

Modern hydrographic characteristics of ponds in Ukraine - regional and basin aspects

Khilchevskiy V.K., Greben V.V.

The aim of the study described in the article is to establish the total number of ponds in Ukraine and to analyze the territorial patterns of their distribution in administrative areas, as well as in river basin areas (Dnieper, Dniester, Danube, Southern Bug, Don, Vistula, Crimea rivers, rivers of the Black Sea and rivers of the Azov region), as the main hydrographic units of water management. For the study, cadastral information was used on the ponds of the regional offices of the State Agency for Water Resources of Ukraine as of 2019. It was established that out of the total number of 50793 ponds in Ukraine, many ponds are located in Vinnitsa (10.5%), Dnepropetrovsk (6.5%) and Kiev (6.3%) regions. In river basin districts - 48.5% of ponds are concentrated in the river basin. Dnieper; 19.6% - in the area of the river basin Southern Bug).

According to our research, the vast majority of ponds in Ukraine are very small (up to 2 ha) and small (from 2 to 10 ha) by water surface area. In certain regions of the country, their total share is from 75.1 to 92.6% of the total number of ponds. The proportion of medium-sized ponds (with an area of 10–25 ha) varies from 6.2 to 16.2% in certain regions. Large (with an area of 25–50 ha) and very large ponds (over 50 ha) account for a total of 1.7 to 8.4% of the total number of ponds in certain regions. By the volume of accumulated water, the vast majority of ponds in Ukraine are very small (up to 10 thousand m³) and small (10 to 50 thousand m³). The total share of these two categories ranges from 41.9 - 56.1% in the southern regions to 53.1 - 73.2% - in the northern. The share of ponds average in volume (from 50 to 200 thousand m³) in individual regions ranges from 19.1 to 39.2%. From 7.3 - 11.6% in the northern regions to 12.2 - 20.2% - in the southern regions the total proportion of large (volume from 200 to 500 thousand m³) and very large (from 500 thousand m³ in 1,0 million m³) ponds.

As of 01.01. 2019 in Ukraine 71.7% were owned by territorial communities, 28% were leased out. Most ponds for rent in the Transcarpathian region - 100%. In Rivne region, 55% of ponds are leased, 54% in Cherkasy, and 50% in Volyn. Least of all - in Kherson (2%) and Chernihiv (7%) regions. In order to identify the real state of ponds (both quantitative and qualitative), their recreational role, environmental impact and regulation of the hydrographic network in Ukraine, it is necessary to increase attention to comprehensive monitoring of ponds.

Keywords: pond, region, river basin district, river regulation, Ukraine.

Надійшла до редколегії 13.04.2020

DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.3.3>

УДК 504.062.2: 332.142.6.(477.42)

**Петрушенко Е.С.¹, Хільчевський В.К.¹, Лубський М.С.², Забокрицька М.Р.³,
Зацерковний В.І.¹.**

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка

²Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України", м. Київ

³Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк

ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНОЧАСОВИХ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ГІДРОГРАФІЧНИХ УМОВ В ДЕЛЬТІ ДУНАЮ

Ключові слова: річка Дунай, дельта Дунаю, Кілійське гирло, Сулинське гирло, Георгіївське гирло, Чорне море, геоінформаційні системи і технології, дистанційне зондування Землі, дешифрування космічних знімків.

Актуальність теми. Дунай - одна з найбільших річок Європи (друга після Волги), яка впадає в Чорне море. Тече в межах 19-ти країн, зокрема Німеччини, Австрії, Словаччини, Угорщини, Сербії, Болгарії, Румунії, України (Одеська обл.). В Україні до басейну Дунаю належать також річки Тиса, Прут, Сірет. Довжина Дунаю 2857 км, площа басейну 817 тис. км², загальне падіння 678 м.

Згідно гідрографічного районування території України (2016 р.) серед 9 районів

річкових басейнів виділяється район басейну річки Дунай з чотирма суббасейнами: р. Тиса; р. Прут; р. Сірет; Нижній Дунай [11].

Дельта Дунаю, яка є другою за площею у Європі річковою дельтою (після Волги), стала центром біорізноманіття світового масштабу, важливим місцем гніздування та сезонних скупчень птахів, розмноження цінних промислових та рідкісних видів риб, мешкання багатьох видів земноводних, що охороняються.

Площа дельти становить 5640 км², з яких 77 % розташовано в Румунії і 13 % - в Україні. Вершина дельти знаходиться біля мису Ізмаїльський Чатал (Румунія) за 80 км від гирла, де основне русло Дунаю спочатку розпадається на Кілійське (116 км) і Тульчинське гирла (рукави). Через 17 км нижче за течією Тульчинське гирло розгалужується на Георгіївське (64 км) та Сулинське (71 км) гирла, які впадають у Чорне море окремо. Протяжність дельти постійно збільшується через відкладання наносів (40 м/рік). В 1991 р. дельта Дунаю була включена до списку Світової спадщини ЮНЕСКО.

Дельта Дунаю відіграє важливу роль у самоочищенні дунайської води і зв'язуванні забруднювальних речовин, таких як фосфати, нітрати, пестициди, важкі метали і багато інших [2, 7, 10]. Плавневі ділянки дельти сприяють формуванню родючих ґрунтів, що дає поштовх розвитку сільського господарства та садівництва.

Дельта Дунаю включена також до списку 200 найбільш цінних ділянок Землі Всесвітнього фонду дикої природи (WWF). На її території мешкає понад 4300 видів флори і фауни, багато з яких охороняються як українським, так і міжнародним законодавством.

Дунай має також важливе транспортне значення для країн Європи. Головні українські порти в Кілійському гирлі: Ізмаїл, Кілія, Вилкове. В середині XX ст. береги річки і Придунайських озер були оточені дамбами, а багато заплавних земель і островів перетворено на сільськогосподарські угіддя. Водний режим озер став регульованим. Це призвело до порушення певних функцій дельти, природних процесів, які характерні для подібних природних утворень. Тому дослідження дельти річки Дунай є актуальним завданням.

Мета роботи полягає в дослідженні динаміки гідрографічних умов в дельті Дунаю та аналізі її геоекологічного стану методом дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Виклад основного матеріалу. *Природоохоронний статус території.* Для забезпечення охорони природних комплексів Придунайського регіону, відповідно до Указу Президента України 1998 р. [5] на базі природного заповідника "Дунайські плавні" було створено Дунайський біосферний заповідник, підпорядкований НАН України. Рішенням Міжнародного координаційного комітету програми ЮНЕСКО "Людина і біосфера" в 1999 р. Дунайський біосферний заповідник включено до складу світової мережі біосферних резерватів у складі білатерального румунсько-українського біосферного резервату "Дельта Дунаю" (рис. 1).

Згідно ст. 18 Закону України "Про природно-заповідний фонд України" (1992 р.), правовий режим заповідних зон біосферних заповідників передбачає обмежене використання даної території, зокрема заборону будівництва споруд, шляхів, лінійних та інших об'єктів транспорту і зв'язку, не пов'язаних з діяльністю заповідника, а також проїзду і проходу сторонніх осіб, пересування механічних транспортних засобів.

Водорегулювання в дельті Дунаю. Протягом тривалого часу дельта Дунаю розвивалася природним чином, за своїми певними закономірностями, які не залежали від людини. В море надходила вода, мул, пісок, рослинний детрит, які поширювалися в Чорному морі. Але за останні 100 років почалося втручання людини у природні процеси у гирловій області Дунаю. Зростання населення,

потреба в транспортному сполученні по Дунаю призвели до певних змін самої дельти. Ю.Д. Шуйський [8] характеризує шість значимих водорегулюючих впливів з боку Румунії, які дуже змінили гідрографію та гідрологічні умови дельти Дунаю.



Рис. 1. Біосферний білатеральний резерват «Дельта Дунаю» на території Румунії та України (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DeltaRBDD.jpg>)

Коротко систематизуємо водорегулюючі впливи в дельті Дунаю з боку Румунії, скориставшись роботою [8].

1). *Скорочення довжини Сулинського гирла і збільшення водного стоку по ньому.* Румунія протягом XX ст. майже в 2 рази зменшила довжину Сулинського гирла, а також розширила (на 10-65 м) та поглибила (до 8-10 м) його. Якщо в 1921 р. по Сулинському гирлу скидалося в море 12% дунайської води, то в 2004 р. - вже 20,1%.

2). *Створення судноплавного каналу Дунай-Чорне море, 64 км (Румунія).* У 1980-і рр. на території Румунії збудовано судноплавний канал Дунай-Чорне море, який скорочує шлях по Дунаю на 400 км. Він починається на Дунаї в районі порту Чернаводе і прямує до морського порту Констанца. Щорічно в цей канал йде близько 1,5% дунайської води.

3). *Роботи зі створення умов судноплавства по Георгіївському гирлу.* В останні роки XX ст. Георгіївське гирло було скорочене на 45%, поглиблене і розширене. Планується по Георгіївському гирлу судна спрямовувати з Чорного моря в Дунай, а по Сулинському, навпаки - з Дунаю в Чорне море. Це має суттєво підвищити загальну пропускну здатність у дельті як для румунських суден, так і транзитних - в країни Європи.

4). *Поява ознак відмерлості Старостамбульського гирла на території України.* Після перетворення Сулинського гирла на судноплавний канал при впадінні його річища в море румунською стороною було збудовано дві кількакільметрові захисні шпори, які почали впливати на розвиток

Старостамбульського гирла на території України. З'явилися ознаки відмерлості Старостамбульського гирла, а вода попрямувала в Бистре та Циганське гирла. Цьому посприяв також тектонічний фактор. Обсяг річкової води на виході із Старостамбульського гирла зменшився з 27,2% в 1966 р. до 19,2% в 2003 р.

5). *Будівництво підводної дамби-розгалужувача на розгалуженні Кілійського та Тульчинського гирл*, яка спрямовує воду в Сулинське і Георгіївське гирла. Саме тому в 2003 р. Тульчинське гирло вже вбирало в себе 48,0%, хоча в 1956 р. - лише 37,4% дунайського стоку.

6). *Порушення стоку річкових наносів*. На фоні інтегрального активного впливу румунської сторони на водний стік Дунаю, зменшується надходження наносів в Кілійське гирло (по якому проходить українсько-румунський кордон) - майже на 11% протягом останніх 50 років.

Водорегулюючі впливи в дельті Дунаю з боку України. У зв'язку із замуленням у 1990-і рр. Старостамбульського гирла в Україні було прийнято рішення про будівництво глибоководного суднового ходу (ГСХ) Дунай - Чорне море (довжина 170,36 км) на українській частині дельти Дунаю, реалізація якого розпочалася у 2003 р. Цей транспортний проект передбачає відновлення судноплавства історичним маршрутом через Кілійське та Старостамбульське (Бистре) гирла в дельті Дунаю, яке тривало майже 40 років. З початку своєї реалізації проект наразився на спротив румунської сторони та критику екологічних організацій в Україні відносно впливу на екосистеми Дунайського біосферного заповідника. ГСХ Дунай - Чорне море був відкритий в серпні 2004 р. в режимі експлуатаційно-експериментального суднового ходу. Навесні 2005 р. в результаті потужних паводків на Дунаї за відсутності огорожувальної дамби і днопоглиблювального флоту рух по ГСХ було призупинено. Як повідомлялося у 2018 р., Адміністрація морських портів України (АМПУ) запланувала почати розробку нового техніко-економічного обґрунтування проекту створення ГСХ Дунай – Чорне море, за результатами якого буде визначено найбільш сприятливий варіант створення каналу на українській ділянці дельти Дунаю. Після того, як ТЕО буде готове, Україна поінформує Румунію про заплановану діяльність на прикордонній території [12].

В роботі [9] встановлено, що загальний іонний стік р. Дунай в Чорне море становить $76 \cdot 231 \cdot 10^3$ т/рік. При цьому, Кілійським гирлом виноситься 61%, Георгіївським – 20 %, Сулинським – 19 % солей. А показник іонного стоку всього басейну Дунаю становить 95,2 т/км² на рік.

Досвід використання ДЗЗ для дослідження дельтових систем. Дослідження дельти Дунаю методом дистанційного зондування Землі висвітлювалося в роботі [4]. Аналіз багаторічних матеріалів дистанційного зондування регіону та опублікованих наукових праць показує, що зарегулювання стоку Дунаю та інші антропогенні впливи в басейні призвели до істотних екологічних змін в дельті. Скоротився обсяг водного стоку в дельту і море, а також змінився внутрішньорічний розподіл стоку. Значно послабшала весняна повінь. Ці зміни порушуються лише в роки екстремальної водності.

Слід також відзначити дослідження [3], в якому в якості дешифрувальних ознак було обрано спектральні яскравості відбиваючих поверхонь виділених типів ландшафтних комплексів, отриманих на основі еталонних ділянок, завірених в ході консультацій з експертами-гідробіологами, обізнаними з територією дослідження. Для класифікації знімків Landsat застосовувався класифікатор, побудований на штучних нейронних мережах.

Опис вхідних даних. Безкоштовний сервіс United States Geological Survey (USGS), доступ до якого надається американською науково-дослідною урядовою

організацією, що спеціалізується в науках про Землю, дозволяє отримувати спектросональні знімки, які оновлюються кожен місяць.

Даний метод дозволяє миттєво аналізувати стан використання потрібних для дослідження територій без значних затрат на дешифрування знімків. Landsat – найбільш тривалий проект з отримання супутникових знімків планети Земля. Перший з супутників в рамках програми Landsat був запущений у 1972 р.. Останній Landsat 8 запущено – 11 лютого 2013 р. [1]. Обладнання яке встановлене на супутниках Landsat, постійно оновлює базу знімків. Знімки, отримані цими супутниками, є унікальним ресурсом для проведення багатьох наукових досліджень в галузі сільського господарства, картографії, геології, лісівництва, освіти та ін. Приміром, Landsat 7 постачає знімки у 8 спектральних діапазонах з розрізненістю від 15 до 60 метрів на точку. Періодичність збору даних для всієї планети спочатку становила 16-18 діб. Нами було обрано знімки з Landsat 5 та 7 за 1987 р. - LT05_181028-29_19870628_ATM (рис. 2) та 2017 р. - LC08_181028-29_20170630_ATM (рис. 3) в BSQ-форматі для обробки в ENVI вже з атмосферною корекцією.



Рис.2. Космознімок дельти Дунаю 1987 р.



Рис. 3. Космознімок дельти Дунаю 2017 р.

Методика обробки космознімків. Для окреслення ліній водних об'єктів найкраще використовувати канал NIR (ближній інфрачервоний). Він знаходиться в діапазоні довжини хвилі від 0,76 до 0,9 мкм, а розрізненість в таких знімках 30 метрів. Цей канал розташований у тій частині електромагнітного спектру, де відбита сонячна радіація відіграє значну роль у денний час. З одного боку, підстильна поверхня, що має високу температуру (зони пожеж, вулкани), на цих довжинах хвиль дають значний внесок у сигнал, сформований на супутнику. З іншого боку, водяні краплі з розмірами, які співмірні з довжиною хвиль, що спостерігаються, наприклад, в туманах можуть давати сильний відбитий сигнал. У такий спосіб у каналі NIR сигнал формується частково за рахунок термічної емісії і частково за рахунок відбитого сигналу. Все це вимагає обліку різних факторів при інтерпретації зображень у цьому каналі. Вода, на відміну від багатьох інших типів поверхні, має дуже низький показник відбиття в ньому. Через інтенсивні процеси цвітіння води, часто літні зображення не підходять для окреслення. Особливо це стосується старих зображень Landsat 5 та 7, за рахунок високого рівня шумів.

Декілька зображень дозволяють виконувати оцінку динаміки заростання водойми та зміни її берегової лінії [6].

Для обробки вхідних даних було застосовано програмне забезпечення (ПЗ) ENVI, що створено компанією ESRI. Це одне з найбільш використовуваних середовищ обробки даних дистанційного зондування. Воно підтримує понад 70 форматів даних, включаючи такі як HDF та CDF, типи зображень такі як GeoTIFF та інші. Окрім цього, ПЗ забезпечене функціями доступу до різних серверів через інтернет та різносторонніми інструментами обробки даних. Таким чином, були завантажені космознімки LT05_181028-29_19870628_ATM та LC08_181028-29_20170630_ATM в ПЗ ENVI.

Першим етапом обробки було створення масок русла Дунаю в межах дельти (рис. 4 і 5). Використано інструмент Build Mask (Spectral Subset – B4 (NIR)) зі зміною характеристики Data Max Value = 0,09.



Рис. 4. Маска з космознімку дельти Дунаю, 1987 р.



Рис. 5. Маска з космознімку дельти Дунаю, 2017 р.

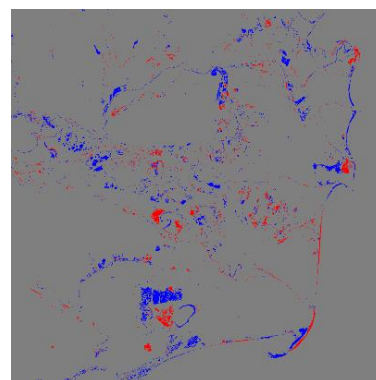


Рис. 6. Зміна водних поверхонь (червоний колір – з'явилася вода, синій – водна поверхня змінилася на іншу)

Першим обрано знімок 1987 р. для відображення минулого стану дельти Дунаю (до активного впливу людини).

Маска знімку дозволяє чітко проявитися наявним водним поверхням, береговим лініям, рукавам дельти Дунаю (див. рис. 4). За такими ж характеристиками створено маску для знімку 2017 р. (див. рис. 5).

Отримані результати дають змогу зробити оцінку довготривалої зміни річкового русла за допомогою функції Change Detection Difference. Initial stage – маска від 1987 р., Final Stage – маска 2017 р. (рис. 6). Створено 3 класи: Water (+); No change; Water (-) – поява води; відсутність змін; зникнення водної поверхні.

Висновки. Проаналізувавши результати дослідження по космознімках за 1987 р. та 2017 р. можемо дійти висновку, що за доволі короткий термін (30 років) відбулися значні зміни на території дельти Дунаю: 1) майже по кожному з русел утворилися озера-стариці, або річка змінила свій шлях; 2) також відчутна господарська діяльність людини - змінилися обриси берегів, на деяких заболочених територіях проведено осушувальні меліорації і їх перетворено на сільгоспугіддя; 3) частина території незаймана – ймовірно, відноситься до заповідного фонду.

Берегова лінія зазнала змін, що можна пояснити створенням там рибних ферм, або підтопленнями земель, тому що спектрально вони співпадають з водною поверхнею.

Що стосується методики роботи з космознімками, то для окреслення об'єктів найкраще використовувати канал NIR (ближній інфрачервоний), який знаходиться в діапазоні довжини хвилі від 0,76 до 0,9 мкм з розрізненістю 30 метрів.

Список літератури

1. Підлипна М.П. Використання даних супутника landsat за допомогою програмного забезпечення ERDAS Imagine для здійснення зонування земель // Молодий вчений. 2016. № 2. С. 125-130. 2. Результати комплексного екологічного моніторингу довкілля під час експлуатації глибоководного суднового ходу р. Дунай – Чорне море у 2017 р. / О.Г. Васенко, Д.Ю. Верніченко-Цветков, А.М. Колесник та ін. / Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення». Харків. 2018. С. 87-91. 3. Стародубцев В.М. Изменение дельты Дуная по данным дистанционного зондирования спутником Ландсат // Аридные экосистемы. 2013. Т.19. № 4(57). С. 86-90. 4. Третяк С.К. Моніторинг гідрографічних об'єктів засобами дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій. Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.24.01. Львів. 2019. 24 с. 5. Указ Президента України від 10.08.1998 №861/98 «Про створення Дунайського біосферного заповідника». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/861/98/> 6. Хижняк А.В., Томченко О.В., Дьяченко Т.М., Федоровський О.Д. Мультифрактальний аналіз складових плавневоліторального ландшафту Кілійського гирла Дунаю на основі космічної і наземної інформації // Екологічна безпека та природокористування. 2017. № 3-4 (24). С. 124-132. 7. Хільчевський В.К. Гідролого-гідрохімічна характеристика середньої і нижньої частини басейну Дунаю // Вісник Київського держ. університету. Серія: Географія. 1990. Вип. 32. С. 29-33. 8. Шуйський Ю.Д. Природні та штучні фактори впливу на дельтову систему Дунаю. Геополітика і екогеодинаміка регіонів. 2007. Вип. 2. С. 76-80. 9. Khilchevskiy V.K. Dissolved load in the Danube Delta (branches Kiliya, Sulina and St. George). Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Rivers and Estuaries of the Black Sea in the Beginning of the 21 Century". Odesa. 2019. P. 155-157. 10. Savitskii V.N., Stets'ko N.S., Osadchii V.I., Khil'chevskii V.K. Content and distribution of some pollutants in Danube water // Water Resources. 1994. 20(4). P. 462–468. 11. Valentyn Khilchevskiy, Vasyl Grebin, Nataliia Sherstyuk. Modern hydrographic and water management zoning of Ukraine's territory in 2016 – implementation of the WFD-2000/60/EC // Electronic book with full papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. Kyiv. Ukraine. 2019. P. 209-223. 12. Україна реанімує будівництво каналу Дунай-Чорне море. 25.10.2018. URL: <https://uprom.info/news/other/infrastruktura/ukrayina-reanimuye-budivnitstvo-kanalu-dunay-chorne-more/>

References

1. Pidlypna M.P. Vykorystannia danykh suputnyka landsat za dopomohoiu prohramnoho zabezpechennia ERDAS Imagine dlia zdiisnennia zonuvannia zemel [Using landsat satellite data with ERDAS Imagine software for land zoning] // Molodyi vchenyi. 2016. № 2. S. 125-130. 2. Rezultaty kompleksnoho ekolohichnoho monitorynhu dovkillia pid chas ekspluatatsii hlybokovodnoho sudnovoho khodu r. Dunai – Chorne more u 2017 r. [The results of comprehensive environmental monitoring during the operation of the deep-water navigable course of the Danube - Black Sea in 2017] / O.H. Vasenko, D.Iu. Vernichenko-Tsvietkov, A.M. Kolesnyk ta in. / Materialy XIV Mizhnarodoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Ekolohichna bezpeka: problemy i shliakhy vyrishennia». Kharkiv. 2018. S. 87-91. 3. Starodubczev V.M. Izmenenie del'ty` Dunaya po danny`m distanczionnogo zondirovaniya sputnikom Landsat [Changes in the Danube Delta from Landsat Satellite Remote Sensing Data] // Aridny`e e`kosistemy`. 2013. T.19. # 4(57). S. 86-90. 4. Tretiak S.K. Monitorynh hidrohrafichnykh obiektiv zasobamy dystantsiinoho zonduvannia Zemli ta heoinformatsiinykh tekhnolohii [Monitoring of hydrographic objects by means of remote sensing of the Earth and geoinformation technologies]. Avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk : 05.24.01. Lviv. 2019. 24 s. 5. Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 10.08.1998 №861/98 «Pro stvorennia Dunaiskoho biosfernoho zapovidnyka» [Decree of the President of Ukraine of 10.08.1998 №861 / 98 "On the establishment of the Danube Biosphere Reserve"]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/861/98/>. 6. Khyzhniak A.V., Tomchenko O.V., Diachenko T.M., Fedorovskyi O.D. Multyfraktalniyi analiz skladovykh plavnevolitoralnoho landshaftu Kiliiskoho hyrla Dunaiu na osnovi kosmichnoi i nazemnoi informatsii [Multifractal analysis of the components of the smooth-vitoral landscape of the Kiel estuary of the Danube on the basis of space and ground information] // Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia. 2017. № 3-4 (24). S. 124-132. 7. Khilchevskiy V.K. Hidroloho-hidrokhimichna kharakterystyka

serednoi i nyzhnoi chastyny basynu Dunaiu [Hydrological and hydrochemical characteristics of the middle and lower part of the Danube basin] // Visnyk Kyivskoho derzh. universytetu. Seriya: Heohrafiia. 1990. Vyp. 32. S. 29-33. **8. Shuiskiy Yu.D.** Pryrodni ta shtuchni faktory vplyvu na deltovu systemu Dunaiu [Natural and artificial factors influencing the Danube Delta system]. Neopolytyka y ekoheodynamyka rehyonov. 2007. Vyp. 2. S. 76-80. **9. Khilchevskiy V.K.** Dissolved load in the Danube Delta (branches Kiliya, Sulina and St. George). Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "Rivers and Estuaries of the Black Sea in the Beginning of the 21 Century". Odesa. 2019. P. 155-157. **10. Savitskii V.N., Stetsko N.S., Osadchii V.I., Khilchevskii V.K.** Content and distribution of some pollutants in Danube water // Water Resources. 1994. 20(4). P. 462–468. **11. Valentyn Khilchevskiy, Vasyl Grebin, Nataliia Sherstyuk.** Modern hydrographic and water management zoning of Ukraine's territory in 2016 – implementation of the WFD-2000/60/EC // Electronic book with full papers from XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. Kyiv. Ukraine. 2019. P. 209-223. **12. Ukraina reanimuie budivnytstvo kanalu Dunai-Chorne more** [Ukraine is reviving the construction of the Danube-Black Sea canal]. 25.10.2018. URL: <https://uprom.info/news/other/infrastruktura/ukrayina-reanimuye-budivnytstvo-kanalu-dunay-chorne-more/>

Застосування різночасових супутникових знімків для моніторингу гідрографічних умов в дельті Дунаю

Петрушенко Е.С., Хільчевський В.К., Лубський М.С., Забокрицька М.Р., Зацерковний В.І.

Дельта Дунаю, яка є другою за площею у Європі річковою дельтою, є центром біорізноманіття світового масштабу. Дельта Дунаю відіграє важливу роль у самоочищенні дунайської води і зв'язуванні забруднювальних речовин. Але за останні 100 років почалося втручання людини у природні процеси у гирловій області Дунаю, зміна гідрографії дельти. Перспективним підходом з отримання актуальної інформації для моніторингу гідрографічних умов та інших компонентів довкілля на території дельти Дунаю є застосування методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Передусім – це тематичний аналіз зображень у різних спектральних діапазонах, отриманих бортовим спеціальним комплексом космічних апаратів ДЗЗ. З їхньою допомогою можна відслідкувати зміни акваторії водних об'єктів.

Ключові слова: річка Дунай, дельта Дунаю, Кілійське гирло, Сулинське гирло, Георгіївське гирло, Чорне море, геоінформаційні системи і технології, дистанційне зондування Землі, дешифрування космічних знімків.

Применение разновременных спутниковых снимков для мониторинга гидрографических условий в дельте Дуная

Петрушенко Э.С., Хильчевский В.К., Лубский М.С., Забокрицкая М.Р., Зацерковный В.И.

Дельта Дуная, которая является второй по площади в Европе речной дельтой, является центром биоразнообразия мирового масштаба. Дельта Дуная играет важную роль в самоочищении дунайской воды и связывании загрязняющих веществ. Но за последние 100 лет началось вмешательство человека в природные процессы в устьевой области Дуная, изменение гидрографии дельты. Перспективным подходом в получении актуальной информации для мониторинга гидрографических условий и других компонентов окружающей среды на территории дельты Дуная является применение методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Прежде всего - это тематический анализ изображений в различных спектральных диапазонах, полученных бортовым специальным комплексом космических аппаратов ДЗЗ. С их помощью можно отследить изменения акватории водных объектов.

Ключевые слова: река Дунай, дельта Дуная, Килийское гирло, Сулинское гирло, Георгиевское гирло, Черное море, геоинформационные системы и технологии, дистанционное зондирование Земли, дешифрирование космических снимков.

Use of various satellite imagery to monitor hydrographic conditions in the Danube Delta

Petrushenko E.S., Khilchevskiy V.K., Lubskiy M.S., Zabokrytska M.R., Zatserkovnyi V.I.

The Danube Delta, the second largest river delta in Europe, is the center of global biodiversity. The Danube Delta plays an important role in the self-purification of the Danube water and the binding of pollutants. But over the past 100 years, human intervention has begun in natural processes in the estuary of the Danube, a change in the hydrography of the delta. To ensure the protection of natural complexes of the Danube region, in accordance with the Decree of the President of Ukraine in 1998. The Danube Biosphere Reserve, subordinate to the National Academy of Sciences of Ukraine, was created on the basis of the Danube Plavni Nature Reserve. By the decision of the International Coordinating Committee of the

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 3 (58)

UNESCO Program "Man and the Biosphere" in 1999 The Danube Biosphere Reserve is included in the global network of biosphere reserves as part of the bilateral Romanian-Ukrainian biosphere reserve "Danube Delta". According to Article 18 of the Law of Ukraine "On the Nature Reserve Fund of Ukraine" (1992), the legal regime of protected areas of biosphere reserves provides for the limited use of this territory, in particular the prohibition of the construction of structures, roads, linear and other transport and communication facilities not related to the activity of the reserve, as well as the passage and passage of unauthorized persons, the movement of mechanical vehicles.

A promising approach in obtaining relevant information for monitoring hydrographic conditions and other environmental components on the territory of the Danube Delta is the use of remote sensing methods of the Earth (ERS). First of all, this is a thematic analysis of images in various spectral ranges obtained by an onboard special complex of remote sensing spacecraft. With their help, you can track changes in the water area of water bodies. After analyzing the results of satellite imagery research for 1987 and 2017, we can conclude that in a fairly short period of time (30 years), significant changes occurred on the territory of the Danube Delta: 1) old lake formed in almost every channel, or the river changed its way; 2) also tangible economic activity of a person - the outlines of the shores have changed, drainage reclamation has been carried out in some wetlands and they have been converted into farmland; 3) part of the territory is untouched - probably refers to the reserve fund. The coastline has changed, which can be explained by the creation of fish farms there, or the flooding of land, since they coincide spectrally with the water surface.

As for the technique of working with satellite images, it is better to use the NIR (near infrared) channel, which is in the wavelength range from 0.76 to 0.9 μm with a discontinuity of 30 meters, to determine objects.

Keywords: Danube River, Danube Delta, branches Kiliya, Sulina and St. George, geographic information systems and technologies, remote sensing of the Earth, interpretation of satellite images.

Надійшла до редколегії 08.04.2020