

УДК 556+528.88

Томченко О. В.

ДУ Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі
Інституту геологічних наук НАН України

МОНІТОРИНГ СТАНУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ЗАСОБАМИ ГІС/ДЗЗ-ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто використання космічної інформації дистанційного зондування Землі та ГІС-технологій для моніторингу стану водних об'єктів на прикладі Київського водосховища. Описано особливості дешифрування космічних знімків для визначення характеру заростання і розподілу рослинності водойми. Наведено методику виявлення осередків цвітіння синьо-зелених водоростей на основі значень нормалізованого вегетаційного індексу. Визначено способи використання ГІС-технологій для проведення

© О. В. Томченко

гідроекологічних, природоохоронних і водогосподарських робіт. У даному дослідженні для виявлення ділянок "цвітіння" води Київського водосховища нами був використаний вегетаційний індекс, що дав можливість здійснити чітку локалізацію осередків цвітіння синьо-зелених водоростей.

Ключові слова: водні екосистеми, дистанційне зондування, дешифрування знімків, евтрофікація

Вступ. Сучасний рівень розвитку ГІС-технологій і засобів дистанційного зондування Землі дозволяє систематично отримувати та інтерпретувати різнобічну інформацію про стан та окремі характеристики як різноманітних водойм, так і їх водозбірних територій в широкому діапазоні просторового огляду. Застосування аерокосмічних знімків значно розширює можливості проведення гідроекологічних, природоохоронних і водогосподарських робіт. Розроблені методологічні підходи, програми і відповідні алгоритми дозволяють:

- здійснювати інвентаризацію водойм та водотоків, водогосподарських, зрошувальних і зволожувальних меліоративних систем та гідротехнічних споруд, у т.ч. отримувати різномасштабні карти ландшафтів водозаборів та оцінювати ступінь їх антропогенного порушення;

- відслідковувати сингенетичні та екзогенні зміни рослинного покриву, трансформацію ландшафтів;

- визначати біологічну продуктивність водойм, оцінювати біоресурси (запаси фітомаси макрофітів, ступінь розвитку угруповань зоо- і фітопланктону, площі нерестилищ, місць нагулу риб та кормівлі водоплавної птиці тощо);

- виявляти антропогенно спровоковані і природні зміни водної маси (природне та антропогенне евтрофування, зміну прозорості води, загальної мінералізації, наявність суспензій тощо);

- контролювати утворення ділянок теплового забруднення водних об'єктів і виявляти ділянки порушених санітарних зон в районах водозаборів;

- виконувати контроль гідрографічної мережі та споруд на заплавних і призаплавних ділянках, особливо в районах великих міст та в зонах великомасштабного гідротехнічного будівництва;

- визначати інтенсивність і масштаби процесів ерозії і абразії берегів, реєструвати переформування русел річок і відмілин,

заростання гирлових зон та заболочування прилеглих територій;

- оцінювати об'єми та прогнозувати наслідки господарчого впливу на водні об'єкти та їх водозбори (у т.ч. і рекреації);

- відслідковувати шкідливі впливи вод (підтоплення, засолення, катастрофічні паводки) та оцінювати збитки; здійснювати моніторинг та моделювання (в т.ч. з урахуванням гідравліки) процесів затоплення території під час повеней по тривимірним моделям рельєфу;

- здійснювати моніторинг водного і льодового режимів водойм, спостерігати за процесами сніготанення в цілях прогнозування стоку, виконувати контроль льодової обстановки при проходженні паводку на річках;

- оцінювати стан водоохоронних територій, природоохоронних об'єктів та дотримання положень чинного законодавства, регулюючого взаємовідносини людини і природи (положення Водного, Лісового, Земельного Кодексів України);

- здійснювати екологічний моніторинг на базі ГІС-технологій;

- реалізовувати побудову і аналіз гідрологічно коректних цифрових моделей рельєфу (ЦМР).

Спеціальне опрацювання космічних знімків забезпечує отримання декількох видів інформації: карт яскравості і відношення яскравості поверхні водойм з виділенням на них однорідних по яскравості зон, коефіцієнтів спектральної яскравості та цифрові карти. Це дає можливість по кожному космічному знімку створювати декілька тематичних карт різного рівня не тільки акваторій, але й прибережних територій.

Викладення основного матеріалу. Різносторонні дослідження процесів та явищ, що протікають в водоймах України, виконуються відділом системного аналізу ЦАКДЗ під керівництвом Федоровського О. Д. вже багато років, результати яких висвітлені в ряді публікацій [1, 3]. В цій статті ми наводимо декілька наочних прикладів практичного використання космічної інформації ДЗЗ для моніторингу стану водних об'єктів на прикладі штучно створеної водойми – Київського водосховища.

Визначення характеру заростання водойм на основі дешифрування космічних знімків

В даний час функціонує досить велика кількість супутників ДЗЗ, на яких встановлені прилади, що забезпечують

спостереження Землі в оптичному та ІЧ-діапазонах. Програма Landsat є однією з найстаріших по створенню та експлуатації космічних систем дистанційного зондування Землі та містить найтриваліший часовий ряд архівних КЗ. Запуск космічного апарату Landsat-1, здійснений в 1972 р. Безкоштовні дані Landsat-5,7 та 8 поширюються через Інтернет-архів USGS (<http://glovis.usgs.gov/>). Саме тому КЗ Landsat були базовими у наших дослідженнях.

У ході нашого дослідження було використано алгоритм класифікації побудований на штучних нейронних мережах, який складається з наступних етапів: 1) створення «області інтересу» для 7 класів об'єктів; 2) проведення аналізу параметрів кожного класу, внесення зміни, створення навчальних вибірок; 3) виконання класифікації зображення з отриманням підсумкового тематичного растру біотопів дослідної території (рис 1).

Таким чином картосхеми складені за матеріалами аерокосмічних спостережень у різні роки, дозволяють описати зміни у характері заростання водойми за тривалий періоди часу.

Виявлення ділянок "цвітіння" води. «Цвітіння» води (період максимального розвитку водоростей, зазвичай синьо-зелених, в товщі води) – це явище, що може мати як природний характер, так і бути спровокованим антропогенним впливом, зокрема надходженням у водойми забруднених біогенними речовинами комунальних чи сільськогосподарських стоків, мінеральних добрив, синтетичних миючих засобів, тощо. «Цвітіння» води є показником розбалансованих продукційно-диструкційних процесів в екосистемі, підвищення показників її трофності в сторону евтрофікації, що, зазвичай, супроводжується погіршенням якості води, аж до гіперевтрофності, коли збагачення водойми біогенами спричиняє посилені витрати кисню у воді, масове відмирання біоти та різку зміну параметрів екосистеми.

Проявляється «цвітіння» в зміні забарвлення води внаслідок масового розмноження мікроскопічних водоростей. Саме тому методи обробки космічних знімків для виявлення ділянок "цвітіння" води зазвичай базуються на аналізі варіації коефіцієнту дифузного відбивання світла поверхневими і підповерхневими шарами води при збільшенні в них концентрації фітопланктону. Найбільше підходить для спостережень червона область спектру видимого діапазону 600...700 нм та ближній ІЧ-діапазон. Також додатковою дешифрувальною ознакою при ідентифікації

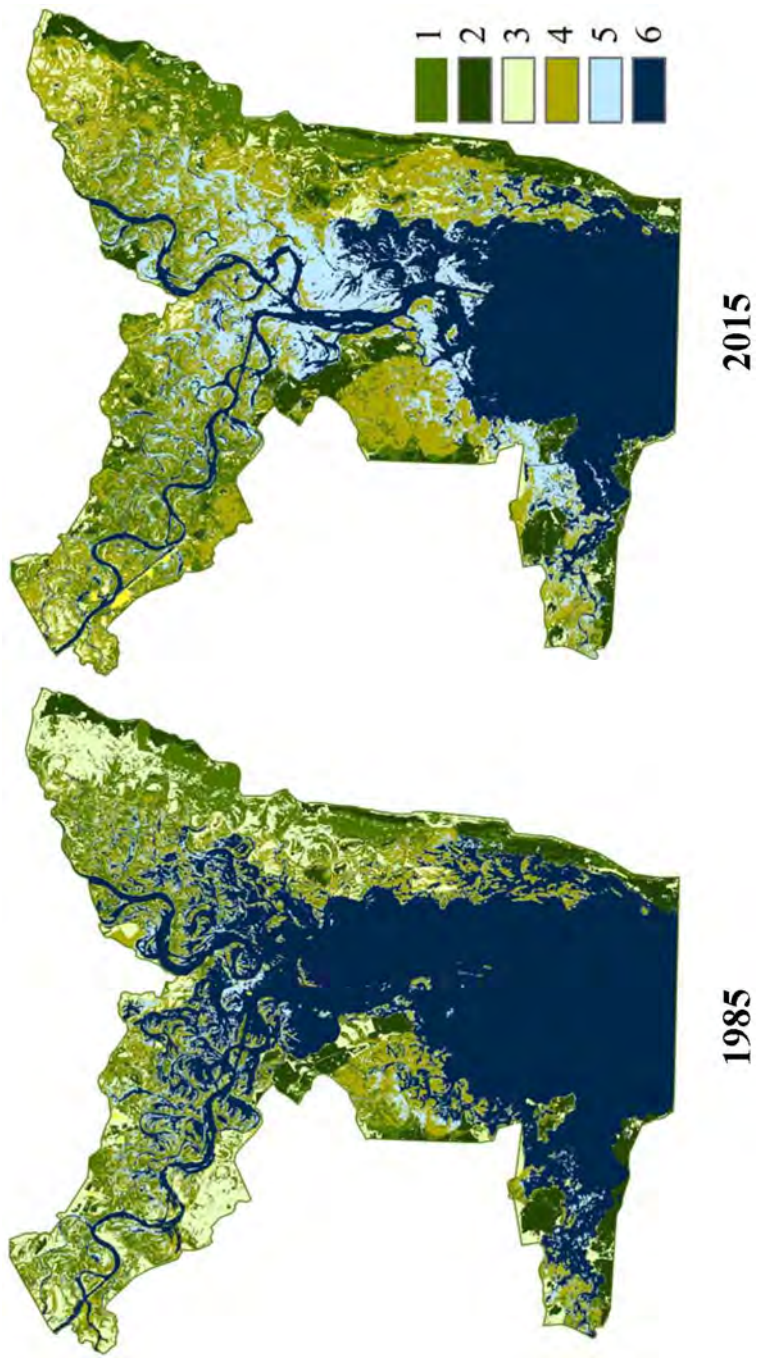


Рис. 1. Дослідження динаміки заростання верхів'я Київського водосховища за матеріалами дешифрування КЗ Landsat (типи біотопів: 1 – заплавні листяні ліси; 2 – хвойні ліси; 3 – заплавні луки; 4 – перезволожені біотопи; 5 – біотопи фіталі; 6 – незарослі гідротопи (водна поверхня)).

"цвітіння" вод може слугувати текстурою зображення, так для ділянок інтенсивного "цвітіння" найчастіше характерна специфічна ниткоподібна текстура [2].

У даному дослідженні для виявлення ділянок "цвітіння" води Київського водосховища нами був використаний вегетаційний індекс, що дав можливість здійснити чітку локалізацію осередків цвітіння синьо-зелених водоростей (рис. 2).

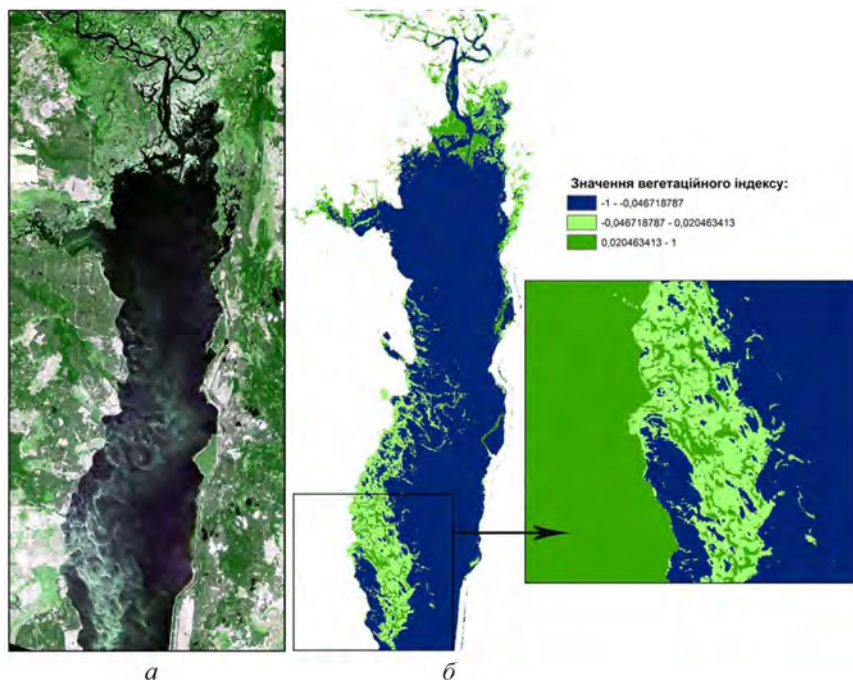


Рис. 2. Дослідження просторового розподілу ділянок цвітіння синьо-зелених водоростей на території Київського водосховища (а – космічний знімок Landsat 8 станом на 13.08.2013; б – розподіл значень вегетаційного індексу у найбільшому осередку "цвітіння" водоростей в районі населених пунктів Козаровичі – Лютіж.

Нормалізований різницевий вегетаційний індекс NDVI – давно відомий, найбільш розповсюджений вегетаційний індекс [4]. Розрахунок NDVI базується на двох найбільш стабільних (незалежних від інших чинників) ділянках кривої спектральної відбивної здатності рослин. Отримані результати дозволять

картографічно відобразити результати наземних спостережень гідрометслужби ЦГО МНС України у 2013 році, які доводять, що якісні та кількісні показники розвитку фітопланктону Київського водосховища у 2013 році досягали максимальних значень у середній (с. Страхолисса) та нижній (с. Нові Петрівці) частинах водойми.

Висновки. Космічні знімки, отримані в різних спектральних діапазонах, виконують роль реальної картографічної основи, яка забезпечує екстраполяцію відомостей, отриманих в результаті наземних і підсупутникових спостережень. Такий підхід при використанні інтегральних інформативних показників відкриває нові можливості для виявлення загальних тенденцій змін, що відбуваються у екосистемах, може скласти основу комплексного моніторингу водойм та їх водозборів на якісно новому рівні і слугувати базою розробки екологічно дружніх методів господарювання.

Рецензент – кандидат географічних наук, доцент С. К. Дрич

Література:

1. Зуб Л. М. Использование космической информации ДЗЗ для изучения зарастания крупного равнинного водохранилища [Текст] / Л. М. Зуб, О. В. Томченко // Гидробиотаника 2015: материалы VIII Всероссийской конф. с международным участием по водным макрофитам (п. Борок, 16–20 октября 2015 г.) ; Федер. агентство науч. орг. России, РАН, ФГБУН, Ин-т биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН. – Ярославль : Филигрань, 2015. – С. 120–123.

2. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій [Текст] / Г. Я. Красовський. – К. : Наукова думка, 2007. – С. 322-329.

3. Методические аспекты дешифрирования космических изображений водных растительных ландшафтов для оценки экологического состояния устьевых участков рек [Текст] / Федоровский А. Д., Сиренко Л. А., Суханов К. Ю., Якимчук В. Г. // Гидробиологический журнал. – 2000. – Т. 36. – №2. – С. 84-94.

4. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS [Текст] / J. W. Rouse, R. H. Haas, J. A. Schell, D. W. Deering // Third ERTS Symposium, 1973. – NASA SP-351:1. – P. 309-317.

О. В. Томченко

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ СРЕДСТВАМИ ГИС/ДЗЗ-ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрено использование космической информации дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий для мониторинга состояния водных объектов на примере Киевского водохранилища. Описаны особенности дешифрирования космических снимков для определения характера зарастания и распределения растительности в водоеме. Приведена методика выявления очагов цветения сине-зеленых водорослей на основе значений нормализованного вегетационного индекса. Определены способы использования ГИС-технологий для проведения гидроэкологических, природоохранных и воднохозяйственных работ.

Ключевые слова: водные экосистемы, дистанционное зондирование, дешифрирования снимков, эвтрофикация.

O. Tomchenko

MONITORING OF WATER ECOSYSTEMS USING GIS/RS- TECHNOLOGY

The current level of GIS technology and remote sensing allow systematically receive and interpret diverse information about the state and the individual characteristics of a water bodies variety and their catchment areas in a wide range of spatial angles. The use of space images significantly extends the capabilities of surveying, environmental and water works.

The usage of the remotely sensed data and GIS – technology for the state monitoring of the water bodies is reviewed on the example of the Kyiv reservoir. The decryption of the features of satellite images for determining the distribution and nature of the vegetation overgrowing the reservoir is observed. The method of the detecting cells of Cyanobacteria algal bloom based on the values of the normalized vegetation index.

Identify ways to use GIS technologies for hydro, environmental and water economy works.

Satellite images obtained in different spectral ranges serve as the actual mapping framework that provides the extrapolation of data derived from observations of terrestrial and undersatellite. This approach is the use of integrated informative indicators opens up

new opportunities to identify general trends in the changes occurring in ecosystems may form the basis of integrated monitoring of water bodies and their catchment areas to a new level and serve as the base of development of environmentally friendly methods of management.

Keywords: water ecosystems, remote sensing, image interpretation, eutrophication.

Надійшла до редакції 22 березня 2016 р.