

УДК 504.06:504.061:551.5

МОЖЛИВІСТЬ ОЦІНКИ ТРАНСКОРДОННОГО ВПЛИВУ ДІЯЛЬНОСТІ ХОТИСЛАВСЬКОГО КАР'ЄРУ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ РЕГІОНУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОКОСМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Бондар О.І., Машков О.А., Пашков Д.П.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м.Київ,
dei2005@ukr.net

Для екологічного моніторингу та дослідження транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру запропоновано використовувати космічні технології спостереження Землі. Регіон Хотиславського кар'єру розглянуто як складну екологічну систему. Для визначення ризиків та проведення оцінок можна використовувати багатоспектральні зображення космічних систем дистанційного зондування Землі. На основі обробки даних дистанційних систем оптико-електронного спостереження зроблено висновки та надано рекомендації щодо транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру на стан довкілля регіону. *Ключові слова:* екологічний моніторинг, транскордонний вплив, навколишнє середовище, аерокосмічний моніторинг, дистанційне зондування Землі.

Возможности оценки трансграничного влияния деятельности Хотиславского карьера на состояние окружающей среды региона на основе использования данных аэрокосмического мониторинга. Бондарь О.И., Машков О.А., Пашков Д.П. Для экологического мониторинга и исследований трансграничного влияния деятельности Хотиславского карьера предложено использовать космические технологии наблюдения Земли. Регион Хотиславского карьера рассматривается как сложная экологическая система. Для определения рисков и проведения оценок можно использовать многоспектральные изображения космических систем дистанционного зондирования Земли. На основе обработки данных дистанционных систем оптико-электронного наблюдения сделаны выводы и даны рекомендации по трансграничному влиянию деятельности Хотиславского карьера на состояние окружающей среды региона. *Ключевые слова:* экологический мониторинг, трансграничное влияние, окружающая среда, аэрокосмический мониторинг, дистанционное зондирование Земли.

Possibilities of estimation of transfrontal influence of activity of Хотиславского of quarry and possible risks on the state of environment on the basis of data of the aerospace monitoring. O.I. Bondar, O.A. Mashkov, D.P. Pashkov For realization of the ecological monitoring and researches of transfrontal influence of activity of Hotyslav of quarry of predlozhaetsya to use space technologies of supervision of Earth. The region of Hotyslav of quarry must be examined as a difficult ecological system. For determination of risks and realization of estimations it maybe to use the multispectral images of the space systems of the remote sensing of Earth. On the basis of treatment of these controlled from distance systems of optical-electronic supervision сделанны conclusions and наданы recommending of relatively transfrontal influence activity of Hotyslav of quarry are in relation to the state of environment of region. *Keywords:*

ecological safety, transfrontal influence, surrounding среда, аерокосмический monitoring, remote sensing of Earth.

Одним із екологічно чистих місць в Україні є Шацький природний національний парк. Особливістю Шацького природного національного парку є унікальна заповідна екосистема, яка включає Шацьке приозер'я як одне із найбільших у Європі (рис.1) [1, 2]. Шацький природний національний парк створений у 1983 році для охорони рідкісного природного комплексу, який розташований на 32500 гектарах та включає особливу флору і фауну, що створюють можливість у заповідній зоні зберегти унікальні види тварин та савців, які занесених до Червоної книги [1, 2, 3].

Шацькі озера Шацького природного національного парку створю-

ють групу з понад 30 озер льодовикового походження у Волинській області, в межиріччі Прип'яті та Західного Бугу [3, 4, 5]. Найбільшим, найглибшим (до 58 метрів) і найчистішим озером України – «Світязь». Його називають «українським Байкалом» та «блакитними очима Полісся». Воду цього озера по праву вважають цілющою, адже вона містить йод, срібло і гліцерин. Унікальні види берегів Шацьких озер (рис. 2) дозволяють створити розвитку нетільки природну охоронну зону [6], а й туристичну інфраструктуру для відпочинку та лікування населення.



Рис. 1. Схема Шацького природного національного парку



Рис. 2. Фотопейзажи видів Шацьких озер

Хотиславський кар'єр як складна екологічної системи регіону

Безпосередньо біля кордону з Україною (за 25 км від озер заповідника), південніше населеного пункту Хотислав Малоритського району Брестської області в 1994 р. було запроєктовано та розпочато будівництво потужного комплексу з видобутку та виробництву будівельних матеріалів, в який входять кар'єр "Хотиславський" та виробничі потужності (рис. 3, 4) [7, 8].

Розробка Хотинського кар'єру здійснюється за державним проектом в інтересах вищого керівництва Білорусі, оскільки, за даними експертів, балансові запаси промислових категорій, доступних до відкритої розробки, становлять 26281,4 тис. м³ піску та 38816 тис. м³ крейди. При цьому крейда дуже якісна, придатна не тільки для виробництва будматеріалів, але й парфумерії [8, 9].

Розробка родовища поки що використовується лише для видобутку

піску. Насьогодні освоєно ділянку у 4,5 га глибина його 12 метрів. Відкритий шар крейди, ще не зачеплений. За проектом глибина його становитиме біля 43 метрів на площі 95 га.

Крім того, Хотиславське родовище має близько 500 мільйонів тонн запасів високоякісної крейди, вапняку, пісків високих фракцій. Вапняк найкраще підходить для виробництва цементу. Крейда в Хотиславському родовищі чиста – 96 відсотків. Це дуже цінний матеріал для будівельної галузі. Через високу якість крейди її можна використовувати також у хімічній, лакофарбовій промисловості, медицині, для розкиснення ґрунтів і виробництва комбікормів у сільському господарстві. Кар'єр являє собою шар чистого кварцового піску, придатного для виготовлення виробів з залізо- і силікатобетону. За різними оцінками, корисні копалини зберігаються на площі не менше 2 тис. га. На сьогодні розвідано лише 400 га, розробляти які, за оцінками фахівців, можна близько двохсот років.



Рис. 3. Хотиславський кар'єр



Рис. 4. Хотиславський кар'єр

Постановка проблеми та дослідження наслідків впливу

Результати досліджень свідчать, що подальша розробка кар'єру та бу-

дівництво Хотиславського комбінату може стати серйозною екологічною загрозою для Шацького національного природного парку та зачепити частину території Польщі. За даними ек-

спертів, в озерах Шацького регіону, які розташовані найближче до Хотиславського кар'єру, вже спостерігається зниження рівня водообміну у 5-6 разів (рис. 5). Насьогодні є сигнали про те, що вже відбувається негативний вплив на довкілля України. Існують небезпека зневоднення території Національного заповідника "Шацькі озера" та ймовірність сейсмологічної загрози [8, 9].

Якщо комплекс запрацює на повну потужність, то зміни можна буде побачити і відчуті лише за кілька років. Територія, на якій розробляється кар'єр, розташована нижче, ніж самі озера. Спрацює так званий принцип лійки: підземними каналами світязька вода просочуватиметься в білоруську улоговину. Це може призвести до пересушення ґрунтів на полях і лісах. Крім того, на території кар'єру перетинаються підземні водоносні системи питної води, які об'єднують кар'єр та озера у єдину прадавню долину стоку, що має зріз в крейдових нашаруваннях до 60 м і є зоною підвищеної водопровідності підземних вод і може при водопониженні в кар'єрі призвести до обміління озер та їх загибелі, а в разі кар'єр перетину водоносних горизонтів порушити четвертинні та верхньокрейдяні породи, які виступають основним джерелом питного водопостачання. Плановий водовідлив при осушенні кар'єру за проектом становив у перший рік розробки 10 тис м³/добу з подальшим збільшенням до 48 тис м³/добу, що мало призвести до пересушення на території України 40 тис га сільськогосподарських та лісових угідь, у тому числі 12 тис. га меліоративних земель, що може викликати зниження врожайності сіль-

ськогосподарських культур на 50%, а приріст деревини на 2 тис м³/га. В зону впливу кар'єру потрапляє 11 населених пунктів, в побутових криницях яких може зникнути вода.

Найбільша небезпека, яка загрожує каскаду Шацьких озер через добування крейди білорусами – зниження рівня ґрунтових вод, що може викликати обміління Шацьких озер. Озера мають карстове походження, утворилися у великий льодовиковий період і пов'язані між собою. Якщо трапиться щось із одним озером, то постраждають й інші, адже територія, на якій розробляється кар'єр, розташована нижче, ніж Шацькі озера. Крім того, екосистема регіону має повільний водообмін і все, що змивається з берегів, осідає на дні. Це може призвести до виділення декількох зон від поверхні до дна, в яких відбуваються свої процеси. Тому будь-яке порушення цієї рівноваги призводить до повної загибелі флори, фауни та зміни екологічного стану озер.

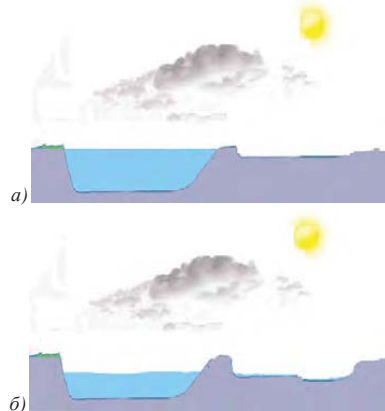


Рис. 5. Існуюча (а) та прогнозована (б) екосистема Шацьких озер

На сьогодні навіть якщо роза вітрів повертається із Білорусі, то важкі метали, зокрема плумбум, калій, сполуки сірки доноситься до Шацьких озер і вони осідають у донних відкладах. Тому зараз у Шацьких озерах накопичились як радіонукліди, так і важкі метали.

Під вплив господарської діяльності на Хотиславському кар'єрі можуть потрапити територія у радіусі до 30 кілометрів. Для Волині це може привести до величезної катастрофи. Взагалі може зникнути озеро Святе. Головна гордість краю – озеро Світязь – ймовірно обміліє і втратить більшу частину плеса.

Розробка родовища може призвести до пересушення на території України 40 тисяч гектарів сільськогосподарських та лісових угідь. Це може викликати зниження урожайності сільськогосподарських культур на 50%. В зону впливу кар'єру потрапляє 11 населених пунктів, в побутових криницях яких, ймовірно, зникне вода. Також можуть зникнути гриби та ягоди. У разі зникнення чорничників у соснових лісах жителі позбудуться одного з найпоширеніших промислів, а з обмілом каскаду Шацьких озер Волинь позбудеться й потоку відпочиваючих, яких зараз приваблює Світязь.

Від зниження рівня ґрунтових вод можуть постраждати унікальні вільхові і соснові ліси у Поліській зоні. Проте за 25-40 кілометрів від кар'єру знаходяться різноманітні заказники та пам'ятки природи. В ймовірній зоні впливу Хотиславського кар'єру було виявлено 7 видів рослин та 6 видів тварин, занесених до Червоної книги.

Щодо водообміну основних озер (Світязь, Пулемецьке, Луки, Люцимер, Пісочне, Острівне, Чорне, Вели-

ке, Соминець), їх, то в озерах, які знаходяться на найближчій відстані – 12 км, 14 км, 18 км від нього, водообмін у них за 5 років зменшився у 2,8, 5 і 2,6 разів. Маємо чітку погрозу про те, що вже йде негативний вплив на довкілля України.

Одним із варіантів виходу з цієї ситуації може бути створення біосферного заповідника "Західне Полісся", який би включив відповідну частину території України, Білорусі та Польщі. На рівні екологічного обґрунтування все зроблено як українською, так і двома іншими сторонами, але підписання саме білоруською стороною не відбувається. При цьому необхідно мати об'єднану для України та Білорусі методику визначення екологічної шкоди внаслідок продовження і розширення діяльності Хотиславського кар'єру та надання своєчасної допомоги уникнення впливу на екосистему регіону.

Мета досліджень

Враховуючи системні екологічні питання транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру, необхідно контролювати рівень пониження ґрунтових вод. І якщо кар'єр потягне воду озер, то без своєчасних заходів через ці пустоти вода піде в кар'єр та осушить деякі озера, інші будуть міліти, а не дуже глибокі перетворяться у болото. Тому, задача збереження біорізноманіття, екологічного стану та оцінка ризиків є актуальною для наукових досліджень та практичної діяльності. Дослідження та вирішення екологічної проблеми Шацького природного національного парку потребує використання сучасних інформаційних технологій на основі застосування матеріалів дистан-

ційного зондування Землі з супутників та застосування геоінформаційних технологій.

Використання космічних технологій спостереження Землі при проведенні екологічного моніторингу

Світовий досвід [10, 11, 12] показав, що використання космічних систем (КС) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на основі застосування бортових оптико-електронних систем (ОЕС) космічних апаратів (КА) дозволяє вирішити в першу чергу завдання які пов'язані із спостереженням небезпечних об'єктів та проведенням екологічного моніторингу земної поверхні. Завдяки космічним знімкам можна здійснювати екологічний контроль за об'єктами та процесами на земній поверхні і за результатами їх дешифрування можна проводити аналіз одержаної інформації щодо геохімічного стану середовища та робити висновки відносно поточної екологічної ситуації та контролю стану довкілля [12, 13]. Крім того, за допомогою космічних знімків можна здійснювати просторовий географічний аналіз екологічної інформації та досліджувати (прогнозувати) процеси, що відбуваються в довкіллі, шляхом проведення різних логічних операцій над векторними і атрибутивними даними (просторового і табличного аналізу) [12, 13]. Крім того, аналітичний огляд наукових публікацій [10-16] показав, що відповідно до спектральної щільності енергетичної яскравості характеристик об'єкта (земельної ділянки) можливо визначити спектральні діапазони для проведення екологічного моніторингу за допомогою багатоспектральних зображень з космічних систем дистанцій-

ного зондування Землі. Так, у світовому суспільстві використовують вибір багатоспектральних діапазонів (табл.1), за допомогою яких можна проводити спостереження для вирішення поставлених екологічних завдань [14].

Однак до початку роботи з космічним знімком необхідно провести його дешифрування. Етапи дешифрування космічних знімків мають дуже складний характер [10, 11, 13]. При цьому розпізнавання кар'єрів полягає в аналізі зображення (глибина, розмір) та інших об'єктів місцевості для якісного опису їх характеристик і включає елементи загальнопографічного та власне геологічного дешифрування. У зв'язку з цим дешифрування кар'єрів умовно поділяють на контурне і таксаційне. Особливістю контурного дешифрування є виділення з кар'єру масиву топографічних площ об'єктів і контурів для подальшого опису їх шляхом наземного огляду або способом аеротаксації. Таксаційне дешифрування є складним і важким і вимагає поділу кар'єру на таксаційні ділянки та визначення геологічного складу. При цьому склад насаджень у районі кар'єру дешифрується в основному за відмінностями у формах, розмірі, тоні та кольорі зображень крон дерев. При стереоскопічному аналізі знімків з роздільно помітними проєкціями крон необхідно насамперед виявити, чи різняться деревні породи за типовими формами крон і обрисами проєкцій їх як у центральній, так і в крайовій частині аерознімка і за опуклості крон. Різниця в тонах і розмірах крон різних дерев на чорнобілих знімках є одним з істотних ознак дешифрування складу, особливо при малому розходженні форми

проєкцій крон: наприклад, у осики тону, а у ялини-дрібні, опуклі, темно-крони великі, плоскі, світло-сірого тону зі світлим обідком [15, 16].

Таблиця 1

Відповідність завдань щодо проведення екологічного моніторингу до вибору спектральних ділянок каналів оптико-електронними системами

№ з/п	Завдання щодо проведення екологічного моніторингу		Спектральний діапазон	Тип багатоспектрального пристрою (сенсор)
	Загальне	Спеціальне		
1.	Кордон між земною поверхнею і хмарами	Хлорофіл рослин	620-670 нм	MSS, HSI, HRVIR, PIMCA, GCA
		Хмарність і рослинність	840-780 нм	
2.	Властивість земної поверхні і хмар	Різниця у ґрунтах і рослинах	460-480 нм	RBV, TM, MODIS, HRVIR, PIMCA, GCA
		Зелена рослинність	545-568 нм	
		Властивості листового покриву	1230-1250 нм	
		Різниця сніжного покриву (змарності)	1630-1653 нм	
3.	Колір океану	Параметри земного покриву й хмарності	2100-2155 нм	TM, MSS, HRV, HRVIR
		Спостереження за хлорофілом	405-420 нм, 437-450 нм, 405-420 нм, 405-420 нм	
		Опади	546-556 нм	
		Опади, атмосфера	660-673 нм	
		Флюоресценція хлорофілу	673-683 нм	
		Властивості аерозолів	743-753 нм	
4.	Атмосфера і хмари	Властивості аерозолів та параметри атмосфери	860-880 нм	MSS, ETM, HRG
		Параметри хмарності та атмосфери	890-920 нм, 915-965 нм	
		Піряні хмари	1,36-1,39 мкм	
		Вологість в середній частині тропосфери	6,53-6,9 мкм	
		Вологість у верхній частині тропосфери	7,17-7,48 мкм	
5.	Теплові властивості	Температура поверхні Землі	8,4-8,7 мкм	MTI, TMS
		Температура морської поверхні	3,66-3,8 мкм	
		Лісні пожежі, вулкани	3,92-3,98 мкм	
		Температура хмар та поверхні Землі	3,92-3,98 мкм, 4,02-4,08 мкм, 10,78-11,3 мкм, 11,76-12,3 мкм	
		Температура в тропосфері, склад хмар	4,43-4,55 мкм	
		Аналіз загального вмісту озона	9,58-9,88 мкм	
		Висота і склад хмар	13,18-13,49 мкм, 13,48-13,79 мкм, 13,78-14,09 мкм, 14,08-14,39 мкм	

На багатоспектральних знімках хвойні породи зображуються синьо-зеленими або зеленими, а листяні - помаранчевими або пурпуровими різної насиченості. Відмінності в розмірах проекцій крон і за висотою деревостанів допомагають точніше встановлювати склад насадження. При цьому необхідно враховувати загальний вигляд проекцій положу насаджень і характер відносного розташування дерев у пологі (рівномірне, нерівномірне, групами, куртинами). При дешифруванні віку враховують розміри і форми крон, середню висоту деревостанів і довжину тіней, а також ступінь оглядовості деревостану в глибину [10, 15, 16]. Повноту насаджень при дешифруванні визначають за ступенем зімкненості положу на підставі взаємозв'язків між повнотою і зімкненістю положу. Зімкненість може бути встановлена за співвідношенням між площами, зайнятими проекціями крон і проміжками між ними (від 0,1 до 1,0), або за ступенем оглядовості насадження в глибину відносно його середньої висоти. Класи бонітету при дешифруванні знімків визначають не тільки за віком і середньою висотою переважаючої породи, а за комплексом ознак, які характеризують умови місцезростання. У гірських умовах по знімках враховують приуроченість насаджень до схилів різної експозиції і крутизни. Класи бонітету визначають за співвідношенням між середніми висотами і діаметрами крон у тому чи іншому віці, складом насаджень, ступенем рівномірності зімкненості положу, наявністю другого ярусу і по стереоскопічних висотах. По знімках можна визначати і щільність дерев.

Якщо раніше тематичне дешифрування виконували в основному з використанням візуально інструментальних методів, то сьогодні поряд з активним розвитком систем обробки даних дистанційного зондування, крім візуально-інструментальних методів, використовують автоматизовані методи [12, 13], що дозволяє дешифрувати багатоспектральні зображення. Існує декілька сучасних пакетів з обробки даних ДЗЗ (ERDAS, ENVI, INPHO та ін.), за допомогою яких можна виконувати процедуру класифікації об'єктів, представлених на космічному зображенні в інтерактивному режимі, з безпосередньою участю обробника (так звана класифікація з навчанням). Також можна виконувати кластеризацію зображення на основі відомих статистичних методів і алгоритмів, наприклад IZODATA. Але ідентифікацію одержаних в результаті кластеризації класів об'єктів буде виконувати спеціаліст (інтерпретатор). Однак повністю автоматизувати процес тематичного дешифрування не вдалося, тому, що існуючі підходи та методи, які використовуються в алгоритмах розпізнавання, поки що розвиваються [12, 13].

Обробка космічних знімків для проведення екологічного моніторингу та вивчення транскордінного впливу діяльності Хотиславського кар'єру на Шацький природний національний парк.

На сучасному етапі при дешифруванні космічних знімків одним із головних завдань є виділення ознак (прямих і косвених) для розпізнавання сцени та об'єктів спостереження. При цьому стрімкий розвиток географічних інформаційних систем (ГІС) надав можливість не лише ана-

лізувати поточний стан сцени моніторингу, але й прогнозувати екологічної ситуації (моделювання подій, що відбуваються) Це дозволяє приймати, за необхідності, обґрунтовані управлінські рішення [10, 13, 17].

Отже, космічний моніторинг широко використовується при вивченні ландшафтної структури, природних ресурсів і типів природокористування, а також для аналізу рівня забруднення атмосфери, земельних і водних ресурсів, в роботах за оцінкою антропогенного і техногенного впливу на довкілля. Використання існуючих [10, 11, 13, 15] та нових [12, 17, 18, 20] методик оцінки стану навколишнього природного середовища дозволяє оперативно вирішувати завдання в галузі природокористування і екології. При створенні систем екологічного моніторингу необхідно дотримуватися основних принципів [12, 17, 18]:

- об'єктивність і достовірність первинної, аналітичної і прогнозованої інформації;
- систематичність спостережень за станом природного середовища поряд з техногенними об'єктами, що впливають на нього;
- підвищення оперативності одержання і достовірності первинних даних за рахунок використання досконалих технологій збору, накопичення і обробки екологічної інформації на всіх рівнях державного управління і місцевої самоврядності;
- сумісність технічного, інформаційного і програмного забезпечення;
- підвищення рівня і якості інформаційного обслуговування споживачів екологічної інформації на всіх рівнях функціонування системи на основі мережевого доступу до розподілених відомчих і інтегрованих банків даних, комплексної обробки і використання інформації для ухвалення відповідних рішень;

вчачів екологічної інформації на всіх рівнях функціонування системи на основі мережевого доступу до розподілених відомчих і інтегрованих банків даних, комплексної обробки і використання інформації для ухвалення відповідних рішень;

- оперативність доведення екологічної інформації до органів виконавчої влади, інших зацікавлених органів, підприємств, організацій і установ;
- доступність екологічної інформації для населення.

З урахуванням цих принципів та нових підходів [19÷23] пропонуємо для проведення екологічного моніторингу використовувати в якості програмно-апаратні засоби і програмні продукти будь-яких геоінформаційних систем або засоби автоматизованої обробки знімків дистанційного зондування Землі для створення карти динаміки. Процес створення карт динаміки поділяється на декілька послідовних етапів, протягом яких формуються її основні етапи [18, 22]:

- підготовчий - формулюються вимоги до створеної карти, визначається район, здійснюється збір та обробка вихідної інформації;
- формування карти динаміки - здійснюється з використанням засобів автоматизованої обробки знімків, коли на основі вихідних знімків формується спеціальне зображення, яке характеризує ймовірність будь-якої ділянки території піддаватися змінам при часовому рознісенні космічних знімків;

- формування багатоспектральної карти динаміки на основі існуючої спектральної характеристики карти;
 - складання якісної порівняльної характеристики карти динаміки.
- Розглянемо створення карти динаміки на прикладі знімку озера Світязь тільки за елементами етапів, які потребують пояснення і стосу-



Рис. 6. Космічний знімок озера Світязь

2. Етап. Для формування растрової карти динаміки необхідно взяти декілька знімків у часовому інтервалі, які не відрізняються в просторі. Дешифрування здійснюється шляхом візуального порівняння космічних знімків з цифровою картою-основою за допомогою засобів ГІС. Поетапно дешифрування [21, 22, 23]:

- еталонні зображення для об'єктів, що відображаються на карті-основі і для ділянок території, суттєво перетворених внаслідок діяльності або природних процесів;
- короткий словесний опис дешифрувальних ознак об'єктів: фо-

рмування багатоспектральної карти динаміки на основі існуючої спектральної характеристики карти;

– складання якісної порівняльної характеристики карти динаміки.

1. Етап. Для приклада взято ділянку (рис.6.) космічного знімку озера Світязь. Обґрунтування необхідності вибору ділянки не викликає сумніву.

рма зображення об'єкта і характер кордонів; колір або тон зображення об'єкта; текстура об'єкта (особливості чергування відтінків); сусідство з іншими об'єктами (закономірність просторового розташування).

Кожне зображення супроводжується коментарем – опис типу об'єкта або виду діяльності, показаної на еталонному зображенні. Якщо дешифрування виконували за непрямыми дешифровочними ознаками, то необхідно коротко описати міркування, пов'язані з аналізом непрямих ознак. Так, на рис.6 предстало космічні знімки району спостереження зі зміною характеристик об'єктів, що

представлені на зображенні. Більш детальний аналіз процесів, що відбуваються в озері Світязь, мають давати фахівці, адже знімки свідчать про явні зміни.

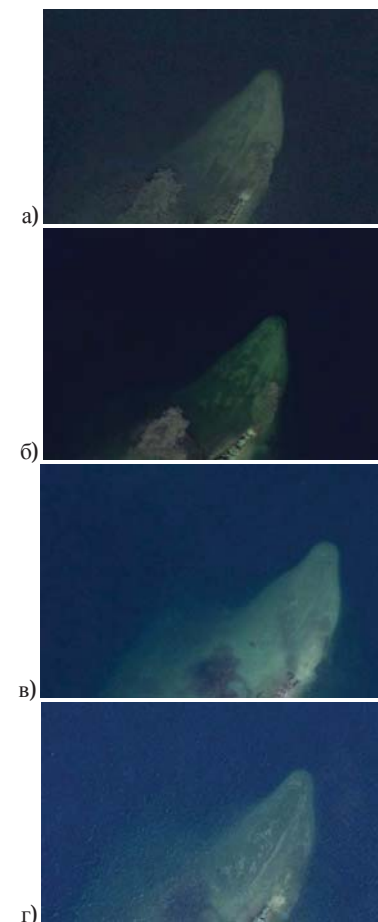


Рис. 6. Динаміка зміни водного стану озера Світязь
а) 20.08.2005 року; б) 23.9.2010 року;
в) 4.04.2014 року; г) 10.06.2014 року

3. Етап. Формування багатоспектральної карти динаміки на основі існуючої спектральної характеристики карти. При виборі спектральних каналів необхідно враховувати інформацію про діяльність, що виконується на території, і про природні процеси, що призводять до зміни території, оскільки різні об'єкти мають різні спектральні характеристики [21, 22, 23].



Рис. 7. Динаміка зміни берегової лінії озера Світязь у різних спектральних діапазонах

4. Етап. Складання якісної порівняльної характеристики карти динаміки. «Карта динаміки стану території», містить назву території і часовий період, для якого складено карту; дані про космічні знімки: дати зйомок, назва сенсора, номери або назви використовуваних спектральних каналів; дані карти-основи: назва і рік стану місцевості; відомості про організацію - укладача та організацію - замовника карти; дані про

систему координат; масштаб; дату створення карти.

Отже, запропонований підхід надає можливість розробляти нові методи і методики, пов'язаних з використанням космічних систем дистанційного зондування Землі та проводити екологічний моніторинг за допомогою сучасних геоінформаційних систем та апаратно-програмних комплексів обробки космічних знімків, що підвищує ймовірність виявлення і прогнозування антропогенних процесів. Крім того, одним із перспективних підходів до пошуку екологічних змін є використання різних спектральних і допоміжних характеристик на космічних зображеннях, що дозволяє будувати динамічну карту антропогенних змін природного середовища поверхні.

Висновки та рекомендації з оцінки на основі даних дистанційного зондування Землі транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру на стан довкілля

1. За даними обробки аерокосмічних зйомок з використанням сучасних інформаційних технологій встановлено, що експлуатація Хотиславського кар'єру в Білорусі може призвести до порушення балансу екосистеми всього регіону. Існує небезпека порушення підземних водоносних горизонтів. Це може призвести до припинення живлення Шацьких озер, зокрема унікального озера Світязь, загрози обміління, скорочення площ водного плеса, наслідком яких стане загибель унікальних природних водойм, втрата окремих видів флори і фауни. Головною причиною

небезпеки для навколишнього природного середовища Західного Полісся є освоєння крейдового родовища «Хотиславське» (Республіка Білорусь). Цей кар'єр з видобутку піску, крейди та мергелю Малоритського комбінату будівельних матеріалів знаходиться у безпосередній близькості до меж Шацького національного природного парку, зокрема до особливо цінних з рекреаційної та природоохоронної точки зору озер: Кримно, Мошно, Пісочне та Світязь. Отже, можна прогнозувати неминучі і незворотні зміни для нормального функціонування сільського та лісового господарства на Волині, порушення водопостачання жителів Шацького, Любомльського та Ратнівського районів, погіршення гідромеліоративного стану осушуваних земель. Крім того, видобування і транспортування крейди провокує також техногенне забруднення навколишнього середовища повітряним шляхом.

2. Крім того, використання кар'єру може загрожувати всьому регіону екосистеми, в який входить не тільки Шацький національний природний парк, а також Поліський парк народовий Польщі. Ця екосистема природного ландшафту досить тісно пов'язана з Шацьким парком і має подібне походження. У випадку екологічної катастрофи на нашій території, що може бути пов'язано з розробкою та освоєнням Хотиславського кар'єру, ланцюгова реакція зміни природного середовища безпосередньо торкнеться також й польської сторони. На місці розташування Поліського парку можуть зникнути озера або перетворитися у сапропелеві болота, видозміняться флора та фауна.

3. Для оцінки транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру та виявлення можливих ризиків для довкілля на сьогодні доцільно використовувати космічні системи дистанційного зондування Землі та сучасні геоінформаційні технології. Аналіз матеріалів дистанційного зондування Землі свідчить, що освоєння Білоруссю Хотиславського крейдового кар'єру може призвести до порушення екосистеми всього регіону та Шацьких озер на Волині зокрема.

4. Важливим фактором щодо усунення можливих ризиків транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру може стати створення міждержавного біосферного заповідника під захистом ЮНЕСКО, у який би входили території польського та українського Полісся, а також білоруська Біловезька пушта під постійним наглядом. На основі системних досліджень доцільно оцінювати завдану шкоду природі та екосистемі держав.

5. Вважаємо за доцільне ведення тематичних карт екологічної динаміки, які дозволять забезпечити проведення аналізу даних та оцінки впливу на навколишнє середовище в системі державного управління та контролю в сфері охорони, захисту довкілля. Карт динаміки також доцільно використовувати для розробки стратегії екологічного моніторингу транскордонного впливу діяльності Хотиславського кар'єру. Необхідно у подальшому проводити актуалізацію даних шляхом використання космічних знімків. Крім того, проведені дослідження свідчать про необхідність здійснення заходів щодо невідкладної організації постій-

ного моніторингу за станом підземних вод на прикордонній території з метою постійного контролю за їх станом та своєчасного здійснення необхідних дій щодо попередження можливих негативних наслідків на території України від експлуатації Хотиславського кар'єру.

6. Необхідно продовжити роботи зі створення та корекції екологічних карт України з залученням космічних знімків вітчизняних апаратів та космічних апаратів інших держав. Залучення цієї інформації дасть можливість розробляти та створювати екологічної карти областей України. При цьому слід враховувати, що стан довкілля України постійно змінюється, і на це впливають різні фактори: пожежи, забруднення річок та водойм, забруднення повітря, техногенні аварії, несанкціонована вирубка лісів, транскордонна діяльність та біосферні конфлікти. Все це впливає на загальний екологічний стан довкілля і потребує постійного контролю за допомогою сучасних космічних технологій і надасть можливість постійно мати реальні сучасні екологічні карти областей України, що забезпечить державні органи реальними даними про стан навколишнього середовища рекомендаціями його оздоровлення та оновлення.

7. Доцільно створити сучасні екологічні моделі для прогнозування екологічних наслідків розробки родовища крейди «Хотиславське» та оцінки негативного впливу на загальну екологічну ситуацію і, зокрема, на підземні води у прикордонній з Республікою Білорусь території України, в тому числі, Шацького національного природного парку.

Література

1. Зелена книга України /за ред. Я.П. Дідуха – К.: Альтерпрес, 2009. – 448 с.

2. Шацьке поозер'я: Характеристика абіотичних і біотичних компонентів екосистем / за ред. Й. Царика. – Львів: ЛНУ, 2008. – 216 с.
3. Проць Г.Л. Шацькі озера / [Г.Л. Проць, Б.П. Муха] // Українське Полісся: вчора, сьогодні, завтра: зб. наук. праць. – Луцьк, 1998. – С. 42–46.
4. Географія Волинської області / за ред. П.В. Луцишина. - Луцьк: ЛДПІ, 1991. – 163 с.
5. Палиєнко В.П. Морфоструктурні умови гляціоморфогенезу на Україні // Стратиграфія і кореляція морських і континентальних отложений України / Под ред. Е. Шнюкова. – Киев, 1987. – С. 143–148.
6. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 р. №1264.
7. Закон України «Про ратифікацію Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті від 19 березня 1999 року № 534–XIV. Угода між урядом України і Урядом Республіки Білорусь про співробітництво в галузі охорони навколишнього середовища від 16.12.1994 р.
8. Романенко В.Д. Загрози антропогенного впливу на ландшафтні і біологічне різноманіття озер Шацького національного природного парку / В.Д. Романенко, В.І. Щербак, В.М. Якушин, Н.В. Майстрова, Н.С. Семенюк // Природа Західного Полісся: зб. наук. пр. ВДУ ім. Лесі Українки. – Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. Держ. ун-ту ім. Лесі Українки. - 2012. - №9. – С. 319–324. .
9. Зузук Ф.В. Вірогідність впливу розробки Хотиславського родовища крейди наповідні екосистеми Волині / Ф.В. Зузук, В.Г. Мельничук, І.І. Залеський // Природа Західного Полісся: зб. наук. пр. ВДУ ім. Лесі Українки. – Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. Держ. ун-ту ім. Лесі Українки. - 2012. - №9. – С. 3–11.
10. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / [Лялько В.І., Федоровський О.Д., Попов М.О. та ін] за ред.В.І.Лялька, М.О.Попова.— К.: Наук.думка, 2006.— 357 с.
11. Використання багатозональних космічних знімків з метою вивчення рослинності зони відчуження ЧАЕС / [О.І.Сахацький, В.І.Лялько, А.Я.Ходоровський, О.Т.Азімов, З.М.Шпортюк, О.М.Сибірцева, С.М.Бідна та ін.] // Нові методи в космічному землезнавстві.— К.: ЦАКДЗ ІГН НАНУ, 1999.— С.105—113.
12. Бондар О.І., Машков О.А. Научное обоснование схематических решений создания функционально устойчивых комплексов экологического мониторинга с использованием псевдоспутниковых технологий / Зб. наук. пр. «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMC'2013». , - Євпаторія, 2010, – С. 206-207.
13. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера. 2008. – 312 с.
14. Пашков Д.П. Аналіз можливостей застосування космічних систем дистанційного зондування Землі для вирішення екологічних завдань // Д.П. Пашков / Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, - Х.: ХУПС. Вип.2 (15), 2014, С. 184-188.
15. Пічугін М.Ф., Машков О.А., Сашук І.М., Кирилюк В.А. Обробка геофізичних сигналів у сучасних автоматизованих комплексах. Житомир, вид.ЖВІРЕ, 2006, 176 с.
16. Лялько В., Сахацький О., Шпортюк З., Сибірцева О., Ходоровський А., Азімов О. «Зелений щит» проти радіонуклідів.Класифікація рослинного покриву зони відчуження ЧАЕС за даними багатозонального космічного знімання. / Вісник НАН України, 2008. – №4. С.23-28.
17. Бондар О.І., Машков О.А. Інноваційний розвиток та модернізація системи природокористування України (реперні точки розвитку галузі і шляхи її реалізації) / Матеріали VI Міжнародного форуму «Трансфер технологій та інновації: інноваційний розвиток та модернізація економіки», 20-21 грудня 2012 р., м. Київ, с. 236-252.

18. Машков О.А., Качалин И.Г., Синицкий Р.Н. Проектирование и разработка автоматизированной системы сбора и обработки геофизической информации / Зб. наук. пр. / Институт проблем моделирования в энергетике, Вип. 29, Київ, 2005, с.57-64.
19. Машков О.А., Немешь К.А. Графоаналітичний метод оцінки однорідності розвитку соціогеосистем / Міжнародний зб. наук. пр. «Часопис соціально-економічної географії», вип. 9(2)/2010, Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна, С.39-41.
20. Пашков Д.П. Принципы комплексной обработки многоспектральных изображений в космических системах наблюдения для оперативного экологического мониторинга // Д.П. Пашков / Системи озброєння і військова техніка. Х.: ХУПС. Вип.1 (37), 2014. С. 194-197.
21. Шумаков Ф.Т. Разработка методов космического мониторинга трофического состояния водоемов / Ф.Т. Шумаков // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия География. - 2011. - том 24 (63), № 3. - С. 162-172.
22. Пашков Д.П. Вдосконалення методики побудови карт антропогенних змін природного середовища на основі використання космічних знімків // Д.П. Пашков / Системи озброєння і військова техніка, - Х.: ХУПС. Вип.2 (38), 2014. С. 153-157.
23. Станкевич С.А., Козлова А.О. Особливості розрахунку індексу видового різноманіття за результатами статистичної класифікації аерокосмічних знімків // Ученые записки Таврического национального университета им.В.И.Вернадского, 2006.- Т.19(58).- С.144-150.