

УДК. 551.46.581.19

Досвід використання космічної інформації у вирішенні водоохоронних завдань

О. Д. Федоровський¹, Л. Я. Сіренко²

¹Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, Київ

²Інститут гідробіології НАН України, Київ

Надійшла до редакції 21.09.98

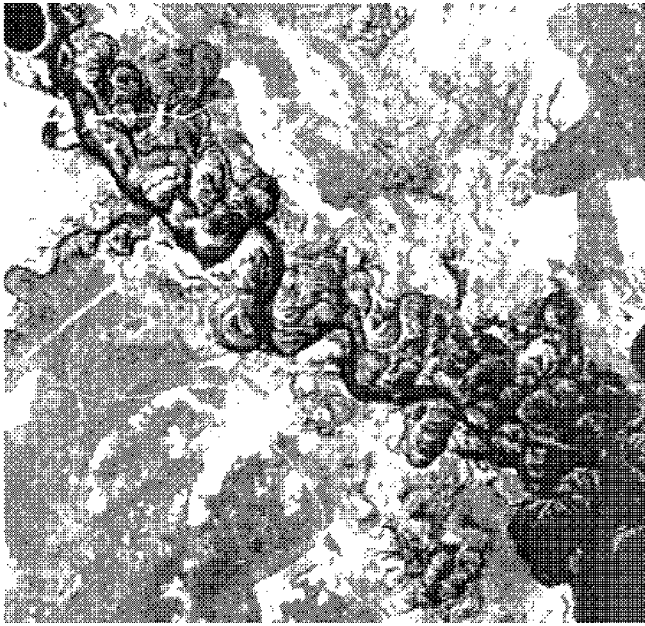
Виконано огляд прикладів практичного використання космічної інформації при розв'язанні різних водоохоронних завдань. Проаналізовані спектральні інформативні ознаки для дистанційної оцінки екологічного стану водних об'єктів, наведено приклади дешифрування космічних знімків.

Пошук ознак та створення алгоритмів, які дозволяють б за даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) контролювати екологічний стан водних об'єктів, постійно провадиться фахівцями. Для цього використовують різноманітні методики обробки космічних даних і встановлюють кореляційні зв'язки між значеннями яскравості на знімках в різних спектральних діапазонах та параметрами стану досліджуваних об'єктів [2]. Багаторічний досвід застосування ряду алгоритмів при дослідженні різних ділянок акваторій свідчить, що внаслідок відсутності банку даних з аерокосмічної типізації водних об'єктів наявні алгоритми не є універсальними. Вони специфічні для конкретної водойми, сезону року, особливостей вегетаційного періоду. При їх використанні потрібна корекція коефіцієнтів регресії для відповідного об'єкта за рахунок наземної верифікації наслідків дистанційних вимірювань й одержання конкретних гідрофізичних та біологічних параметрів досліджуваного середовища [1].

Для ілюстрації згаданого вище розглянемо конкретні приклади аналізу інформативності космічних знімків. Наведені в цій статті знімки водної поверхні були дешифровані за допомогою комп'ютерних методик, в основу яких покладено спеціалізо-

ваний програмний продукт обробки аерокосмоснімків ERDAS IMAGINE, а також оригінальні програми, спеціально розроблені ЦАКДЗ та ІГБ НАН України для вирішення конкретних завдань.

Значний інтерес для оцінки екологічного стану маз космічна інформація про динаміку розвитку процесів переробки берегів і річкового стоку, заростання літоралі й заболочування прилеглих до водоймищ берегових ділянок та гирлових зон, перетворення дельт великих річок, утворення мілин тощо. Найбільш інформативний для цього випадку є спектральний діапазон космічного зондування λ 500—600 нм. На космічному знімку («Spot», квітень 1994 р.) гирла р. Прип'ять (фото) чітко ідентифікуються як русло самої річки, так і багатьох водних об'єктів заплави. Дуже добре видна не лише складність гідрографічної мережі ділянки, але й масштаби її заболочування та заростання вищими водяними рослинами. Це свідчить, з одного боку, про достатньо сприятливі умови для акумуляції та розповсюдження радіонуклідів, що значно забруднили басейн річки під час аварії на ЧАЕС і потрапляють зараз із 30-км зони. З іншого боку, є можливість дослідити динаміку цих складних процесів, дати оцінку якості води й розробити комп'



Космічний знімок гирла р. Прип'ять, одержаний апаратурою супутника «Spot» (квітень 1994 р.)

лекс заходів для знешкодження дії негативних наслідків радіаційного забруднення.

Важливе значення мають космічні знімки для оцінки впливу зарегулювання стоку річок на санітарно-біологічний стан естуаріїв й прилеглих ділянок моря, особливо для таких річок, як Дніпро та Дунай. Так, наприклад, створення Каховського водосховища стало причиною перерозподілу стоку по рукавах складної дельти Дніпра. Зіставлення її знімків в ретроспективі дозволяє виявити суттєві відміни порушення розподілу стоку в різних протоках дельти. Послідовне зіставлення космічних знімків, одержаних в різних гідрологічних фазах, дозволяє визначити деформування русла і рукавів дельти в плані, а також зміни, що відбулись в заплавах водоймах.

Не менш важливе водоохоронне значення мають матеріали ДЗЗ з оцінки стану гідрофізичної мережі в районах посиленої урбанізації. Як відомо, саме водні об'єкти, розташовані в заплавах річок — озера, стариці, протоки, штучні канали та ін., особливо в районах великих й малих міст, відіграють важливу роль не тільки у формуванні ландшафту останніх, утворенні зон рекреації для населення, але і в забезпеченні функціонування гідрографічної мережі регіону.

Контроль за концентрацією й просторовим розподілом забруднень у водному середовищі важливий для установ водоохорони, водокористування та

експлуатації водосховищ. Інформація про перенос зависів, окрім санітарно-біологічного значення, становить також інтерес для вивчення процесів переробки берегів, переформування мілин і зон акумуляції зависей. Аналіз наявних матеріалів свідчить, що для одержання такої інформації можуть бути з успіхом використані багатозональні космічні знімки в оптичному діапазоні спектру.

Аналіз інформації [6] про залежність між параметрами водного середовища, яке містить завислу речовину в різних концентраціях, і її спектральними характеристиками відбиття показали, що, хоч і існує між ними кореляційний зв'язок, ця залежність сильно змінюється від одного водного об'єкта до іншого. Тому одержані на одній водоймі результати можуть бути екстрапольовані на інші водні об'єкти лише після відповідної перевірки й доробки. Це ще раз підтверджує, що використання статистичної регресивної моделі повинно базуватись на дані контрольних наземних вимірювань на спеціально вибраних тестових ділянках водних об'єктів концентрації завислої мінеральної речовини, розміру завислих частинок, вмісту хлорофілу *a*, розчиненої органічної речовини, каламутності і прозорості води по білому диску.

При проведенні районування і класифікації водойм, оцінки їх біопродуктивності та якості води використовують показник трофності. Головним критерієм трофії вважають як рівень розвитку фітопланктону, так і умови, що визначають його [5].

Аналіз даних спостережень [7] свідчить, що для визначення концентрації хлорофілу *a*, характерної для озерних вод, найбільш інформативним є відношення $L_{520\text{нм}}/L_{670\text{нм}}$. На основі спектральних характеристик поглинання світла хлорофілом планктону, зокрема сильного поглинання поблизу $\lambda = 440$ нм та слабкого поблизу $\lambda = 550$ нм, вважають, що відношення $K_{\text{СЯ}_{440}}/K_{\text{СЯ}_{550}}$ і L_{440}/L_{550} будуть дуже чутливими до змін концентрації фітопланктону.

Інформація ДЗЗ про просторове розповсюдження теплових забруднень по водній поверхні, а також термодинамічні процеси, що відбуваються в поверхневих шарах великих водних об'єктів, становить значний практичний інтерес для санітарно-екологічної оцінки стану водойм, а також стає виключно важливою для розробки водоохоронних заходів, спрямованих на компенсацію наслідків теплового забруднення.

Ефективність використання космічної інформації при контролі теплових забруднень полягає в тому, що просторовий розподіл температур фіксується одночасно на площі в десятки і сотні квадратних кілометрів. Це дозволяє уникнути нестационарності

метеорологічних умов, зміни теплового навантаження енергооб'єкта, режимів проточності та інших факторів, що впливають на формування термічного режиму водойм.

Заростаюча частина мілководних ділянок (літоралі) відноситься до важливих інформаційних зон водних екотонів. Ці зони, з одного боку, належать до числа найбільш критичних ділянок з точки зору можливості погіршення екологічної та санітарно-епідеміологічної ситуації в регіоні. З другого боку, ці зони є найбільш інформативними ділянками, контроль за станом яких дозволяє не тільки оцінювати екологічну ситуацію, а й прогнозувати її розвиток [3, 8]. У зв'язку з цим значний інтерес викликає використання космічних знімків водних об'єктів, що дозволяють оперативно отримувати інформацію про зміни гідрологічного режиму, фізикохімічних параметрів, видового і просторового розподілу водної рослинності на великих площах акваторії [1].

Як свідчить наш досвід, космічна інформація має не менш важливе значення і для проведення контролю масштабів повені. Перспективним методом такого аналізу є розгляд різночасових оптичних і радіолокаційних космоснімків.

Розроблені методи й програми дешифрування космічних знімків на прикладі різних ділянок дніпровського каскаду дозволяють не лише визначити динаміку змін параметрів якості та продуктивності водних екосистеми в часі й просторі, але й визначити екологічний стан водних об'єктів, у тому числі за рівнями тривалості, особливостями розподілу зависей; формування термічного режиму, зміну гідрографічної мережі під впливом природних та антропогенних факторів. Ця інформація дозво-

ляє визначити основні напрями природоохоронної діяльності й шляхи практичної реалізації профілактичних або регулюючих заходів.

1. Кондратьев К. Я., Поздняков Д. В. Новое в дистанционном зондировании окружающей среды // Исслед. Земли из космоса.—1996.—№ 1.—С. 107—121.
2. Лялько В. І., Федоровський А. Д., Сіренко Л. Я. та ін. Використання космічної інформації у вирішенні водогосподарських і водоохоронних завдань // Космічна наука і технологія.—1997.—3, № 3/4.—С. 40—49.
3. Макрофиты — индикаторы измененной природной среды / Под ред. С. Гейны, К. М. Сытник, Д. В. Дубына и др. — Киев: Наук. думка, 1993.—58 с.
4. Поздняков Д. В., Кондратьев К. Я. Дистанционное зондирование природных вод в видимом диапазоне спектра // Исслед. Земли из космоса.—1997.—№ 2.—С. 3—24.
5. Руденко Л. Г., Разов В. П., Денисова та ін. Картографічна апробація нових підходів до оцінки якості поверхневих вод України // Укр. географічний журн.—1996.—№ 4.—С. 3—13.
6. Bukata R. P., Jerome J. H., Kondratyev K. Ya. et al. Optical Properties and Remote Sensing of Inland and Coastal Waters. — Boca Raton etc.: CRC Press, 1995.—365 p.
7. Papastergiadou E., Babalonas L. The relationships between hydrochemical environmental factors and the aquatic macrophytic vegetation in stagnant and slow flowing Waters // Arch. Hydrobiol. Stuttgart.—1993.—P. 475—489.
8. Schiebe F. R., Harrington J. A. Remote sensing of suspended sediments: the Lake Chicot, Arcansas project // Int. J. Rem. Sens.—1992.—13, N 8.—P. 1487—1509.

EXPERIENCE ON USE OF SPACE INFORMATION FOR SOLVING WATER PROTECTION PROBLEMS

O. Fedorovsky and L. Sirenko

We review some examples of using space information for solving various problems of water protection. Spectral information attributes for remote assessment of the state of water environment are analyzed. We give some examples of decoding of space images.