низької рентабельності: великі експлуатаційні та економічні затрати, винос породи на поверхню і негативний екологічний вплив на навколишнє середовище.

2) Гідравлічний спосіб – розмивання продуктивного шару ґрунту струменями високого тиску та виносу бурштину на поверхню родовища гідравлічними потоками.

З 2008 року на території Житомирської та Рівненської областей підприємством «Бурштин України» використовувалася розробка родовищ бурштину шнеково-гідравлічним методом. Способи підйому бурштину на поверхню – свердловинні. Діаметр буріння за спеціальною сіткою – 80 см. Найбільша глибина викриття родовища – 15 м. На породу справляють дію гідравлічним тиском і виносять її на поверхню в вигляді водяної пульпи. Потім пульпа потрапляє в спеціальну установку, де її розділяють і додатково промивають. Промивна вода, в свою чергу, повертається до відстійника, де повторно очищується і знову використовується. В Україні ведеться державний видобуток бурштину, але поряд із ним – незаконний видобуток, який знижує рентабельність державного, що призводить до того, що частка видобутого державою бурштину зменшується (внаслідок чого в 2009 році видобуток бурштину підприємством «Бурштин України» зупинився).

Незаконний видобуток бурштину здійснюється кар’єрним і гідромеханічним способом.

1. Кар’єрний спосіб видобутку бурштину (рис. 1). Відрізняється від офіційного добування зменшеним розміром кар’єрів, оскільки добування ведеться переважно вручну, але на відміну від легального добування не передбачає жодного дотримання норм охорони праці, заходів з охорони водного басейну та інших екологічних заходів.



Рис. 1. Кар’єрний спосіб видобутку бурштину

2. Гідромеханічний спосіб видобутку полягає в розмиванні водою під великим тиском ґрунту до 6–10 метрів у глибину. Мотопомпами (рис. 2) воду з найближчої водойми під високим тиском закачують у ґрунт і створюють так звані «свердловини» глибиною не більше десяти метрів, оскільки бурштин легший за воду, він спливає на поверхню та виловлюється сітками. Коли вимив доходить до глини, яка залягає під покладами бурштину, розробку залишають.



Рис. 2. Гідромеханічний спосіб видобутку бурштину

Вплив незаконного видобутку бурштину на навколишнє середовище:

- засмічення земельної ділянки відходами, внаслідок постійного перебування великої кількості людей величезні площі витоптані, засмічені побутовим сміттям (рис. 2);
- забруднення атмосферного повітря внаслідок спалювання паливно-мастильних матеріалів, викиди в атмосферу сполук CO_2 , CO , SO^{2-} , NO^{2-} (рис.3а).
- порушення гідрологічного режиму при використанні води для мотопомп старателі проривають канали, змінюють русло річок, що призводить до їх осушення і зникнення (рис.3б).



а)



б)

Рис. 3. а) Забруднення атмосферного повітря у місцях незаконного видобутку бурштину; б) Канал у місцях незаконного видобутку бурштину

- знищення трав'яного та чагарникового ярусів лісу, механічне пошкодження кореневої системи дерев; за нестачі ґрунту та через пошкодження коренева система не здатна втримувати стовбур у вертикальному положенні і дерева нахилиються або взагалі падають під власною вагою; величезна кількість шурфових ям різко зменшує площу для розвитку насіння, а отже, і молодого лісу. На величезних площах ліс повністю знищений. Десятки гектарів спалені та перекопані (рис. 4а).

Луки – основна площа луків замивається неродючим ґрунтом, інша ж знаходиться у вигляді воронк свердловин гідророзмиву. Знищення трав'яного покриву і родючого шару ґрунту, втрата гумусу, макро- та мікроелементів (рис.4б).



а)



б)

Рис. 4. а) Знищений ліс у місцях незаконного видобутку бурштину; б) Вплив незаконного видобутку бурштину на луки

Землі сільськогосподарського призначення – змивання гумусового родючого шару ґрунту, порушення структури ґрунтового покриву – поява воронк глибиною 3-8 м (рис. 5).

Незаконний видобуток на посівних площах і пасовищах завдає прямої шкоди й непоправних втрат сільському господарству (рис. 6).

Крім безпосередньої шкоди, яка завдається екосистемам лісів, боліт і суходолів, мотопомповий видобуток бурштину повністю знищує приповерхневі (до 4–10 і більше метрів) продуктивні бурштиноносні горизонти.

Території, де відбувається несанкціонований видобуток, закріплено за офіційними природокористувачами (лісгосподарські підприємства), надрокористувачами (підприємства з видобутку та переробки корисних копалин), землекористувачами (сільськогосподарські підприємства), які згідно з природоохоронним і земельним законодавством відповідають за використання цих земель за призначенням, або ж знаходяться на землях запасу сільських та селищних рад, до компетенції яких, відповідно до п. 4 статті 10 Кодексу України про надра, входить здійснення на їх території контролю за використанням та охороною надр.



Рис. 5. Вплив незаконного видобутку бурштину на землі сільськогосподарського призначення

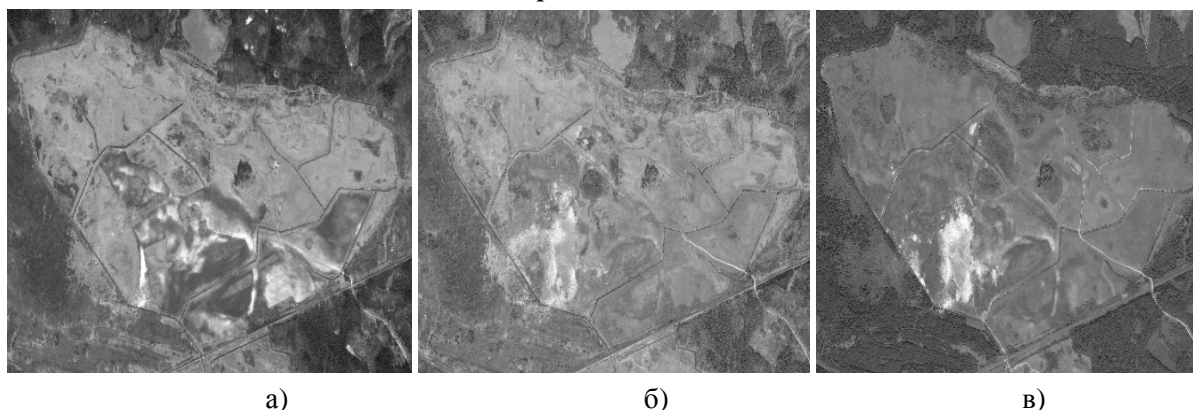


Рис. 6. Динаміка спотворення земель сільськогосподарського призначення внаслідок незаконного видобутку бурштину – космічні знімки від 19.03.2012 р. (а), 08.08.2013 р. (б), 28.03.2014 р. (в).

Інформаційна підтримка рішень з питань дотримання вимог нормативно-правового регулювання видобутку бурштину повинна базуватись на достовірних, точних і своєчасних первинних геодезичних даних про локалізацію пунктів нелегального кар'єрного і гідромеханічного способів видобутку, характер і масштаби їх наслідків в навколишньому природному середовищі. Сучасну концепцію отримання цих даних доцільно базувати на ДЗЗ/ГІС технологіях. Можливості застосування космічних даних при моніторингу територій на регіональному та локальному рівні узагальнено у роботах [13, 14].

Розпізнавання об'єктів використання природних ресурсів методами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

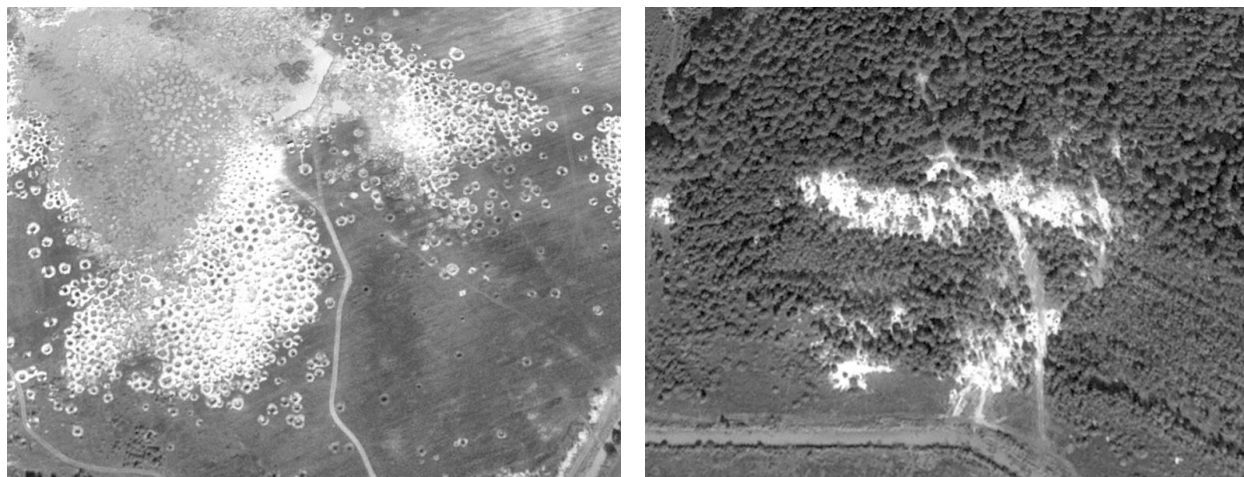
Методи ДЗЗ базуються на аналізі космічних знімків поверхні Землі отриманих у різних діапазонах електромагнітних хвиль. Методика космічного моніторингу територій видобутку бурштину полягає у реалізації наступних етапів:

- вибір даних ДЗЗ (розрізнення – детальність карт, спектральні характеристики – вибір найбільшої відмінності);
- класифікація зображень поверхні Землі;

- різночасове порівняння космічних знімків;
- побудова тематичних карт негативних наслідків видобутку бурштину.

Основні дешифрувальні ознаки місць незаконного видобутку бурштину на космічних знімках – текстурні та яскравісні.

Текстурні дешифрувальні ознаки: воронкова структура поверхні (рис. 7а); зрідження дерев в лісових масивах (рис. 7б). Для ілюстрацій використано космічні знімки ресурсу DigitalGlobe, Google.



а)

б).

Рис. 7. а) Вигляд на космічному знімку воронкової структури підстильної поверхні у місцях незаконного видобутку бурштину; б) Вигляд на космічному знімку зрідження дерев в лісових масивах у місцях незаконного видобутку бурштину

Яскравісні дешифрувальні ознаки: збільшення коефіцієнту спектральної яскравості за рахунок підвищення вологості при виході підземних вод на поверхню Землі та видалення ґрунтово-рослинного покриву (рис. 8, 9).



Рис. 8. Території розробки бурштину на космічному знімку, комбінація каналів ІЧ-діапазону

Інформаційні ресурси системи космічного моніторингу видобутку бурштину.

Практична реалізація концепції космічного моніторингу видобутку бурштину потребує наявності таких інформаційних ресурсів:

- фонду космічних знімків оптичного та інфрачервоного (ІЧ) діапазонів.
- векторних та растрових електронних топографічних карт масштабного ряду до 1:100 000.
- картографічного програмного забезпечення типу ArcGIS ESRI.

Послідовно розглянемо вимоги до них.

Фонд космічних знімків формується, виходячи з вимог до параметрів їх оперативності та інформативності. Аналіз сучасного міжнародного ринку послуг у сфері забезпечення користувачів космічними знімками, а також їх інформативності стосовно можливості ідентифікації

просторового розподілу антропогенного впливу в межах визначених територій, дає підстави дійти висновку, що цей фонд доцільно формувати зі знімків, отриманих в умовах безхмарного неба.

Пошук і замовлення необхідних космічних знімків можна здійснювати засобами Інтернет. За останні роки в мережі Інтернет створено технології накопичення, систематизації матеріалів космічних зйомок Землі та забезпечення користувачів, зацікавлених в їх практичному застосуванні. Існують каталоги, з яких можна безоплатно отримати інформацію про наявність знімків певного типу даної території, оцінити їх якість за зменшеним переглядовим зображенням (quicklook). Недоліком таких джерел отримання інформації є відсутність необхідної періодичності зйомки.



Рис. 9. Збільшення коефіцієнту спектральної яскравості за рахунок видалення ґрунтово-рослинного покриття території розробки родовища бурштину “Клесівське” на космічному знімку у видимому діапазоні

Дорогі комерційні знімки характеризуються насамперед високою роздільністю (Ikonos та ін.). За відносно низької ціни за 1 км² (від 20–30 дол. США) мінімальна сума замовлення становить кілька тисяч доларів США. Каталог знімків із супутника Ikonos і деяких інших знаходиться за адресою: <http://www.spaceimaging.com>.

Цікаві й інші безоплатні дані, що необхідні для вивчення ситуації: цифрова модель рельєфу GTOPO30: <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>; кадастрова карта України, сайт Мінекології. Для відображення ситуації застосовують електронні топографічні карти України, у векторній і растровій формах.

Методичні засади дешифрування на космічних знімках стану компонентів довкілля.

При дешифруванні за космічними знімками техногенного спотворення земель найдоцільнішим є використання ознак, пов'язаних з варіаціями альbedo. Серед багатьох чинників, які впливають на них, домінує наявність та стан ґрунтово-рослинного покриття (ГРП). Картографування ареалів, в яких змінений фоновий рівень, зручно виконувати з залученням засобів програмного комплексу ERDAS IMAGINE від Leica Geosystems GIS & Mapping. Оцінка класифікації включає такі методи: класифікація верхнього шару, визначення порога, перекодування класів, оцінка точності.

При класифікації верхнього шару вирівнюються первинні дані зображення з індивідуальними класами тематичного растрового шару, що був створений на етапі виконання неконтрольованої класифікації. Процес допомагає ідентифікувати класи в тематичному растровому шарі. Використання цього процесу можливо для оцінки класів тематичного шару, що був зроблений на етапі контрольованої класифікації. Приклад застосування цього методу ілюструє рис. 10.

При дешифруванні стану ґрунтово-рослинного покриття наведені засоби ERDAS IMAGINE зазвичай застосовують для визначення контурів об'єктів, що маскують його, – лісів та урбанізованих територій. Оконтурювання ареалів з аномальними значеннями альbedo покриття може ґрунтуватися на двох підходах. Перший із них забезпечує реалізацію таких етапів:

- формування додаткової структурної дешифрувальної ознаки;
- побудова двовимірної гистограми у просторі яскравість – структурна ознака;
- побудова розпізнавального правила.

Ознаки детально описані в монографії [15]. Зауважимо, що текстурні ознаки досить громіздкі. Тому зручніше використовувати градієнт. За наявності багатозонального знімка оптичної і ІЧ-зони спектра, можна обійтися без додаткової структурної ознаки, а побудувати двовимірну гістограму у просторі X_1 – X_2 , де X_1 , X_2 – яскравість відповідно в оптичному та ІЧ-діапазоні.

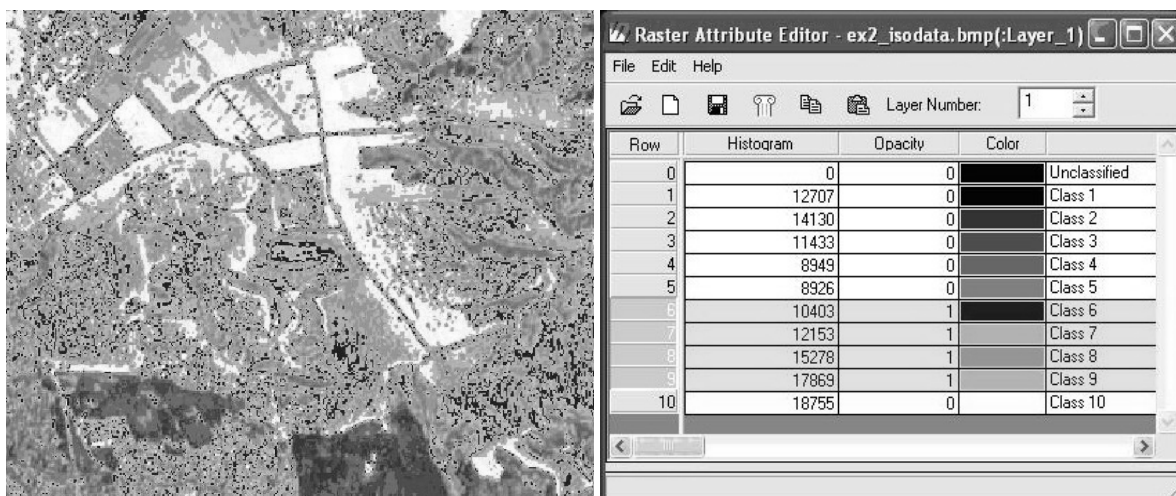


Рис. 10. Класифікація виділених ділянок верхнього шару ґрунту

Другий підхід полягає в реалізації алгоритмів розпізнавання, які дають змогу віднести кожен елемент зображення на космічних знімках S_p землі без ГРП до одного з апріорно введених класів аналізом: відхилення зонального альbedo елемента зображення від фонового; текстури зображення; форм обмежувальних контурів. Такі алгоритми реалізовані в спеціалізованій програмі обробки космічних зображень IMPROC [16].

Наведена концепція аналізу космічних даних дозволяє оперативно і з високою ймовірністю виявляти ділянки нелегального видобутку бурштину, як для застосування запобіжних дій, так і для оцінки економічних та екологічних збитків, завданих природному середовищу.

Висновки. Найбільш гостро еколого-економічні проблеми обумовлені самовільним видобутком бурштину притаманні Рівненській, Волинській та Житомирській областям. Самовільне видобування бурштину завдає шкоди довкіллю, спричинює порушення структури рельєфу, екологічного стану ґрунтів та гідрологічного режиму, знищує лісові ресурси, обумовлює зміни міграційних процесів фауни регіону.

Для вирішення проблем, пов'язаних з нелегальним видобутком, потрібно встановити контроль за бурштиновим промислом, за рахунок штрафних санкцій проводити рекультивуацію порушених земель, та здійснювати раціональну політику в галузі видобутку бурштину. Завчасна ідентифікація об'єктів, притаманних їм ймовірних негативних впливів, забезпечує інформаційну підтримку розробки і впровадження:

- заходів з прогнозування можливих екологічних і соціально-економічних наслідків кожної з ймовірних для досліджуваного об'єкта ситуацій;
- заходів щодо запобігання виникненню кожної з ситуацій та/або мінімізації і ліквідації їх негативних наслідків.

Ефективну технологію інформаційного забезпечення управління екологічними наслідками видобутку бурштину доцільно базувати на методах ДЗЗ та інструментарію ГІС. Перспективи досліджень – розробка системи моніторингу кризових територій за допомогою дистанційних даних, визначення обсягів рекультивації ґрунтів, відновлення екосистем.

Література

- 1 Корнієнко В. Я. Сучасні технології видобутку бурштину з родовищ / В. Я. Корнієнко // Вісник НУВГП. Технічні науки : зб. наук. праць. – Рівне : НУВГП, 2014. – Вип. 1(65). – С. 462-470.
- 2 Тимочко, Т. В. Екологічні наслідки видобування бурштину та шляхи їхнього подолання / Т. В. Тимочко // Інформаційні матеріали до засідання круглого столу «Рекультивація територій, порушених внаслідок видобування бурштину» 4 вересня 2015 року м. Рівне. Всеукраїнська екологічна ліга, м. Рівне – Рівне, 2015. – С. 4–5.

3 Потіха А. Проблема видобутку бурштину: сучасний стан та перспективи вирішення [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://www.nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=2065;problema-vidobutku-burshtinu&catid=8&Itemid=350

4 Коломієць С. Обсяг незаконного видобутку бурштину сягає 300 тонн на рік. Міністерство екології та природних ресурсів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://menr.gov.ua/news/29977.html>

5 Баранова В. О. Актуальні проблеми законотворчості у сфері легалізації видобутку бурштину / В. О. Баранова // Проблеми легалізації видобутку бурштину місцевими жителями : Збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Київ, 11 вересня 2015 р. / Ред. кол. В. В. Галуцько, І. В. Гиренко, О. Ю. Дрозд, С. О. Короед та ін. – К.: «МП Леся», 2015. С. – 136.

6 Бурштинова лихоманка загрожує Україні екологічною катастрофою [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.dw.com/uk/a-19077234>. – 2016. – 26.02;

7 Рудько Г. І., Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Стратегічна екологічна оцінка та прогноз стану довкілля Західного регіону України: у 2 т. / За ред.Г.І. Рудька, О.М.Адаменка. – Київ-Чернівці : Букрек, 2017, – Т 1. – 472 с.

8 Рудько Г. І., Адаменко О.М., Міщенко Л.В. Стратегічна екологічна оцінка та прогноз стану довкілля Західного регіону України: у 2 т. / За ред.Г.І. Рудька, О.М.Адаменка. – Київ-Чернівці : Букрек, 2017, – Т 2. – 584 с.

9 Беліченко, О. П. Родовища та прояви каменесамоцвітної сировини Північно-західної України як об'єкти геотуризму / О. П. Беліченко, Ю. І. Ладжун // Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Геологічні пам'ятки – яскраві свідчення еволюції Землі» (м . Кам'янець-Подільський, 16–20 травня 2011 р). – К. : Логос, 2011. – С. 16–18.

10 Надання спецдозволів // ДНВП “Геоінформ України [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://geoinf.kiev.ua/nadannya-spetsdozvoliv/>

11 Рудько Г. І. Родовища бурштину України та перспективи їх освоєння/ Збірник «Мінеральні ресурси України, 2017» // ДНВП “Геоінформ України”, 2017. – С. 265 – 267.

12 Ковалевич Л. А., Оляницька О. М. Геолого-промислові типи родовищ бурштину та їх розподіл за складністю геологічної будови//Вісник ЖДТУ . – № 3 (38). – 2006. – С. 167–171

13 Філіпович В. Є. Супутниковий моніторинг територій незаконного видобутку бурштину / В. Є. Філіпович // Український журнал дистанційного зондування Землі. – 2015. – № 6. – С. 4-7. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdz_2015_6_3.

14 Гнатушенко В. В. Супутниковий моніторинг наслідків незаконного видобутку бурштину в Україні бурштину / В. В. Гнатушенко, Д. К. Мозговий, В. В. Васильєв, О. О. Кавац // Науковий вісник НГУ. – 2017. – № 2. – С. 99-105.

15 Довгий С.О., Красовський Г.Я., Радчук В.В. та ін. Геомоделі в завданнях еколого-економічних оцінок земель. / За ред С.О.Довгого. – К.: ТОВ «Видавництво Юстон», 2018, – 256 с.

16 Довгий С.О. Сучасні інформаційні технології екологічного моніторингу Чорного моря / С.О. Довгий, Г.Я. Красовський, В.В. Радчук та ін. Під ред.С.О. Довгого. – К.: Інформаційні технології, 2010. – 260 с.

Надійшла до редакції 15 червня 2018 р.

**Н. Ya. Krasovskiy¹, V. O. Shumeiko²,
T. O. Klochko¹, N. I. Sementsova¹**

¹*National Aerospace University named
after M. E. Zhukovskiy “KhAI”,*

²*Institute of Telecommunications and Global
Information Space of the NAS of Ukraine, Kyiv*

INFORMATION TECHNOLOGIES FOR MONITORING THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF AMBER PRODUCTION IN UKRAINE

Among the environmental consequences of the illegal production of amber, the experts single out the degradation of zonal soils and underlying bed rocks, destruction of fertile humus and eluvial horizons

of podzolic soils, root systems of trees, swamp formation, change in groundwater levels, destruction of forest resources, and change in the migration processes of the region's fauna. The most serious ecological and economic problems are caused by the unauthorized production of amber in Rivne, Volyn and Zhytomyr oblasts, where the illegal production of amber is carried out by open-pit and hydromechanical methods.

The main tasks set forth in the article are: to analyze the places and conditions of amber production, to define its influence on the environment components, to identify the objects of natural resources use by means of Earth remote sensing methods.

The article deals with the development of modern information technology for identifying the places and consequences of amber production in the western regions of Polissia based on the methods of satellite environmental monitoring and tools of geoinformation systems. The production technologies and the manifestation of their ecological impacts are described. The environmental impact assessment of amber production is not possible without defining the potential operational risks, identifying the locations and extent of environmental damage. Due to local peculiarities of amber production management, it is rather difficult to fix the topographic and geodetic parameters of the manifestations of these effects, which complicates the planning of prevention and elimination measures. The methods of Earth remote sensing (ERS) from space and geoinformation systems (GIS) can define these parameters with high accuracy, reliability and efficiency, which will enable the efficient monitoring of the environmental components degradation.

Key words: amber, production, environmental consequences, reclamation, space images.

References

- 1 Kornienko V. Ya. Suchasni tekhnologii vidobutku burshtinu z rodovishch / V. Ya. Kornienko // Visnik NUVGP. Tekhnichni nauki : zb. nauk. prac'. – Rivne : NUVGP, 2014. – Vip. 1(65). – S. 462-470.
- 2 Timochko, T. V. Ekologichni naslidki vidobuvannya burshtinu ta shlyahi ihn'ogo podolannya / T. V. Timochko // Informacijni materiali do zasidannya kruglogo stolu «Rekul'tivaciya teritorij, porushenih vnaslidok vidobuvannya burshtinu» 4 veresnya 2015 roku m. Rivne. Vseukraïns'ka ekologichna liga, m. Rivne – Rivne, 2015. – S. 4-5.
- 3 Potiha A. Problema vidobutku burshtinu: suchasnij stan ta perspektivi virishennya [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu do resursu: http://www.nbuviap.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=2065:problema-vidobutku-burshtinu&catid=8&Itemid=350
- 4 Kolomic' S. Obsyag nezakonnogo vidobutku burshtina syagae 300 tonn na rik. Ministerstvo ekologii ta prirodnih resursiv. [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu do resursu: <https://menr.gov.ua/news/29977.html>
- 5 Baranova V. O. Aktual'ni problemi zakonotvorchosti u sferi legalizacii vidobutku burshtinu / V. O. Baranova // Problemi legalizacii vidobutku burshtinu miscevimi zhitelyami : Zbirnik materialiv Vseukraïns'koï naukovo-praktichnoï konferencii, m. Kiïv, 11 veresnya 2015 r. / Red. kol. V. V. Galun'ko, I. V. Girenko, O. Yu. Drozd, S. O. Koroed ta in. – K.: «MP Lesya», 2015. S. – 136.
- 6 Burshtinova lihomanka zagrozhue Ukraïni ekologichnoyu katastrofoyu [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu do resursu: <http://www.dw.com/uk/a-19077234>. – 2016. – 26.02;
- 7 Rud'ko G. I., Adamenko O.M., Mishchenko L.V. Strategichna ekologichna ocinka ta prognoz stanu dokilliya Zahidnogo regionu Ukraïni: u 2 t. / Za red.G.I. Rud'ka, O.M.Adamenka. – Kiïv-Chernivci : Bukrek, 2017, – T 1. – 472 s.
- 8 Rud'ko G. I., Adamenko O.M., Mishchenko L.V. Strategichna ekologichna ocinka ta prognoz stanu dokilliya Zahidnogo regionu Ukraïni: u 2 t. / Za red.G.I. Rud'ka, O.M.Adamenka. – Kiïv-Chernivci : Bukrek, 2017, – T 2. – 584 s.
- 9 Belichenko, O. P. Rodovishcha ta proyavi kamenesamocvitnoï sirovini Pivnichno-zahidnoï Ukraïni yak ob'ekti geoturizmu / O. P. Belichenko, Yu. I. Ladhun // Materiali mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Geologichni pam'yatki – yaskravi svidchennya evolyucii Zemli» (m . Kam'yanec'-Podil's'kij, 16–20 travnya 2011 r). – K. : Logos, 2011. – S. 16–18.
- 10 Nadannya spetsdozvoliv // DNVP “Geoinform Ukraïni [Elektronnij resurs]. – Rezhim dostupu do resursu: <http://geoinf.kiev.ua/nadannya-spetsdozvoliv/>
- 11 Rud'ko G. I. Rodovishcha burshtinu Ukraïni ta perspektivi ih osvoennya/ Zbirnik «Mineral'ni resursi Ukraïni, 2017» // DNVP “Geoinform Ukraïni”, 2017. – S. 265 – 267.
- 12 Kovalevich L. A., Olyanic'ka O. M. Geologo-promislovi tipi rodovishch burshtinu ta ih rozpodil za skladnistyu geologichnoï budovi//Visnik ZhDTU . – № 3 (38). – 2006. – S. 167–171

13 Filipovich V. Є. Sputnikovij monitoring teritorij nezakonnogo vidobutku burshtinu / V. Є. Filipovich // Ukraïns'kij zhurnal distancijnogo zonduvannya Zemli. – 2015. – № 6. – S. 4-7. – Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ukjdz_2015_6_3.

14 Gnatushenko V. V. Sputnikovij monitoring naslidkiv nezakonnogo vidobutku burshtinu v Ukraïni burshtinu / V. V. Gnatushenko, D. K. Mozgovij, V. V. Vasil'ev, O. O. Kavac // Naukovij visnik NGU. – 2017. – № 2. – S. 99-105.

15 Dovgij S.O., Krasovs'kij G.Ya., Radchuk V.V. ta in. Geomodeli v zavdannyah ekologo-ekonomichnih ocinok zemel'. / Za red S.O.Dovgogo. – K.: TOV «Vidavnictvo Yuston», 2018, – 256 s.

16 Dovgij S.O. Suchasni informacijni tekhnologii ekologicznego monitoringu Chornogo mor'ya / S.O. Dovgij, G.Ya. Krasovs'kij, V.V. Radchuk ta in. Pid red.S.O. Dovgogo. – K.: Informacijni tekhnologii, 2010. – 260 s.

УДК 658.512.011.56

DOI: 10.31471/2415-3184-2018-2(18)-116-123

*В. М. Триснюк, В. О. Охарєв,
Т. В. Триснюк, К. В. Сметанін,
Ю. М. Голован*

*Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору НАН України, м. Київ*

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Стаття присвячена створенню системи мобільного екологічного моніторингу та особливості побудови алгоритму з використанням аерокосмічних технологій. Запропоновано методику побудови зон екологічного ризику на основі методів ранжирування екологічних показників при багатокритеріальному оцінюванні екологічної безпеки екосистеми, що базується на використанні багатоспектральних характеристик космічного знімка. Запропонована методика визначення зон екологічного ризику на основі методів ранжирування екологічних показників з використанням одного з інструментів кластерного аналізу – методом аналізу ієрархій.

Запропонований підхід доцільно використовувати при визначенні зон екологічного ризику, виборі напрямів екологічної реабілітації зруйнованих районів, побудови перспективних екологічно чистих і безпечних районів. Запропонована методика синтезу зони екологічного ризику на основі багатокритеріального вибору розглянута на прикладі визначення найбільш небезпечної зони після екологічного моніторингу.

У статті пропонується науково-методичний апарат, що дозволяє визначати зони екологічного ризику безпосередньо за сукупністю екологічних показників згортання критеріїв в комплексний (скалярний) показник. Перспективами розвитку запропонованого підходу є його удосконалення з метою можливого врахування не стаціонарності і стохастичності розглянутих екосистем. Запропоновано оцінювати ризик загроз екологічної та природно-техногенної безпеки регіонів. В роботі отримано статистичні оцінки інтенсивності надзвичайних ситуацій і визначено ймовірності загрозової екологічної ситуації та функції безпеки для розглядової зони екологічного ризику.

Розглянутий у статті підхід дозволить підвищити ефективність управлінських рішень по забезпеченню екологічної безпеки, знайти найкращий компроміс між суперечливими показниками якості функціонування системи, вибрати і обґрунтувати пріоритетні напрямки розвитку складних екосистем.

У статті наведені необхідні науково-практичні рекомендації щодо застосування мобільної системи аерокосмічного екологічного моніторингу.

Ключові слова: екологічний моніторинг, моніторинг рослинного покриву, космічні знімки, екологічна безпека, інформаційні технології, екологічний ризик, підсистема.