

УДК 528.88

М. П. Слободяник

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЗЗ У МОНІТОРИНГУ ТА УПРАВЛІННІ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ

Визначено провідну роль застосування матеріалів ДЗЗ в удосконаленні існуючого моніторингу та прийнятті оперативних управлінських рішень для задач екологічно безпечного водокористування; проаналізовано головні особливості аерокосмічних даних і показано найкращі шляхи їх застосування в водному господарстві.

Ключові слова: дистанційне зондування, водне господарство, моніторинг.

М. П. Слободяник

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЗЗ В МОНИТОРИНГЕ И УПРАВЛЕНИИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Определена ведущая роль применения материалов ДЗЗ в усовершенствовании существующего мониторинга и принятии оперативных управленческих решений для задач экологически безопасного водопользования; проанализированы главные особенности аэрокосмических данных и показано наилучшие пути их применения в водном хозяйстве.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, водное хозяйство, мониторинг.

M. P. Slobodianuk

USE MATERIALS OF REMOTE SENSING IN MONITORING AND WATER MANAGEMENT

The leading role of application of remote sensing materials to improve the existing monitoring and decision-making for operational tasks and environmentally safe water management were defined; the main features of aerospace data were analyzed; and it was shown how to use them in the water industry effectively.

Keywords: remote sensing, water management, monitoring.

Вступ. Ефективне управління водними ресурсами, проблеми раціонального водокористування та оцінки якості води в Україні стають дедалі гострішими.

За даними Міністерства екології та природних ресурсів основними причинами забруднення поверхневих вод є скиди забруднених комунально-побутових і промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через систему міської каналізації; надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води із забудованих територій та сільгоспугідь, а також ерозія ґрунтів на водозабірній площі.

Для вирішення актуальних завдань раціонального та екологічно обґрунтованого водокористування необхідно застосовувати сучасні засоби отримання оперативної інформації про стан водних систем країни. Систематичне одержання такої інформації традиційними методами вимагає значних витрат, а іноді взагалі неможливе. Досвід експлуатації природоресурсних штучних супутників Землі свідчить про перспективність та ефективність застосування методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Вихідні передумови. Теоретично-методичні та прикладні проблеми економіки природокористування, оцінки й управління водними ресурсами та застосуванням

матеріалів ДЗЗ в даному напрямку у різних аспектах досліджувались відомими вітчизняними й зарубіжними вченими як: Абрсімов А. В., Архангельська Ю. М., Анпілова Є. С., Брагинський Л. П., Боголюбов В. М., Варламов Є. М., Волошкіна О. С., Герасимчук З. В., Готинян В. С., Данилишин Б. М., Дворкін Б. А., Іщук О. О., Красовський Г. Я., Лебединський Ю. П., Левківський С. С., Лаврик В. І., Макаровський Є. Л., Осадчий В. І., Попов М. О., Сахаєв В. Г., Степанов В. М., Теліженко О. М., Трофимчук О. М., Хвесик М. А., Яцик А. С., Cloke P. J., Daly H. E., Grigg N. S. та іншими.

Мета дослідження — означити провідну роль застосування матеріалів ДЗЗ в удосконаленні існуючого моніторингу та прийнятті оперативних управлінських рішень для задач екологічно безпечного водокористування; проаналізувати головні особливості аерокосмічних даних і показати найкращі шляхи їх застосування в водному господарстві.

Виклад основного матеріалу. В умовах стабільно високого рівня техногенного навантаження на територію України, все більшого значення набуває розробка та впровадження автоматизованих геоінформаційних систем управління природокористуванням та охороною довкілля, головним завданням яких є підтримка системи моніторингу навколиш-

нього природного середовища, своєчасна інвентаризація джерел забруднення та видача попереднього прогнозу наслідків техногенного навантаження на довкілля, особливо в галузі водних ресурсів.

Можливості описаних вище технологій моніторингу стану водних об'єктів можна суттєво розширити застосуванням сучасних методів дистанційного зондування. За допомогою поєднання можливостей ГС та технологій космічного моніторингу можна організувати безперервний процес актуалізації просторових даних за допомогою дешифрування космічних знімків, їх векторизації, аналізу поточної ситуації в регіоні, прогнозування та пошуку прийнятних управлінських рішень.

Всі дистанційні методи спостережень за навколишнім середовищем можна поділити на активні і пасивні. В основі обох методів лежить взаємодія електромагнітних хвиль оптичного діапазону частот з матеріальними об'єктами і поширення цих хвиль у вакуумі, атмосфері і водному середовищі.

Особливістю пасивних методів є наявність в апаратурі лише приймача оптичного випромінювання. Джерелом випромінювання, що несе інформацію про об'єкт, служить в кінцевому рахунку Сонце. В активних методах апаратура включає не тільки приймач, але й джерело зонduючого випромінювання (сигналу), що посилюється з літального апарату на Землю [8].

На сучасному етапі розвитку техніки дистанційного зондування з космосу використовуються в основному пасивні методи, що вимагають малогабаритної апаратури з помірним споживанням енергії. Використання передавача в активних методах призводить до збільшення розмірів апарату, його маси і необхідної енергії. Однак інформативність активних методів є значно вищою. Носіями апаратури можуть бути різні наземні установки, аеростати, середньовисотні і висотні безпілотні і пілотовані літальні апарати, висотні науково-дослідні ракети, пілотовані космічні літальні апарати і орбітальні станції, штучні супутники Землі.

Пасивні методи. Найпростішим оптичним методом дослідження Землі з космосу є візуальне спостереження. До приладів, що працюють у видимому діапазоні електромагнітного спектра, відносяться різного типу фотографічні камери і телевізійні камери зі спеціальною передавальною електронно-променевою

трубкою. Крім того, для отримання зображення в декількох діапазонах довжин хвиль застосовується багатозональне фотографування. Перевагою цієї апаратури є надійність, хороша роздільна здатність на місцевості, велика інформативність. Недоліки — залежність від хмарності і сонячного освітлення.

До приладів, що працюють за межами видимого діапазону електромагнітного спектру, відносяться інфрачервоні і мікрохвильові радіометри, що вимірюють величину потоку випромінювання, що утворюється відбитою і розсіяною сонячною радіацією і власним випромінюванням земної поверхні і атмосфери в різних діапазонах довжин хвиль.

Інфрачервоні радіометри за своїми перевагами і недоліками подібні з системами, що працюють у видимому діапазоні спектра. Мікрохвильові радіометри мають невисоку роздільну здатність, але їх робота не залежить від погодних умов.

Активні методи. До активних засобів зондування, що посилюють сигнали і реєструють їх відбиття від земної поверхні, відносяться мікрохвильові радари і лідари (лазерні радари). Основними перевагами цих систем є незалежність від погодних умов та освітлення, зондування поверхневих шарів, в тому числі вглиб. Недоліки — невисока роздільна здатність, невеликий масштаб зображення.

Сучасний рівень розвитку аерокосмічних засобів ДЗЗ також дозволяє отримати дані не лише про фотометричні параметри водних об'єктів в широкому спектральному діапазоні з необхідною просторовою роздільною здатністю і періодичністю поновлення інформації, але й оцінювати низку їх санітарно-біологічних характеристик. Водна поверхня при цьому є природним джерелом інформації для визначення як стану водойми в цілому, так і виявлення ряду процесів, що відбуваються у товщі води. Вважається, що найкращих результатів можна досягти при комплексному, синхронному використанні космічних та наземних досліджень, коли дані наземних вимірювань екстраполюються на картосхеми, одержані на основі космічних знімків і навпаки, аномалії, що виявлені на космічних зображеннях стають необхідною базовою інформацією для проведення наземних польових досліджень [9].

Цілком очевидно, що водне господарство — це галузь, в якій використання методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з кос-

мосу і геоінформаційних технологій важко переоцінити.

За допомогою даних ДЗЗ і програмних комплексів по їх обробці можна вирішувати багато важливих завдань, у тому числі такі як [4]:

- інвентаризація водосховищ та інших водних об'єктів;

- постійні спостереження за станом дамб та інших водозахисних та гідротехнічних споруд;

- оцінка екологічного стану водних об'єктів, в тому числі виявлення забруднених в результаті аварійних скидів та розливів шкідливих речовин ділянок водойм, виявлення джерел забруднення;

- вивчення руслових процесів і картографування мікрорельєфу дна на мілководді;

- прогнозування і оперативний моніторинг повеней, моделювання процесів затоплення території в результаті повеней;

- моніторинг стану водоохоронних зон, несанкціонованого будівництва в їх межах промислових і житлових об'єктів;

- вирішення судових спорів, пов'язаних з водокористуванням та порушеннями Водного кодексу України;

- визначення біологічної продуктивності водойм, виявлення водних біоресурсів, вирішення завдань риболовного промислу.

Як видно з наведеного переліку завдань, для їх вирішення, в більшості випадків, необхідно отримувати дані ДЗЗ з космосу постійно, із заданим періодом спостережень.

Підкреслюючи, що окрім цикли моніторингу водних об'єктів можна реалізувати на базі даних ДЗЗ з різних космічних апаратів (КА), відзначимо риси, яким повинна відповідати система моніторингу:

- максимально можлива (бажано щоденна) періодичність зйомки (може досягатися за рахунок особливостей орбіти, відхилення знімальної апаратури від надира, широкої смуги захоплення);

- можливість здійснення зйомки на замовлення, коли замовник визначає конкретний об'єкт і дату зйомки;

- наявність мультиспектральної знімальної системи для якісної оцінки стану водної маси та моніторингу водоохоронної зони.

Таким умовам відповідають такі супутникові системи, як: КА Terra і Aqua з радіометром MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) і група супутників RapidEye [6].

Для вирішення завдань екологічного моніторингу великих водних об'єктів цілком підходять дані, що отримуються з радіометра MODIS, які знаходяться у вільному доступі, безкоштовно і практично в режимі реального часу поширюються Геологічною службою США в мережі Інтернет. Радіометр MODIS має 36 спектральних каналів з 12 бітовим радіометричним розрізненням у видимому, ближньому, середньому і далекому інфрачервоному діапазонах і регулярно виконує зйомку будь-яких територій з просторовим розрізненням 250 м, 500 м і 1 км. Для вирішення завдання оцінки якості води найбільш інформативною є синьо-зелена область спектральних каналів MODIS. Низьке просторове розрізнення обмежує широке застосування даної системи. Вона придатна тільки для моніторингу великих водойм і масштабних процесів, що відбуваються в них, як наприклад, (рис. 1) де видно барвисте цвітіння фітопланктону в певних ділянках Чорного та Азовського моря.

Кращим, на наш погляд, вибором в плані моніторингу буде використання групи супутників RapidEye, що дозволяє виконувати зйомку одного і того ж району Землі з періодичністю 24 год, покриваючи щодня зйомкою територію площею 4 млн. км². Маневреність апаратів, великі площі зйомки, можливість щоденного моніторингу, а також висока просторова роздільна здатність (до 5 м) та широка смуга знімання (77 км) роблять використання даних, отриманих від супутників RapidEye, особливо перспективним для завдань моніторингу в різних галузях, включаючи водне господарство. Знімальні системи супутників, окрім чотирьох традиційних мультиспектральних каналів, мають в своєму розпорядженні ще один — «крайній червоний» (0,69–0,73 мкм), що ще більше розширює можливості застосування цих знімків для моніторингу. Крім того, висока роздільна здатність дозволяє здійснювати моніторинг не тільки водної маси, але і берегових процесів, аж до локальних джерел забруднення. Так, наприклад, під час катастрофічного землетрусу магнітудою 8,8 балів і руйнівного цунамі, що відбулися 11 березня 2011 р. компанія RapidEye оголосила про отримання перших знімків районів Японії, постраждалих від катастрофи. Отримані угрупованням супутників RapidEye (рис. 2) знімки були негайно надані в розпоряджен-



Рис. 1. Знімок акваторії Чорного і Азовського моря виконаний системою NASA/MODIS Rapid Response Team супутника Aqua. 4 червня 2008.



Рис. 2. Район, який постраждав від руйнівного цунамі. Японія, RapidEye. 13 березня 2011.

на урядових агентств Японії для прийняття своєчасних рішень.

Перспективним є комплексний підхід до моніторингу водойм для вирішення практичних завдань із застосуванням даних ДЗЗ.

Як приклад можна розглянути можливість вирішення завдання виявлення основних техногенно спровокованих змін водної маси і водозбору водойми охолоджувача атомної електростанції.

За допомогою даних космічної зйомки високої роздільної здатності, наприклад, з КА GeoEye (просторовий дозвіл в мультиспектральному режимі 1,6 м), вирішується завдання докладної і актуальної фіксації об'єктів і явищ на спостережуваній території, зокрема, чітке визначення положення берегової лінії водосховища у меженний період, точне встановлення майданних і лінійних параметрів водойми, виявлення дрібних за розмірами, але важливих, природних (яри, вимоїни, карстові западини, переліски, луки і т.п.) і антропогенних (кар'єри, ями, смітники, ферми, будови, сади, лісосмути, ставки тощо) об'єктів в межах басейну. Повторювані дані з космічних апаратів середнього розрізнення Landsat і Terra/ASTER, а також низької роздільної здатності (радіометр MODIS) за кілька років дозволять вивчити термічний режим водойми і, на основі цього, створити докладні карти і тимчасові моделі розподілу температур по поверхні водосховища (рис. 3).

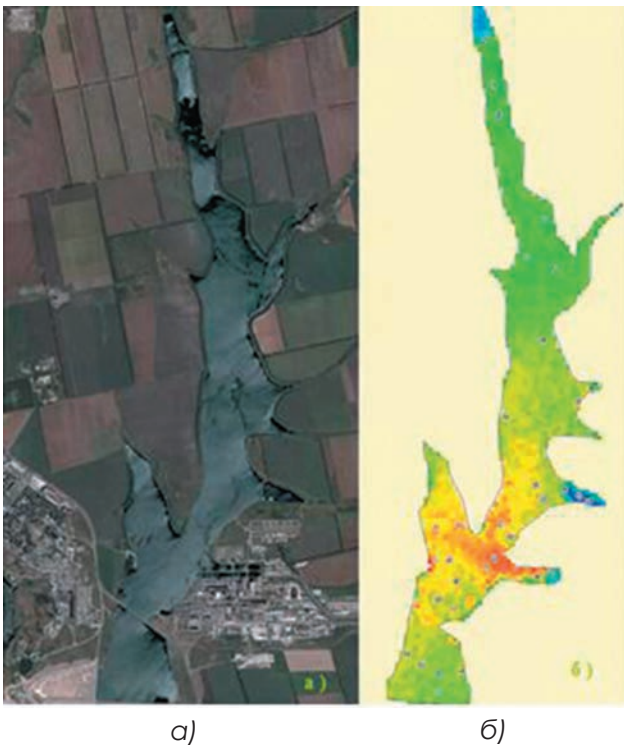


Рис. 3. Ташлицька водойма-охолоджувач Південно-Української АЕС (Україна, Миколаївська область): а — покращене кольорове зображення в природних кольорах з роздільною здатністю 0,6 м на знімку з КА QuickBird від 06.07.2006 р.; б — температурні поля поверхневого шару води, побудовані по тепловому каналу знімка з КА Landsat.

Проаналізувавши рис. 3а, виразно помітно скидання теплих вод у південно-східній частині водосховища, де розташовуються енергоблоки АЕС.

Висновки. Вищевикладені приклади, безумовно, не вичерпують багаті можливості використання технологій ДЗЗ у сфері вирішення різноманітних водогосподарських завдань. Вони ще раз підкреслюють безсумнівну перспективність використання даних ДЗЗ у моніторингу та управлінні водними ресурсами.

А картографічне моделювання отриманих за допомогою дистанційного зондування даних, здійснене на основі геоінформаційного інструментарію, дозволяє не тільки відображати вже відомі просторові закономірності, але й проводити аналіз, виявляти та візуалізувати взаємозв'язки між джерелами забруднення та якістю води, визначати достовірність інформації за джерелами забруднення та виконувати районування за факторами забруднення та якістю поверхневих вод, зокрема при недостатньому обсязі гідрохімічних даних.

Рецензент:
к. геогр. н., проф. А. М. Молочко

Література:

1. Абросимов, А. В. Использование данных ДЗЗ космоса из для мониторинга водных объектов/А. В. Абросимов, Б. А. Дворкин//Геопрофи. — № 5. — 2009. — С. 40–45.
2. Архангельська, Ю. М. Локальна геоінформаційна система «AQUAGIS»/Ю. М. Архангельська//Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. — Т. 15. — 2011. — С. 151–160.
3. Анпілова, Є. С. Інформаційні технології для управління екологічною безпекою вод/Є. С. Анпілова//Монографія — К.: — «Азимут-Україна». — 2013. — С. 22–31.
4. Боголюбов, В. М. Обґрунтування структури геоінформаційної системи управління поверхневим стоком в басейнах малих річок/В. М. Боголюбов, В. І. Лаврик/Екологічна безпека. — № 1. — 2008. — С. 31–35.
5. Всемирная орбитальная группировка космических аппаратов ДЗЗ//Геоматика. — 2008. — № 1. — С. 60–62.
6. Дворкин, Б. А. Новая перспективная группировка спутников RapidEye/Б. А. Дворкин//Геопрофи. — 2009. — № 3. — С. 14–18.
7. Космический мониторинг состояния водных объектов/Режим доступа: — http://www.ntsomz.ru/projects/eco/econews_271108_beta.
8. Мониторинг водных ресурсов/Режим доступа: — <http://www.km.ru/referats/332332-monitoring-vodnykh-resursov>.