

УДК 504.064.3:282.243.7

О. Г. Васенко, канд. біол. наук, **М. Л. Лунгу**, **Н. В. Мельникова**
(УкрНДІЕП)

Т. О. Клочко

(Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»)

ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ КОМПЛЕКСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНСЬКОЇ ЧАСТИНИ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ

Наведені результати моніторингових досліджень в районі Нижнього Дунаю за низкою напрямів: гідрологія, гідрохімія, гідробіологія. Проведено екологічну оцінку якості води української частини р. Дунай. Проаналізовані космічні знімки району досліджень, дана оцінка процесів дельтоутворення.

Ключові слова: моніторинг, дельта Дунаю, транскордонний вплив, гідрологічні процеси, якість води.

З метою оцінки впливу робіт з відновлення та експлуатації глибоководного суднового ходу (ГСХ) Дунай — Чорне море програмою моніторингу у 2013 р., як і у попередні роки, були передбачені такі основні види робіт:

- проведення та обробка результатів регулярного гідрологічного та гідрохімічного моніторингу на пунктах фонових спостережень, в районі виконання гідротехнічних робіт та в зоні можливого впливу ГСХ Дунай — Чорне море на навколишнє природне середовище;
- проведення та обробка результатів контрольних вимірів якості води та донних відкладів при проведенні днопоглиблювальних робіт на морському підхідному каналі ГСХ та у районі морського відвалу ґрунту;
- оцінка кумулятивних впливів судноплавства на стан наземних та водних екосистем;
- оцінка стану акваторій, що використовуються для нересту риб та для гніздування і харчування птахів;
- проведення комплексних експедиційних обстежень якості вод та стану компонентів навколишнього природного середовища. Комплексні експедиційні обстеження включають гідрологічні,

гідрохімічні та гідробіологічні дослідження морської частини ГСХ, а також прибережних екосистем на території Дунайського біосферного заповідника;

- моніторинг стану іхтіофауни, оцінка негативного впливу на рибні ресурси при експлуатації ГСХ Дунай — Чорне море;
- щоквартальні розрахунки збитків, заподіяних водному середовищу і рибним запасам, та розміру компенсаційних платежів; оцінка залишкової ґрунтоємності гідровідвалів (морського тощо).
- моніторинг рослинних та тваринних угруповань берегової лінії та плавнів Дунайського біосферного заповідника при експлуатації ГСХ Дунай — Чорне море;
- аналіз та узагальнення результатів спостережень, розробка прогнозів зміни стану навколишнього природного середовища; оцінка можливого транскордонного впливу експлуатаційних днопоглиблювальних робіт та судноплавства;
- розроблення рекомендацій щодо попередження та мінімізації впливів експлуатації ГСХ на навколишнє природне середовище, у т. ч. у транскордонному контексті.

Основна увага у процесі моніторингових робіт була спрямована на відстеження впливів (прямих та опосередкованих) експлуатаційного днопоглиблення в районі морського підхідного каналу на екологічний стан узмор'я, а також інших факторів природного і антропогенного характеру, що формують ситуацію в досліджуваному регіоні (гідрологічний режим, об'єми стоку води та наносів, гідрохімічний режим стоку Дунаю, динаміка морського краю дельти, розвиток груп кормових організмів риб тощо). Контролю також потребували питання стану прилеглих до району проведення робіт водних і прибережних екосистем Дунайського біосферного заповідника, а також отримання необхідної інформації щодо транскордонних впливів у відповідності до вимог Конвенції Еспоо, зокрема визначених Комісією за запитом як «імовірно значні негативні транскордонні впливи».

До виконання робіт головним виконавцем (УкрНДІЕП Мінприроди України) були залучені такі організації: Дунайська гідрометеообсерваторія (ДГМО), Одеський центр Південного НДІ морського рибного господарства та океанографії (ОдЦПівденНРО), Державне

підприємство «ЧорноморНДІпроект», Дунайський біосферний заповідник НАНУ (ДБЗ), Український науковий центр екології моря (УкрНЦЕМ), науково-виробниче об'єднання «Авіа».

Стисла гідрологічна та гідрохімічна характеристика. За даними ДГМО, за 10 років (2004-2013 рр.), які минули з часу початку робіт з відновлення ГСХ через рукав Бистрий, основні тенденції динаміки гідрографічної мережі дельти Дунаю не змінилися. Як і раніше, головною причиною процесу перерозподілу стоку на користь Тульчинської системи рукавів є наслідки випрямлення Георгіївського рукава. Спрямованість розвитку рукавів Кілійської дельти також не змінилася: в більшості з них, за виключенням Бистрого та Циганського, продовжується зменшення стоку води і наносів. Днопоглиблювальні роботи на баровій частині рукава Бистрого, що відбуваються в умовах загального зменшення стоку Кілійської системи рукавів, сприяють стабілізації витрат води по рукаву Бистрому, але не мають ніякого транскордонного впливу.

Аналіз матеріалів спостережень за динамікою морського краю дельти (МКД) за період 2012-2013 рр. вказує на посилення ерозійних процесів у районі північних кіс Кілійської дельти (Таранова, Потапівська) та в гирлі рукава Потапівського. Відступ МКД на окремих ділянках пов'язаний перш за все з дефіцитом річкових наносів, що надходять зі стоком Очаківського рукава. Середня і південна частини Кілійської дельти в основному продовжили висування у 2013 р. Така тенденція обумовлена відносною стабільністю стоку крупних водотоків Старостамбульської системи рукавів за останні десятиліття.

2013 рік був багатоводний, з тривалою повинню у першому півріччі та зниженням рівнів у другому. За період з початку ХХІ століття на Дунаї визначені вже шість екстремальних гідрологічних явищ. При цьому під час повені та паводків практично по всій довжині Дунаю — від його витоку до гирла — перевищені історичні максимуми рівнів води за більш ніж 150-річний ряд спостережень, причому на деяких ділянках — двічі. Ці явища свідчать про кліматично обумовлене збільшення мінливості гідрологічних процесів у басейні Дунаю.

Зміни гідрохімічного режиму р. Дунай в дельтовій частині залежали, в основному, від параметрів гідрологічного режиму — водності

і температури, а також надходження завислих речовин з поверхневим стоком.

На українській частині р. Дунай у звітному періоді спостерігалися перевищення:

- ГДК_{к.пб.} (комунально-побутове) — за такими показниками забруднення: БСК та ХСК (на ділянках можливого використання річкової води для питних потреб); феноли; залізо загальне;
- ГДК_{р.г.} (рибогосподарське) — за такими показниками забруднення: БСК; нітрити; феноли; залізо загальне; марганець та цинк, завислі речовини.

Перевищення ГДК спостерігались починаючи з транскордонної ділянки (пункт спостережень — р. Дунай, 71 миля, вище м. Рені). Саме на цій ділянці річки спостерігаються найвищі рівні забруднення та максимальні рівні перевищень ГДК.

За даними УкрНДІЕП, забруднення вод р. Дунай металами мало такі характеристики:

- вміст заліза перевищував значення як ГДК_{р.г.}, так і ГДК_{к.пб.} протягом усього року на усіх пунктах спостереження; залізо має найбільші перевищення з досліджуваних металів;
- вміст марганцю та цинку також перевищував ГДК_{р.г.} на усіх пунктах спостереження без перевищень ГДК_{к.пб.};
- вміст нікелю мав епізодичні перевищення ГДК_{р.г.} до 2,5;
- за результатами контрольної перевірки вмісту миш'яку перевищень ГДК не виявлено.

За результатами аналітичного огляду даних моніторингу найбільше забруднення річкової води за гідрохімічними показниками спостерігалось на транскордонній ділянці у пункті спостережень р. Дунай, 71 миля.

Донні відклади на досліджуваній ділянці містять усі досліджувані метали; за умовних порівнянь середні концентрації металів на даній ділянці річки знаходились у межах нормативів для ґрунтів, що діють в Україні.

Співставлення результатів моніторингу з рекомендованими міжнародними нормами TNMN і JDS щодо вмісту цинку, міді, нікелю та миш'яку показують, що у воді та донних відкладах перевищень нормативів у 2013 році не спостерігалось.

Результати гідробіологічних досліджень. Дослідження стану гідробіологічних угруповань фахівцями УкрНДІЕП проводились у весняний (травень), літньо-осінній (вересень) та осінньо-зимовий (листопад) періоди 2013 року.

Проби відбирались по трасі ГСХ Дунай — Чорне море на русловій частині, проводилось вимірювання температури води, прозорості за диском Секкі, розчиненого кисню.

У 2013 році у складі фітопланктону української ділянки р. Дунай було виявлено 205 видів водоростей. Протягом року в усіх досліджених ділянках річки за кількістю видів переважали діатомові водорості, на другому місці — зелені хлорококові. Таким чином, загальне флористичне різноманіття фітопланктону було представлене діатомово-хлорококовим комплексом. У листопаді зелені водорості були представлені незначною кількістю видів, тому загальне флористичне різноманіття фітопланктону у цей період представлено діатомовим комплексом.

Спостерігалось зниження загальної кількості видів водоростей у листопаді в порівнянні з вереснем і травнем, насамперед за рахунок зелених водоростей. Більшість виявлених видів, особливо у нижніх створах, належало до прісноводно-солонуватоводних.

Біомаса фітопланктону на окремих ділянках в різні сезони відносилась за класифікацією О. П. Оксіюк зі співавторами [1] до градацій від «дуже низької» до «середньої», а за усередненими показниками — до «нижче середньої». Це дозволяє віднести воду дослідженої ділянки Дунаю за категорією трофності до мезотрофного класу. В цілому кількісні показники розвитку не виходили за межі коливань за роки спостережень.

Індекси сапробності коливались від 1,24 до 1,96 (в середньому 1,67), що відповідало β' -мезосапробній зоні, II класу, 3 категорії якості вод («добрі», «досить чисті»). Значення індексів видового різноманіття в середньому становили 2,77 біт/екз. за чисельністю, 2,58 біт/мг за біомасою і їх коливання за різними пунктами та сезонами в цілому відповідали динаміці показників кількісного розвитку.

У різні сезони угруповання зоопланктону р. Дунай нараховувало 19 (травень), 31 (вересень), 15 (листопад) видів; у цілому за 2013 рік визначено 55 таксонів, не враховуючи личинкових стадій копепод

(у травні і вересні). Кількість видів у листопаді виявлена низькою, але дані вересня 2013 року свідчать, що багатство видового складу зберігається на рівні попередніх років досліджень. Кількісні показники розвитку зоопланктону були вище у травні, знижувались у вересні і були вкрай низькими в листопаді, але змінювались у межах середньостатистичних показників.

Щодо сапробіологічної ситуації: в травні вода р. Дунай відповідала категорії «слабко забруднених вод», а восени вона за показниками зоопланктону в останні роки не змінювалась і відповідала категорії «достатньо чисті» води і «доброму стану» вод.

Видовий склад макрозообентосу на русловій частині у 2013 р. налічував 25 видів донних безхребетних, що належали до 9 систематичних груп. У видовому складі домінували представники типу молюсків.

За результатами спостережень, виконаних Дунайським біосферним заповідником, у 2013 році біомаса макрозообентосу в рукаві Бистрому сягнула рекордної за всі роки спостережень величини — вдвічі перевищила багаторічну середню за рахунок молюсків (96,4%), одночасно спостерігалось зменшення частки всіх інших груп безхребетних.

Загальна біомаса бентосу в акваторії барової частини рукава Бистрого перед дамбою в порівнянні з 2012 роком залишалась досить високою. Збільшення біомаси молюсків з минулорічних 11,0% до 24,2%, біомаси олігохет з 1% до 11,0%, а також зменшення долі понто-каспійських ракоподібних до 24,6% від минулорічних 57% є свідченням, що на цій ділянці умови стали більш стабільними в порівнянні з попередніми роками, тому що на дні почали утворюватися умови для закріплення олігохет та молюсків. Кількість двокрилих майже не змінилася, а повна відсутність поліхет свідчить про те, що більшість часу акваторія перед дамбою знаходиться в опрісненому стані.

У цілому по пунктах досліджень спостерігалися значні коливання показників угруповання макрозообентосу за кількістю видів, за видовим складом і кількісними показниками розвитку, як і у попередні роки. Це свідчить про неоднорідність місць мешкання і нестабільність умов існування бентосних організмів і, відповідно, мозаїчність їх розташування, що обумовлено, в першу чергу, природ-

ними факторами (структура ґрунтів, швидкість течії тощо). Оцінка сапробності за організмами бентосу не проводилась внаслідок недостатньої присутності в пробах видів — індикаторів сапробності.

Узагальнюючи матеріали досліджень 2013 року можна зазначити, що помітних порушень у стані екосистеми р. Дунай за біологічними показниками не виявлено.

Отримані значення концентрацій хлорофілу «а» відповідали у середньому мезотрофним водам (у середньому за травень — мезотрофним водам, а у середньому за вересень — оліго-мезотрофним).

Екологічна оцінка якості води української частини Дунаю. Оцінку екологічної ситуації української частини Дунаю у 2013 році проведено за даними гідрохімічного моніторингу, що отримані під час регулярних спостережень ДГМО, та власних експедиційних досліджень.

Для екологічної оцінки якості вод української ділянки р. Дунай застосована класифікація вод за відповідними категоріями і класами, що діє в Україні [2].

Оцінювання за даною методикою передбачає визначення однієї з семи категорій якості води за розрахованими інтегральними індексами, а також класу якості. Безпечний стан водних об'єктів за екологічною класифікацією характеризують 1-3 категорії якості води.

Для розрахунку категорій якості води обчислені середньорічні значення показників за ключовими пунктами спостереження та для всієї ділянки. Комплекс показників екологічної класифікації якості поверхневих вод включає загальні та специфічні показники. Визначення екологічної оцінки якості води української частини дельти Дунаю проводилося за трьома групами показників:

- компоненти сольового складу (сума йонів, хлориди, сульфати);
- показники трофо-сапробіологічного стану (завислі речовини, рН, розчинений кисень, азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, фосфор фосфатів, БСК₅, ХСК, перманганатна окислюваність);
- специфічні речовини токсичної дії (важкі метали, нафтопродукти, СПАР, феноли).

За кожною групою показників обчислені значення блокових індексів (I_c , I_{T-c} , I_T). Індекс загальної екологічної оцінки ($I_{\text{заг}}$) є середнім

значенням блокових індексів. Середньоарифметичне значення найбільших з кожного блоку категорій є екологічним індексом, визначеним за найгіршими показниками ($I_{\text{заг-макс}}$). Значення індексів екологічної оцінки, на відміну від категорій якості за окремими показниками, можуть бути дробовими. Відповідність дробових значень певним категоріям якості води, вираженим цілими числами, визначається за такою схемою: 1-й категорії якості вод відповідають значення обчислених індексів 1,0...1,4; 2-й категорії — 1,5...2,4; 3-й — 2,5...3,4; 4-й — 3,5...4,4; 5-й — 4,5...5,4; 6-й — 5,5...6,4 та 7-й — 6,5...7,0.

У цілому по українській частині річки Дунай оцінювання за індексами загальної екологічної оцінки у 2013 році виявило такі результати:

- за середніми значеннями показників ($I_{\text{заг}}$) якість води відноситься до категорії «добра» для визначення екологічного стану та «досить чиста» для визначення ступеня забрудненості;
- за найгіршими значеннями показників ($I_{\text{заг-макс}}$) якість води відноситься до категорії «посередня», а для визначення ступеню забрудненості — «помірно забруднена» (рис. 1).

Базуючись на результатах розрахунків індексів екологічної оцінки якості води української частини дельти Дунаю можна зробити такі висновки:

- за середніми значеннями показників ($I_{\text{заг}}$) стан води р. Дунай в 2013 році відповідає II класу якості води і може бути оцінений як «добрий» для визначення екологічного стану та «чистий» для визначення ступеня забрудненості;

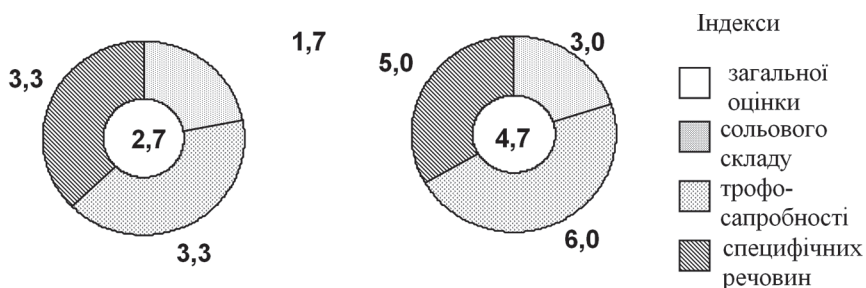


Рис. 1. Інтегральні показники якості води дельти Дунаю в 2013 р.:
 а) за середніми значеннями показників; б) за найгіршими значеннями показників.

- значення блокових і загального індексів, обчислених за середніми річними показниками, не виходять за межі 3 категорії II класу екологічної класифікації якості поверхневих вод, яка характеризує безпечний стан водного об'єкта;
- за найгіршими значеннями показників якості води р. Дунай епізодично впродовж року погіршувалась до оцінки «задовільний» для визначення екологічного стану та «слабо забруднені» для визначення ступеня забрудненості води;
- найбільший вплив на екологічну оцінку мали вміст біогенних речовин та важких металів.

Аналіз динаміки руслових процесів і завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря із застосуванням космічних зйомок 2010-2013 рр. Для виконання робіт були залучені знімки з космічних апаратів Landsat 5 та Landsat 8. Вибір знімків КА Landsat обумовлений їх доступністю та можливістю використання всього набору спектральних каналів як для надійної візуальної ідентифікації водних об'єктів, так і для автоматичної обробки спеціалізованим програмним забезпеченням.

Для аналізу була створена база даних космічних знімків:

Landsat 5 — 11.06.2010 р., 14.08.2010 р., 01.10.2010 р., 16.07.2011 р., 17.08.2011 р., 20.10.2011 р.;

Landsat 8 — 18.05.2013 р., 27.05.2013 р., 27.05.2013 р., 12.06.2013 р., 28.06.2013 р., 05.07.2013 р., 21.07.2013 р., 30.07.2013 р., 06.08.2013 р., 15.08.2013 р., 22.08.2013 р., 31.08.2013 р., 16.09.2013 р., 05.12.2013 р.

Аналіз космічних знімків за період 2010-2013 рр. показав наявність змін у дельтоутворенні р. Дунай. За рахунок переважання процесів акумуляції або розмиву на окремих ділянках відбулися зміни берегової лінії (рис. 2-4).

Найбільш значні зміни відбулися:

- в районі затоки Перебійна, де утворилася нова коса;
- між гирлами Очаківське і Прорва та між затоками Шабаш і Таранів у розташуванні кіс, що відділяють затоку Таранів від Чорного моря;
- між гирлами Бистре і Восточне в розмірах та положенні острова Пташиний;

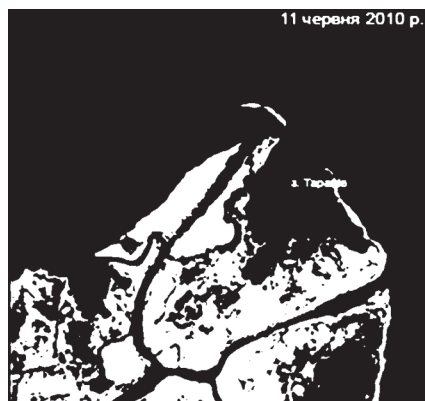


Рис. 2. Зміна берегової лінії та кіс у районі Жебриянської затоки.

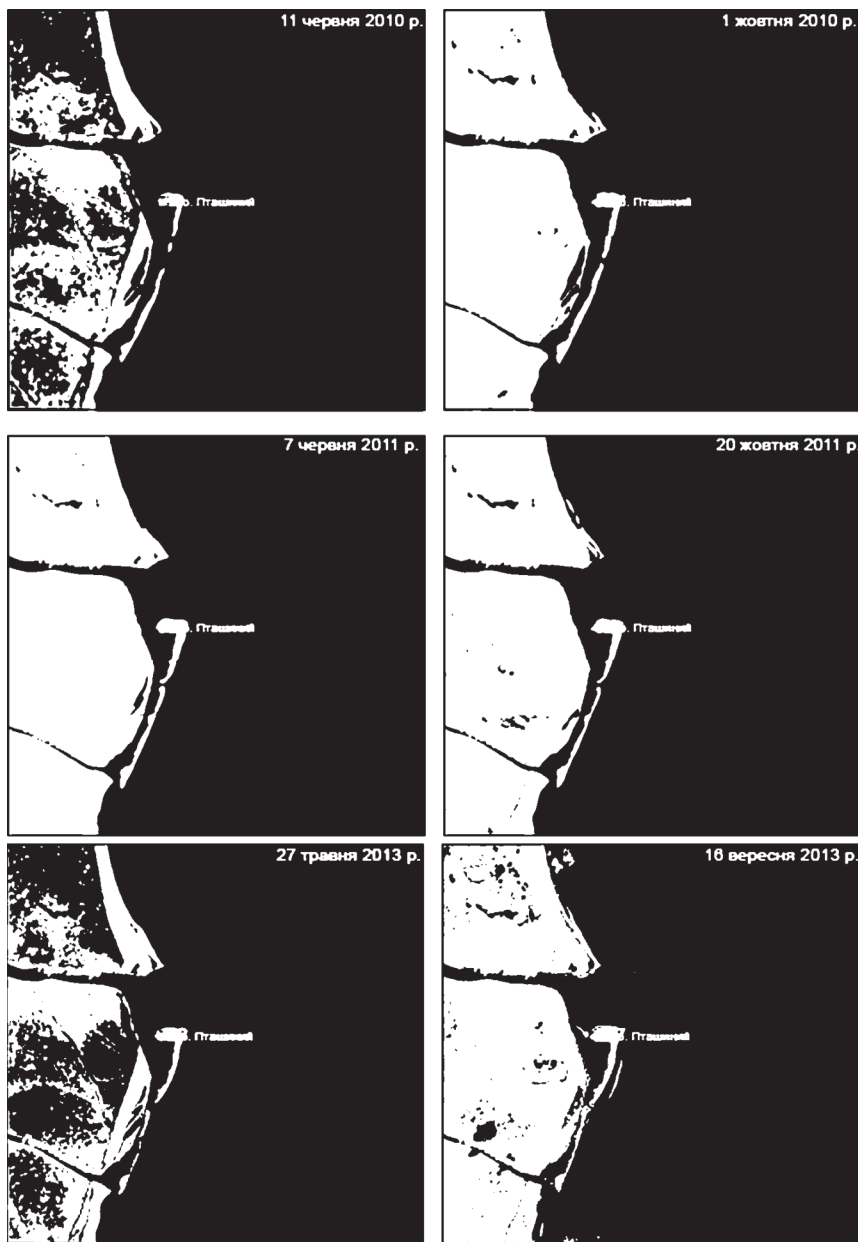


Рис. 3. Зміна конфігурації берегів острова Пташиний.

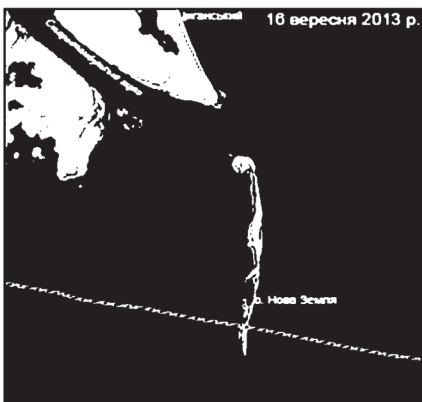
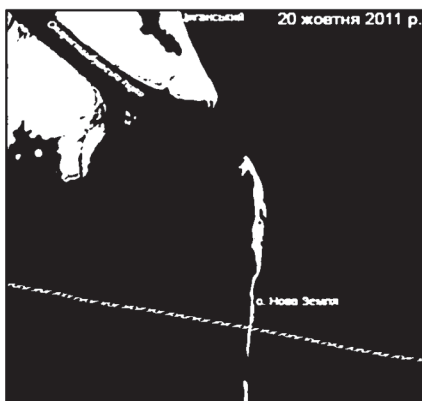
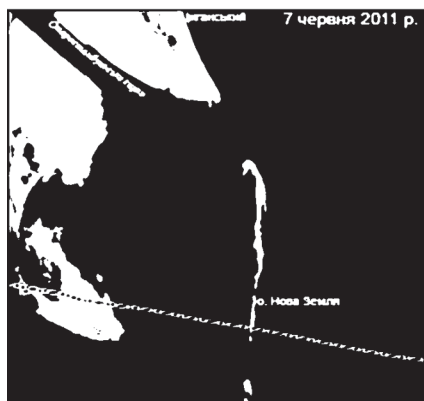
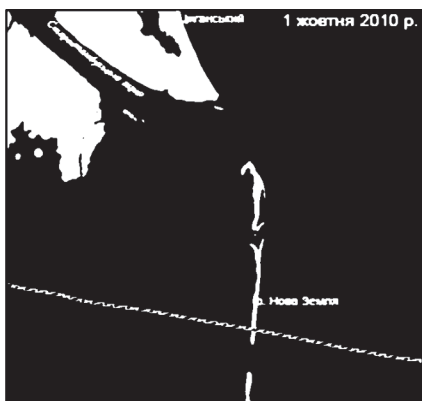
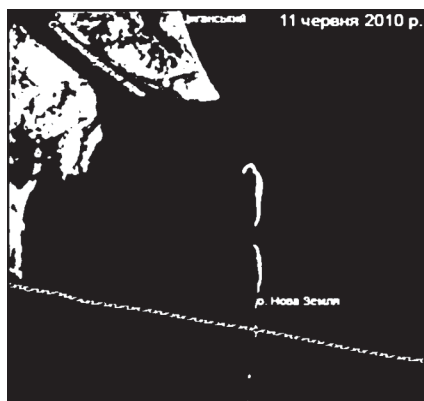


Рис. 4. Зміна конфігурації берегів острова Нова Земля.

- між гирлами Старостамбульське та Сулінське в структурі поверхні розмірах та положенні острова Нова Земля.

Аналіз розподілу завислих речовин західної частини акваторії Чорного моря в районі дельти р. Дунай показав таку динаміку:

- в області основного потоку кожного з гирл Дунаю спостерігаються зони максимального ступеня каламутності. Структура поля каламуті має вихровий вигляд з освітленням у бік моря;
- загальний напрям виносу завислих речовин південний, але в окремі терміни уздовж берегова течія зносить їх у північному напрямі;
- у весняний період спостерігалась нестабільна ситуація у розповсюдженні завислих речовин по площі та концентрації. Максимум концентрації (понад 200 мг/л) припадає на початок травня;
- влітку максимальна зона розповсюдження спостерігалась наприкінці червня, максимальні концентрації завислих речовин — на початку липня;
- восени та взимку винос з гирл устя Дунаю переважно має невисоку концентрацію завислих речовин з незначним розповсюдженням у східному напрямку;
- у зоні морського відвалу ґрунту зафіксована точкова аномалія вмісту завислих речовин — лише 16 вересня (ймовірно, у момент космічної зйомки був проведений скид ґрунту).

Висновки

На екологічний стан р. Дунай та придунайського узмор'я у 2013 році найбільше вплинули фактори, пов'язані з кліматичними та гідрологічними особливостями року (тривала повінь з низькою температурою води у першій частині року та низький рівень води в Дунаї у другому півріччі).

Результати гідробіологічних досліджень 2013 року свідчать про відсутність помітних порушень у стані екосистеми р. Дунай за біологічними показниками. Індекси сапробності планктонних угруповань, головним чином, відповідали β' -мезосапробній зоні, II класу, 3 категорії якості вод («добрі», «досить чисті»).

Проведена за гідрохімічними показниками екологічна оцінка показала, що значення блокових і загального індексів, обчислених за середніми річними показниками, не виходять за межі 3 категорії II класу екологічної класифікації якості поверхневих вод, яка характеризує безпечний стан водного об'єкта. За найгіршими значеннями показників якості води р. Дунай епізодично впродовж року погіршувалась до оцінки «задовільний» для визначення екологічного стану та «слабо забруднені» для визначення ступеня забрудненості води.

Створення та ведення бази даних космічних знімків дозволяє проводити аналіз тенденцій процесів дельтоутворення та динаміки розповсюдження завислої речовини на узмор'ї Дунаю у просторовому та часовому аспектах.

Аналіз інформації та прогнозні розрахунки за напрямками Програми комплексного екологічного моніторингу у 2013 році дозволяє оцінити масштаби впливів експлуатаційних робіт на рівні прогнозних, а також підтверджує відсутність транскордонного впливу діяльності щодо експлуатації ГСХ Дунай — Чорне море. Зміни, що спостерігаються у стані екосистеми дельти Дунаю, обумовлені, головним чином, традиційним комплексом факторів природного та господарського впливу.

1. Окснюк О. П. Количественные и продукционные показатели фитопланктона как характеристики состояния водных экосистем / О. П. Окснюк, О. А. Давыдов, Г. В. Меленчук // Альгология. — 1994. — Т. 4. — № 3. — С. 39-48.
2. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Романенко В. Д., Жукинський В. М., Окснюк О. П. та ін. — К.: СИМВОЛ-Т, 1998. — 28 с.

Васенко А. Г., Лунгу М. Л., Мельникова Н. В., Ключко Т. А.
НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ УКРАИНСКОЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ
ДУНАЯ

Приводятся результаты мониторинговых исследований в районе Нижнего Дуная по ряду направлений: гидрология, гидрохимия, гидробиология. Проведена экологическая оценка качества воды украинской части реки Дунай. Проанализированы космические снимки района исследований, дана оценка процессов дельтообразования.

Ключевые слова: мониторинг, дельта Дуная, трансграничное влияние, гидрологические процессы, качество воды.

Vasenko A. G., Lungu M. L., Melnikova N. V., Klochko T. A. SOME RESULTS OF COMPLEX ECOLOGICAL MONITORING OF THE ENVIRONMENT IN THE UKRAINIAN PART OF THE DANUBE DELTA

The results of monitoring studies in the area of the Lower Danube in several areas: hydrology, hydrochemistry, Hydrobiology. Held environmental water quality assessment of the Ukrainian part of the Danube river. Analyzed satellite images of the study area, assess the processes neoplasms in the Delta.

Key words: monitoring, Danube Delta, transboundary impact, hydrological processes, water quality.