УДК 332.3:528.88

Р. ЯНЧУК, О. ДМИТРІВ, С. ТРОХИМЕЦЬ, А. ПРОКОПЧУК

Кафедра геодезії та картографії, Національний університет водного господарства та природокористування, корпус № 7, 53 А, вул. Миколи Карнаухова, Рівне, 33017, Україна, тел. +38(067)9802244, ел. пошта: r.m.yanchuk@nuwm.edu.ua

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКІСНИХ ТА ЯКІСНИХ ВТРАТ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ВНАСЛІДОК НЕЗАКОННОГО ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ

Мета. Розроблення методики оцінки збитків, яких зазнає держава внаслідок незаконного видобування бурштину, на основі автоматизованої ідентифікації та часового моніторингу порушених земель. **Методика** ґрунтується на чинних нормативних документах, що регламентують порядок розрахунку втрат чи шкоди, заподіяної державі та суспільству, на основі автоматизованої ідентифікації та аналізу порушених земель за супутниковими знімками. Як вихідні дані залучено набір даних дистанційного зондування Землі, отриманих як науковими супутниковими місіями, так і комерційними системами. Для аналізу дешифрувальних властивостей та вибору оптимальних матеріалів дистанційного зондування для ідентифікації порушених земель внаслідок видобування бурштину опрацьовано матеріали з різною роздільною здатністю, з різними наборами спектральних каналів та на різні дати виконання знімання. Базовою настільною ГІС слугувала система QGIS 3.4.2. Опрацювання знімків здійснено із використанням як стандартних модулів QGIS, так і розроблених нових додатків. Отримані дані використано для обчислення збитків, завданих державі внаслідок незаконного видобування бурштину, за такими показниками: самовільне користування надрами; самовільне заняття земельної ділянки; нецільове використання земельної ділянки; зняття ґрунтового покриву (родючого шару ґрунту) без спеціального дозволу; засмічення земельної ділянки, а також складування на ній відходів без спеціального дозволу. Розроблену методику апробовано на досліджуваній ділянці в районі смт. Клесів Рівненської області. **Результат.** Розроблено методику розрахунку кількісних та якісних втрат природно-ресурсного потенціалу порушених земель внаслідок незаконного видобування бурштину. **Наукова новизна.** Розроблено ГІС, що забезпечує безперервний цикл робіт, а саме автоматизовану ідентифікацію порушених земель, визначення їх площ, змін якісного складу за певний період та здійснення розрахунку втрат природно-ресурсного потенціалу порушених земель. **Практична значущість.** Методика може стати складовою частиною системи державного моніторингу природних ресурсів, а також основою технологічної та економічної оцінки природно-ресурсного потенціалу земель України.

Ключові слова: оцінка збитків; природно-ресурсний потенціал; порушені землі; дані дистанційного зондування Землі; супутникові знімки; геоінформаційна система.

Вступ

Впродовж останніх років істотно зростають обсяги незаконного видобування бурштину на значних площах північно-західної частини Українського Полісся. Самовільне видобування бурштину заподіює непоправну шкоду економіці України та природі регіону, зокрема спричиняє порушення структури рельєфу і природних ландшафтів, погіршує екологічний стан ґрунтів, призводить до негативних змін у режимі поверхневих і підземних вод та нищення лісів.

Негативні наслідки від нелегального видобування бурштину створюють загрозу екологічним і соціально-економічним складовим безпеки північно-західних регіонів України, негативно впливають на розвиток окремих галузей господарства (сільського, лісового, гірничодобувного тощо).

Невирішеною до цього часу залишалася проблема визначення обсягів вже порушених земель та оцінювання їх у кількісному вираженні (площі, вартість втрат або заподіяної шкоди) та якісному (види втраче-

них угідь – сільськогосподарські землі, лісові землі тощо).

Питання раціонального використання природно-ресурсного потенціалу набуває особливо важливого значення і багато проблем з цього напрямку відображено в Законі України “Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року” від 28 лютого 2019 року № 2697-VIII. В переліку найважливіших науково-технічних (експериментальних) розробок за пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки в межах виконання державного замовлення на найважливіші науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію у 2018–2019 рр. згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України від 26 липня 2018 р. № 543-р пріоритетною визнано науково-технічну роботу на тему “Розроблення системи ідентифікації та моніторингу земель, порушених внаслідок видобування бурштину”, в якій є розділ: “Розроблення методики розрахунку

кількісних та якісних втрат природно-ресурсного потенціалу порушених земель”

Питаннями оцінювання втрат, яких зазнає держава внаслідок незаконного видобування бурштину, визначення площ порушених земель, що потребують заходів рекультивації та відтворення екологічного стану, оперативно займаються вчені та фахівці різних галузей. Накопичено певний досвід практичної їх реалізації, результати досліджень висвітлено в наукових роботах В. Є. Філіповича, Р. М. Шевчук, Г. Б. Крилової, М. С. Лубського, В. Н. Маслей, Д. К. Мозгового, К. Г. Белоусова, В. С. Хорошилова, А. С. Бушанської, Н. Г. Галич та ін. [Філіпович В. Є., 2015, 2016; Маслей В. Н., 2016].

Розробленням нових та удосконаленням вже створених методик визначення розміру шкоди, заподіяної державі внаслідок незаконного видобування бурштину, займаються також науковці Національного університету водного господарства та природокористування Р. М. Янчук, Т. В. Бухальська, Т. І. Дець, С. М. Трохимець, А. В. Прокопчук та ін. [Янчук Р. М., 2017; Бухальська Т. В., 2018].

Мета полягає в розробленні методики оцінювання збитків, яких зазнає держава внаслідок незаконного видобування бурштину, на основі автоматизованої ідентифікації та часового моніторингу порушених земель.

Методика

Сучасним законодавством не врегульовано питання видобування корисних копалин, що не мають промислового значення, фізичними особами та суб'єктами малої підприємницької діяльності.

У цій статті наведено методику розрахунку втрат природно-ресурсного потенціалу на основі автоматизованої ідентифікації площ порушених земель та зміни їх якісного складу за певний період часу.

Як вихідні дані залучено набір даних дистанційного зондування Землі, отриманих науковими супутниковими місіями, а також комерційними системами.

Для аналізу дешифрувальних властивостей та вибору оптимальних матеріалів дистанційного зондування для ідентифікації порушених земель внаслідок видобування бурштину опрацьовано матеріали з різною роздільною здатністю, з різними наборами спектральних каналів та на різні дати виконання знімання. Для опрацювання вибрано дані із космічних апаратів WorldView-2, WorldView-3 (Digital Globe Inc., США), Pleiades-1 (AIRBUS, Франція), Spot-6/7 (AIRBUS, Франція), Planet Scope (Planet Labs, Inc., США), Sentinel-2A/2B (AIRBUS, Франція).

Відомості про обсяги матеріальної шкоди, заподіяної державі унаслідок діяльності, пов'язаної із незаконним видобуванням бурштину, відсутні або є непо-

вними. Не проводяться також належні комплексні дослідження щодо оцінювання впливу такої діяльності на екологічний стан довкілля.

Для з'ясування масштабів нелегального видобування бурштину, визначення площ, що потребують заходів рекультивації та відтворення екологічного стану, необхідно виконати детальну інвентаризацію пошкоджених територій, оперативно оцінити збитки, яких зазнає держава. Розроблення нових методик та удосконалення вже відомих [Міністерство охорони навколишнього природного середовища, 1997; Міністерство екології та природних ресурсів України, 2011; Кабінет Міністрів України, 1997, 2007], а також технологій оцінки пошкодження земельних ресурсів є актуальним завданням сьогодення.

Розрахунок збитків, завданих державі внаслідок незаконного видобування бурштину, виконують за такими показниками (рис. 1):

- самовільне користування надрами;
- самовільне зайняття земельної ділянки;
- нецільове використання земельної ділянки;
- зняття ґрунтового покриву (родючого шару ґрунту) без спеціального дозволу;
- засмічення земельної ділянки, а також складування на ній відходів без спеціального дозволу.

Втрат зазнає лісгосподарська та сільськогосподарська сфера виробництва, оскільки їхні землі використовуються не за цільовим призначенням та різко втрачають свій природно-ресурсний потенціал.

Однією із ключових проблем негативних наслідків видобування бурштину є безпосередній вплив на ґрунтовий покрив та його родючість. На більшості територій видобування він зруйнований, а його родючість втрачено.

Найгостріші еколого-економічні проблеми, спричинені самовільним видобуванням бурштину, виникли у Рівненській, Волинській та Житомирській областях, де незаконне видобування бурштину здійснюється кар'єрним і гідромеханічним способами.

Головним індикатором місць нелегального видобування бурштину на космічних зображеннях є наявність ділянок чергування відкритих відвалів піску і ям-копанок, із характерними спектральним образом, текстурою зображення та температурним контрастом із навколишньою рослинністю. З урахуванням цього методика виявлення і картографування ділянок нелегального видобутку складається із послідовного аналізу багатоспектральних космічних даних на основі класифікацій за спектральними ознаками та оцінювання приросту температури земної поверхні на локальних ділянках. Для підвищення кількості вхідних даних, окрім стандартних зображень та теплових карт, використовують індексні зображення та результати аналізу головних компонент. Під час розроблення методики було вивчено досвід вітчизняних та закордонних нау-

ковців у сфері дослідження змін земного покриття та навколишнього середовища за супутниковими знімками [Бурштинська Х. В., 2013; Godert W. J.v an Lynden, 2001; Yang Limin, 2003; A. Hadeel, 2011]

Методику визначення площ наведено на рис. 2.

Площі є вхідним параметром у більшості нормативних методик розрахунку різних видів втрат. Розміри втрат залежать також від виду угіддя, втраченого внаслідок незаконного видобування бурштину.

Використовувані методи оцінки земель необхідно удосконалити автоматизованою ідентифікацією складу угідь, втрачених на порушених землях за окремий часовий період. Важливо також зазначити, що розрахувати втрати можливо, порівнюючи матеріали ідентифікації між двома часовими моментами. Для прикладу в статті наведено розрахунок втрат на окремій території з 2015 до 2019 рр.

Ідентифікація складу угідь, втрачених за заданий період, можлива лише за умови залучення мультичасових даних. Залежно від поставлених завдань періодичність знімань, або дискретність часового ряду, може варіюватись.

Процес ідентифікації оснований на оверлейних операціях та класифікаційних алгоритмах.

Для підвищення точності ідентифікації для опрацювання необхідно брати знімки з подібними характеристиками (просторовою, спектральною здатністю).

Як базова настільна ГІС використовувалась система QGIS 3.4.2. Опрацювання знімків здійснювалось із використанням як стандартних модулів QGIS, так і розроблених додатків. Для розширення можливостей системи залучено ресурси бібліотеки GDAL (Geospatial Data Abstraction Library), додаткові модулі GRASS GIS та GIS SAGA.

Для виконання підготовчих робіт, а саме атмосферної, геометричної корекції супутникових даних Sentinel та Landsat застосовано інструменти, які є в додатку Semi-Automatic Classification Plugin. Цей засіб забезпечує повний спектр опрацювання даних, отриманих із відкритих джерел.

Конвертацію виконано в напівавтоматичному режимі. Більшість параметрів було завантажено із файлів метаданих. Роль оператора полягає у виборі каталогу з даними та вказанні шляху до мета-файла.

Рис. 1. Розрахунок збитків, завданих державі внаслідок несанкціонованого видобування бурштину

Рис. 2. Методика визначення площ порушених земель за супутниковими знімками

Рис. 3. Типи покриттів, ідентифіковані під час класифікації

Рис. 4. Приріст порушених земель

Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) – безкоштовний модуль із відкритим вихідним кодом для QGIS для проведення напівавтоматичної класифікації (також відомої як керована класифікація) даних дис-

танційного зондування. За допомогою інструментарію цього модуля виконано завантаження безкоштовних космічних знімків, попереднє їх опрацювання, постопрацювання та растровий розрахунок.

Класифіковані зображення, які використано на етапі визначення типів покриттів, створено із застосуванням модуля Semi-Automatic Classification Plugin методом максимальної подібності (рис. 3). Класифікація за методом максимальної подібності вважається однією з оптимальних, оскільки ґрунтується на імовірнісних принципах. За допомогою калькулятора растрів знайдено добуток растра зі змінами площ та класифікованого зображення. В результаті отримано ґрид, на якому показано розподіл змін порушених земель за типами (рис. 4). Для подальшої роботи отриманий растр конвертовано у векторну форму. Це дасть змогу автоматично визначати площі на етапі оцінювання втрат.

Результати

За допомогою розробленої ГІС оцінено збитки, завдані державі внаслідок незаконного видобування бурштину на досліджуваній ділянці (район смт. Клесів

Рівненської області) з 24.03.15 до 12.08.19, на якій було втрачено:

- ріллі – 2,00 га;
- лісовкритих площ – 96,97 га;
- пасовищ – 232,20 га.

Для зручності розрахунків розроблено форми, що дають змогу виконати автоматизований розрахунок. Значення площ у них вносяться автоматично, після того, як користувач вибере на екрані раніше ідентифікований і дешифрований контур.

Загальний вигляд пунктів меню програми наведено на рис. 5. Одна із форм, за допомогою якої здійснюються обчислення втрат за окремим показником, яким є використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, наведена на рис. 6.

Зведену інформацію щодо оцінювання втрат на досліджуваній території за результатами роботи ГІС подано в таблиці.

Рис. 5. Вигляд пунктів меню, в якому виконується послідовний розрахунок втрат, яких зазнала держава внаслідок незаконного видобування бурштину

Розрахунок розміру шкоди заподіяної внаслідок використання земельних ділянок не за цільовим призначенням

Розмір заподіяної шкоди Шц визначається за наступною формулою

$$Шц = Пн * 0,33 * (Нп + Нф * Кр) * Ко * Кі$$

Вхідні параметри

Пн -	<input type="text" value="96.9657"/>	площа земельної ділянки, яка використовується не за цільовим призначенням, га
0,33 -		коефіцієнт для вираховування частки середньорічного доходу(перерозподіляється через державний та місцеві бюджети)
Нп -	<input type="text"/>	<u>середньорічний дохід, який можна отримати від використання земель за цільовим призначенням, грн./га</u>
Кі -	<input type="text"/>	<u>коефіцієнт індексації нормативної грошової оцінки земель</u>
Нф -	<input type="text"/>	<u>середньорічний додатковий дохід, отриманий внаслідок фактичного використання земельної ділянки</u>
Кр -	<input type="text"/>	<u>коефіцієнт, що застосовується для врахування регіональної відмінності формування середньорічного доходу, отриманого від фактичного використання земельної</u>
Ко -	<input type="text"/>	<u>коефіцієнт, що застосовується для врахування природоохоронної цінності, наявності обмежень (обтяжень)</u>

Розмір заподіяної шкоди

Рис. 6. Інтерфейс інструмента “Розрахунок шкоди, заподіяної внаслідок використання земельних ділянок не за цільовим призначенням”

Розрахунок втрат природно-ресурсного потенціалу на досліджуваній ділянці

Вид втрат	Пасовища (232,20 га)	Лісовкриті площі (96,97 га)	Рілля (2,00 га)	Разом, тис. грн
За зняття ґрунтового шару без спеціального дозволу	8750	3656	62	12468
Втрати лісгосподарського та сільськогосподарського виробництва, спричинені обмеженням прав власників землі й землекористувачів	13743	7185	200	21128
Втрати с/г виробництва, спричинені вилученням лісових земель і чагарників	–	6251	–	6251
Розрахунок втрат сільськогосподарського виробництва, спричинених вилученням с/г угідь для використання їх у цілях, не пов'язаних із веденням с/г господарства	3617	–	22	3639
Розрахунок розміру шкоди, заподіяної самовільним займанням земельної ділянки	412	650	3	1065
Розрахунок розміру шкоди, заподіяної внаслідок використання земельних ділянок за нецільовим призначенням	696	6398	123	7217
Розрахунок збитків, завданих державі	1149	2750	19	3918
Розрахунок розміру шкоди від засмічення земель у разі несанкціонованого видобування бурштину	5030	1549	38	6617
разом	33397	28439	467	62303

Висновки

З метою визначення втрат природно-ресурсного потенціалу територій, де відбувається несанкціоноване видобування бурштину, розроблено “Методику розрахунку кількісних та якісних втрат природно-ресурсного потенціалу порушених земель”. Розроблена методика ґрунтується на чинних нормативних документах, що регламентують порядок розрахунку втрат чи шкоди, заподіяної державі та суспільству. Складовими цієї методики є автоматизована ідентифікація та аналіз порушених земель за супутниковими знімками.

Розроблену методику апробовано на досліджуваній ділянці в районі смт. Клесів Рівненської області. Оцінено шкоду, заподіяну державі внаслідок незаконного видобування бурштину на цій території за певний період часу. Методика може стати складовою частиною системи державного моніторингу та оцінювання природних ресурсів України.

Література

- Бурштинська Х. В., Станкевич С. А. (2013). Аерокосмічні знімальні системи: підручник Львів: Видавництво Львівської політехніки, 376 с.
- Бухальська Т., Дець Т. (2018). Оцінка шкоди, заподіяної державі унаслідок незаконного видобування бурштину на території Володимирецького району Рівненської області. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*: зб. наук. праць. Львів: Видавництво Львівської політехніки, № II (36), С. 63–70.

Маслей В. Н., Мозговой Д. К., Белоусов К. Г., Хорошилов В. С., Бушанская А. С., Галич Н. Г. (2016). Методика оценки последствий добычи янтаря по многоспектральным спутниковым снимкам. *Космична наука і технологія*, Т. 22, № 6, С. 26–36.

Методика визначення розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок самовільного користування надрами: наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 303 від 29.08.2011 р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1097-11>

Методика визначення розміру шкоди, заподіяної внаслідок самовільного зайняття земельних ділянок, використання земельних ділянок не за цільовим призначенням, зняття ґрунтового родючого шару ґрунту без спеціального дозволу: постанова Кабінету Міністрів України від 25.07.2007 р. № 963. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-2007-п>

Методика визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства: наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища від 27.10.1997 р. № 171. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98>

Порядок визначення втрат сільськогосподарського лісгосподарського виробництва, які підлягають відшкодуванню: постанова Кабінету Міністрів України з внесеними змінами від 17.11.1997 р.

- № 1279 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/1279-97>
- Філіпович В. Є. (2015). Супутниковий моніторинг територій незаконного видобутку бурштину. *Український журнал дистанційного зондування Землі*, № 6, С. 4–7.
- Філіпович В. Є., Крилова Г. Б., Лубський М. С. (2015). Методика пошуку та локалізації ділянок незаконного видобутку бурштину за матеріалами багатозональної космічної зйомки. *Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях*: зб. наук. праць 14-ї Міжнар. наук.-практ. конфер., 2015 р, м. Київ, (Пуща-Водиця), С. 181–198.
- Філіпович В. Є., Шевчук Р. М. (2016). Методика і технологія оцінки шкоди, нанесеної Українській державі внаслідок нелегального видобутку бурштину. *Український журнал дистанційного зондування Землі*, № 11, С. 15–21.
- Янчук Р. М., Прокопчук А. В., Трохимець С. М. (2017). Ідентифікація та визначення площ, порушених унаслідок видобування бурштину земель, на основі багатозональних супутникових знімків Sentinel-2. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*: зб. наук. праць. Львів: Видавництво Львівської політехніки, № 1(33), С. 120–124.
- Godert W. J. van Lynden, Stephan Mantel (2001). The role of GIS and remote sensing in land degradation assessment and conservation mapping: some user experiences and expectations. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Elsevier, Vol. 3, Issue 1, 2001, pp. 61–68. [www.doi.org/10.1016/S0303-2434\(01\)85022-4](http://www.doi.org/10.1016/S0303-2434(01)85022-4)
- Hadeel A., Xiaoling Chen, Mushtak Jabbar (2011). Remote sensing and GIS application in the detection of environmental degradation indicators. *Geospatial Information Science*, Vol. 14, Issue 1, pp. 39–47. www.doi.org/10.1007/s11806-011-0441-z
- Yang Limin, Xian George, Klaver Jacqueline M., Deal Brian (2003). Urban Land-Cover Change Detection through Sub-Pixel Imperviousness Mapping Using Remotely Sensed Data. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, No. 9, pp. 1003–1010(8). www.doi.org/10.14358/PERS.69.9.1003

R. YANCHUK, O. DMYTRIV, S. TROHIMETS, A. PROKOPCHUK

Department of geodesy and cartography, National University of Water and Environmental Engineering, academic building No. 7, 53a, N. Karnauhova str., Rivne, 33017, Ukraine. +38(067)9802244, e-mail: r.m.yanchuk@nuwm.edu.ua

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR CALCULATING QUANTITATIVE AND QUALITATIVE LOSSES OF NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF DISTURBED LANDS AS A RESULT OF ILLEGAL EXTRACTION AMBER

The purpose of the study. Develop a methodology for assessing the losses incurred by the state as a result of the illegal extraction of amber on the basis of automated identification and permanent monitoring of disturbed lands. **The methodology** is based on the existing regulations governing the calculation of losses or damage caused to the state and society on the basis of automated identification and analysis of disturbed lands by satellite imagery. A set of Earth remote sensing data from both scientific satellite missions and commercial systems is used as input. In order to analyze the decryption properties and to select the optimal remote sensing materials for identification of disturbed lands due to amber extraction, materials with different resolution, with different sets of spectral channels and at different shooting dates were processed. QGIS 3.4.2 was used as the base desktop GIS. The images were processed using both standard QGIS modules and new applications developed. The data obtained were used to calculate the damage caused to the state as a result of illegal extraction of amber by the following indicators: unauthorized use of subsoil; unauthorized occupation of the land plot; improper use of land; removal of soil cover (fertile soil layer) without special permission; contamination of the land plot, as well as storage of waste without special permission. The developed methodology was tested at the studied area near of the village Klesiv Rivne region. **Result.** A method for calculating quantitative and qualitative losses of natural resource potential of disturbed lands due to illegal amber production has been developed. **Scientific novelty.** A GIS has been developed to provide a continuous cycle of work, namely the automated identification of disturbed lands, the determination of their areas, changes in the qualitative composition over a certain period of time and the calculation of losses of the natural resource potential of the disturbed lands. **Practical importance.** The methodology can become an integral

part of the system of state monitoring of natural resources, as well as the basis of technological and economic assessment of the natural resource potential of the lands of Ukraine.

Key words: damage assessment; natural resource potential; disturbed lands; Earth remote sensing data; satellite imagery; geoinformation system.

References

- Burshtynska Kh. V., Stankevych S. A. (2013). *Aerokosmichni znimalni systemy*: Pidruchnyk Lviv: Vydavnytstvo NU "Lvivska politehnika". 376 p.
- Bukhalska T., Dets T. (2018). Otsinka shkody, zapodiianoi derzhavi unaslidok nezakonnoho vydobuvannia burshtynu na terytorii Volodymyrets'koho raionu Rivnens'koi oblasti. Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva: zbirnyk naukovykh prats. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, No. 2 (36), pp. 63–70.
- Maslei V. N., Mozghovoi D. K., Belousov K. H., Khoroshylov V. S., Bushanskaia A. S., Halych N. H. (2016). Metodyka otsenky posledstvyi dobychy yantaria po mnohospektralnym sputnykovym snymkam. Kosmichna nauka i tekhnolohiia, T. 22, No. 6, pp. 26–36.
- Metodyka vyznachennia rozmiriv vidshkoduvannia zbytkiv, zapodiianykh derzhavi vnaslidok samovilnoho korystuvannia nadramy: nakaz Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy No. 303 vid 29.08.2011 r. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1097-11>
- Metodyka vyznachennia rozmiru shkody, zapodiianoi vnaslidok samovilnoho zainiattia zemelnykh dilianok, vykorystannia zemelnykh dilianok ne za tsilovym pryznachenniam, zniattia gruntovoho rodiuchoho sharu igruntu bez spetsialnoho dozvolu: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 25.07.2007 r. No. 963. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-2007-p>
- Metodyka vyznachennia rozmiriv shkody, zumovlenoi zabrudnenniam i zasmichenniam zemelnykh resursiv cherez porushennia pryrodokhoronnoho zakonodavstva: nakaz Ministerstva okhorony navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha vid 27.10.1997 r. No. 171. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98>
- Poriadok vyznachennia vtrat silskohospodarskoho i lisohospodarskoho vyrobnytstva, yaki pidlihaiut vidshkoduvanniu: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy z vnesenymy zminamy vid 17.11.1997 r. No. 1279. [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ru/1279-97-%D0%BF>
- Filipovych V. Ye. (2015). Sputnykovyi monitorynh terytorii nezakonnoho vydobutku burshtynu. Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli, No. 6, pp. 4–7.
- Filipovych V. Ye., H. B. Krylova, M. S. Lubs'kyi (2015). Metodyka poshuku ta lokalizatsii dilianok nezakonnoho vydobutku burshtynu za materialamy bahatozonalnoi kosmichnoi ziomky. Suchasni informatsiini tekhnolohii upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu, pryrodokorystuvanniam, zakhodamy v nadzvychainykh sytuatsiiakh: zb. nauk. prats 14-yi Mizhnar. nauk.-prakt. konfer. (5-9 zhovtnia 2015 r, m. Kyiv, Pushcha-Vodytsia), pp. 181–198.
- Filipovych V. Ye., Shevchuk R. M. (2016). Metodyka i tekhnolohiia otsinky shkody, nanesenoii Ukrainskii derzhavi vnaslidok nelegalnogo vydobutku burshtynu. Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli, No. 11, pp. 15–21.
- Yanchuk R. M., Prokopchuk A. V., Trokhymets S. M. (2017). Identyfikatsiia ta vyznachennia ploshch porushenykh unaslidok vydobuvannia burshtynu zemel na osnovi bahatozonalnykh sputnykovykh znmkiv Sentinel-2. Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva: zbirnyk naukovykh prats. Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki, No. 1(33), pp. 120–124.
- Godert W.J.van Lynden, Stephan Mantel (2001). The role of GIS and remote sensing in land degradation assessment and conservation mapping: some user experiences and expectations. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Elsevier, Volume 3, Issue 1, 2001, pp. 61–68. [www.doi.org/10.1016/S0303-2434\(01\)85022-4](http://www.doi.org/10.1016/S0303-2434(01)85022-4)
- Hadeel A., Xiaoling Chen, Mushtak Jabbar (2011). Remote sensing and GIS application in the detection of environmental degradation indicators. Geospatial Information Science, Volume 14, 2011 – Issue 1, pp. 39–47. www.doi.org/10.1007/s11806-011-0441-z
- Yang Limin, Xian George, Klaver Jacqueline M., Deal Brian (2003). Urban Land-Cover Change Detection through Sub-Pixel Imperviousness Mapping Using Remotely Sensed Data. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Num.9, pp. 1003–1010(8). www.doi.org/10.14358/PERS.69.9.1003