



СЕРГІЙ РОМАХ,
інженер 1-ї категорії відділу гідрографічних робіт
МАКСИМ КОНОВАЛЕНКО,
технік відділу гідрографічних робіт ФДУ «Одеський район Держгідрографії»

Особливості дослідження замулювання портів і штучних каналів на прикладі ГСХ Дунай – Чорне море

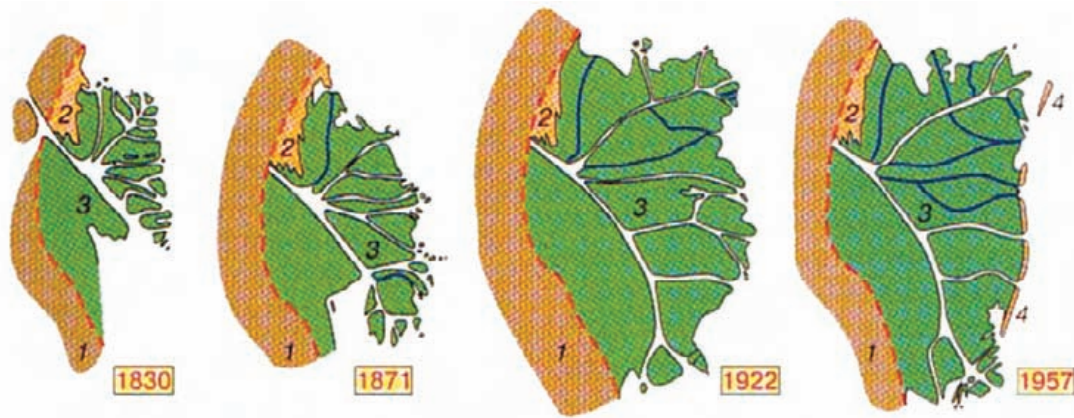
Проблема замулювання гирлового узмор'я та прилеглих рукавів у результаті впливу природних і антропогенних факторів на сьогодні є досить актуальною. Розглянемо її на прикладі замулення української ділянки дельти Дунаю.

Однією з особливостей Дунайської дельти є те, що в гирлах її порівняно глибоководних рукавів (у Кілійській дельті Дунаю глибина фарватеру основних рукавів здебільшого перевищує 8 м) утворюються мілководні обмілини (гирлові бари), глибини над якими становлять 1,5–2,5 м.

Верхів'ям дельти Дунаю прийнято вважати місце поділу річки вище Ізмаїла на два найбільші рукави: лівий – Кілійське гирло і правий – Тулчинський рукав. У Вилковому Кілійське гирло, у свою чергу, ділиться ще на два основні рукави: лівий – Очаківське гирло і правий –

Старостамбульське гирло, кожен з яких упадає в море також двома великими рукавами: Очаківське – гирлом Прорва і Потапівським каналом; Старостамбульське – гирлами Бистре і власне Старостамбульським.

Тулчинський рукав також ділиться на два рукави – Сулінське і Георгіївське гирла. Динаміка змін зовнішнього краю дельти залежить від співвідношення між інтенсивністю відкладання річкових наносів на узмор'ї та інтенсивністю їх абразії, обумовленої дією морських хвиль. Істотна відмінність між цими величинами в гирловій морській частині дельти Тулчинського рукава і Кілійського гирла полягає в тому, що дельта Тулчинського рукава вже кілька століть перебуває у стані динамічної рівноваги, а дельта Кілійського гирла, яке проходить територією України, інтенсивно просувається у море. Видозмінення дельти Кілійського гирла у гирловій частині Дунаю показано на цій схемі, де:



- 1 – берегова лінія Чорного моря до початку формування дельти (середина XVIII ст.);
- 2 – морська коса, утворена піском і битою мушлею;
- 3 – острови дельти, що заросли очеретом;
- 4 – піщаний морський берег дельти.

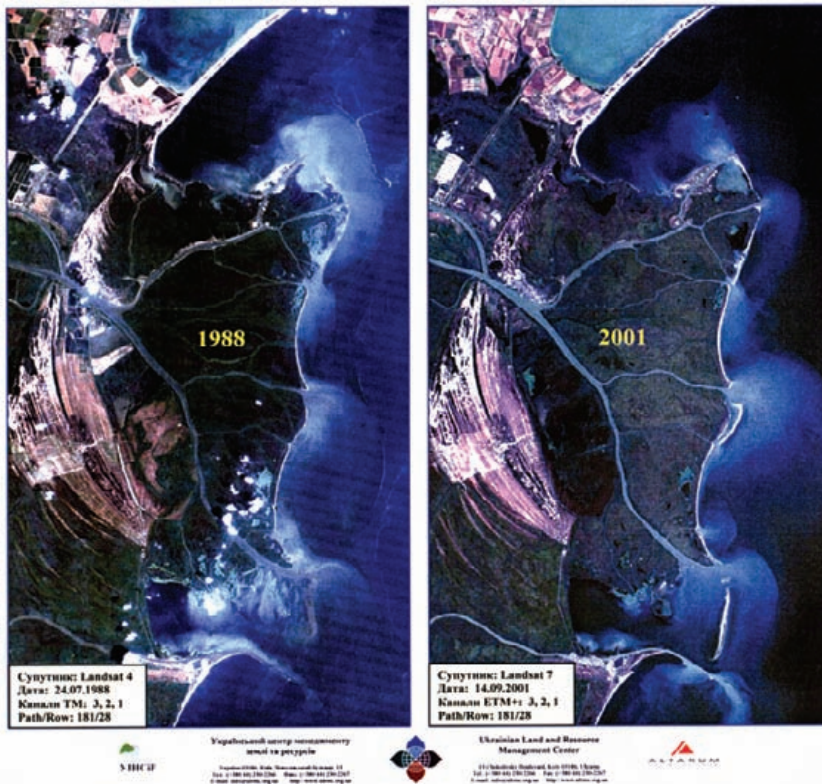
Багатоводність Дунаю (середня витрата води становить 6 300 м³/с при середній каламутності 340 г/м³) зумовлює колосальну наносну здатність річки, яка сягає 67,5 млн т на рік.

Розподіл стоку води по русловій мережі – найважливіша характеристика гідрологічних процесів у будь-якій дельті. У гирлі Дунаю від розподілу стоку води по водотоках залежать обводнювання різних частин дельти, водні стокові рівні, розподіл стоку наносів, руслові процеси у водотоках, формування гирлових барів і морського краю дельти, проникнення морських вод у дельту і т. ін.

У процентному співвідношенні розподілення стоку наносів по гирлах дельти виглядає так:

Кілійське	– 66 %;
Тулчинський рукав	– 34 %;
Сулінське	– 14,5 %;
Георгіївське	– 19,5 %.

На наведених знімках, зроблених із космосу, дуже добре видно просування шлейфа наносів із півночі на південь і утворення нових ділянок дельти з боку моря. З 1988 по 2001 рік утворилися острови на вході у гирла Бистре і Старостамбульське.



На знімках: поширення річкового мулу, який виноситься гирлами Дунаю у Чорне море, протягом 1988–2001 років

Комплекс досліджень, пов'язаних із вивченням режиму наносів і динаміки берегів, включає в себе природні дослідження, емпірико-теоретичні розрахунки, моделювання взаємодії гідротехнічних споруд із процесами, притаманними береговій зоні. Їм обов'язково передують збір і аналіз інформаційних та архівних матеріалів з цих питань. Такі дослідження можуть вестися або одночасно, якщо об'єкт вивчався раніше й вихідних матеріалів для початку робіт достатньо, або в певній послідовності, тобто залежно від наявності матеріалів і вимог технічного завдання. Основним є природне дослідження наносів, адже за його результатами одержують початкові дані для емпірико-теоретичних обчислень, моделювання і уточнення раніше виконаних розрахунків.

Для обчислення інтенсивності просування наносів використовують кілька методів.

1. Гідрометеорологічний – базується на використанні даних про вітер і хвилювання. Існують такі його різновиди:
 - а) вітроенергетичний – встановлює безпосередній зв'язок між енергією вітру й інтенсивністю просування наносів;
 - б) хвилеенергетичний – інтенсивність просування наносів визначається залежно від дійсної енергії хвиль;
 - в) вітрохвилеенергетичний. Цей метод відрізняється від хвилеенергетичного тим, що параметри хвиль визначаються не шляхом спостережень, а методом обчислення за наявними даними про режим вітру.

2. Гідралічний. Його застосовують тоді, коли наявність наносів по вертикалу визначають за їх концентрацією у потоці води і за розподілом швидкостей потоку.

3. Емпіричні методи, які базуються на об'єднанні наявних у воді і відкладених наносів із напрямком і параметрами хвилювання, з морфометричними характеристиками берегової зони та зі складовими наносів.

За даними промірів або нівелювань пляжу, оформлених у вигляді планшетів глибин чи профілів деформації, визначають інтенсивність змін рельєфу, що відбуваються, а саме: товщину шару відкладів або розмиву та величину деформації пляжу.

Основними умовами, які забезпечують ефективність досліджень режиму й кількісних характеристик змін геоморфологічних елементів берегової зони, є висока організація і точність промірних робіт, які виконуються для визначення замулення (розмиву) дна акваторії й деформації берегів. Вони повинні проводитися, як правило, синхронно з гідрологічними спостереженнями для з'ясування взаємозв'язку усіх факторів, що визначають замулення

(розмив), деформацію берегів, дна й акваторій природних об'єктів і гідротехнічних споруд.

У цілому, при дослідженнях на обраних стаціонарних ділянках берегової зони промірні роботи рекомендується здійснювати у такий спосіб:

- у смузі пляжу і на підводному схилі: біля берегів зі значними глибинами – до морської межі берегової зони (глибини – 15–20 метрів), на обмілілих берегах – до глибин, що приблизно дорівнюють 5–6 висотам штормової хвилі (глибини 5–10 метрів);
- у районах підхідних каналів і акваторій портів – до глибин, що на 2–3 метри перевищують осадку найбільших суден, яким дозволено плавання у цьому районі;
- у гирлах річок і на передгірлових узмор'ях, на барах і у межах акваторії від першого бару до верхньої межі спаду глибин (10–15 м).

Промірні роботи повинні провадитися методом детальної зйомки рельєфу дна на загальній площі досліджуваної ділянки або по постійних профілях (промірних створах), орієнтованих по нормалі та ізобатах. У разі необхідності, додатково можна обирати й інші напрямки профілів. Відстані між профілями залежать від умов дослідження і складності геоморфологічних умов конкретної ділянки і коливаються у межах від 50 до 200 метрів. В окремих випадках (при складному рельєфі дна і наявності перешкод для потоків наносів) відстані можуть зменшуватися до 10–25 м.

Проміри у прибережній смузі та на портових акваторіях виконуються відразу після шторму або у післяшторм-

мовий період під час тривалого затишшя, у періоди пануючого напрямку вітру і після сильних нагонів і спадів.

Якщо досліджуються зміни рельєфу дна й режим (баланс) наносів за тривалий період, то проміри проводяться рідше: наприклад один-два рази на рік, протягом декількох років, але в один і той же сезон.

Повторні проміри на профілях, залежно від складності умов і поставлених завдань, можуть провадитися з різною частотою, з урахуванням умов і часу прояву дії наносочинних факторів.

Слід зазначити, що всі наявні методи обчислення просування наносів і замулення є наближеними, тому що й досі не вироблено чітко обґрунтованих способів обчислення розмиву, транзити й відкладання наносів для кожного об'єкта за конкретних умов.

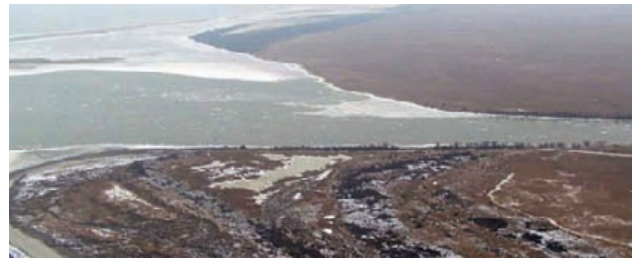
Одним із прийнятних методів обчислення замулення є метод Логачова Л. А., який базується на статистичних даних про фактичне замулення каналів, визначених за матеріалами промірів. Дослідження Логачова показали, що показники замулення морських каналів внаслідок змін гідрометеорологічних умов коливаються від року до року в дуже широких межах. Тими ж дослідженнями доведено, що замулення каналів, прокладених на прибережному мілководді, залежить від глибини прорізу: чим більша на заданому поперечному профілі глибина прорізу, тим більшим буде і замулення.

Підхідний канал, який перетинає підводний береговий схил, може перехоплювати частину вздовжберегового потоку або двосторонніх міграцій наносів. В умовах посиленого просування наносів інтенсивність замулювання каналу може виявитися значно вищою за розрахункову. Крім того, зменшення наносів на акваторії поза каналом, по ходу основного потоку наносів, може призвести до розмивання дна та берега.

Результати комплексних досліджень основних природних процесів у дельті Дунаю за останні 50 років показали, що найбільш оптимальним варіантом для водної магістралі є прокладення глибоководного суднового ходу (ГСХ) Дунай–Чорне море по гирлу Бистре Кілійської морської дельти Дунаю. Це задовольнить основні навігаційні і гідроморфологічні вимоги щодо судноплавних русел, а саме: русло цього гирла малозвивисте і досить глибоке, а його морфологічні параметри близькі до проектних характеристик ГСХ.

Замулення ГСХ Дунай – Чорне море відбувається під впливом природних і антропогенних факторів, тобто воно залежить від кількості водного і твердого стоків Дунаю, якості та точності проведення днопоглиблювальних робіт. Загалом, усі варіанти морського суднового ходу, які передбачають використання того чи іншого рукава Дунаю і які проходять через його гирло, вирізнятимуться інтенсивним замулюванням, розвитком позагирлових морських наносів і потребуватимуть захисту для судноплавства у вигляді будівництва різноманітних (шпори, дамби тощо) морських споруд.

Серед основних інженерних рішень на ГСХ слід відмітити такі: спорудження потокоспрямувальної дамби завдовжки 390 м на вході у гирло Бистре з гирла



На знімку: гирло Бистре (на виході у море)

Старостамбульського, зміцнення 370 м протилежного берега та поглиблення дна Старостамбульського гирла, що дозволило забезпечити стабільність потоку гирлом Бистре і відведення наносів по гирлу Старостамбульському; будівництво дамби (довжина 2 730 м), яка огорожує морський підхідний канал. У районі цієї дамби при південно-східному, східному, північно-східному, північному вітрах рівень води може підніматися до 90 см. Однак дамба, при цьому, виконує свої функції: перерозподіляє стік води шляхом перекивання північно-східної балки, збільшуючи таким чином її потік у напрямку морського підхідного каналу, що сприяє меншому осіданню в каналі наносів самої річки Дунай, а також забезпечує захист морського підхідного каналу ГСХ від наносів уздовж берега.

Навіть при будівництві стискаючих річковий потік паралельних дамб глибоководний проріз у гирловому барі не може забезпечити прийнятну довговічність штучно утвореного глибоководного фарватеру, оскільки річка, виносячи в море величезну кількість наносів, утворює на виході з дамб новий гирловий бар.

Сьогодні Очаківське гирло на виході перекрите піщаними косами й перебуває у стадії деградації, а біля Старостамбульського гирла утворився острів і росте піщана коса, яка вже частково перекрила його. В результаті цих морфологічних змін почався процес інтенсивного розвитку гирла Бистре, а отже, сформувалися всі умови для фази, протягом якої дельта буде найбільш інтенсивно висуватися в море у своїй середній частині – у районі гирла Бистре, частка стоку якого внаслідок природних причин неспинно зростає. Це природний процес, який при штучному зниженні гідравлічного опору у джерелі і гирлі (будівництво судноплавного морського каналу й поглиблення порога у джерелі гирла) прискориться у кілька разів. Ця обставина враховувалася при прогнозуванні замулювання каналу ГСХ Дунай–Чорне море. При складанні прогнозу взято до уваги те, що багаторічна мінливість стоку наносів значно перевищує мінливість водного стоку Дунаю.

Аналіз замулювання гирлового узмор'я та ГСХ Дунай–Чорне море показав домінування природних факторів, серед яких величина рідкого й твердого стоків Дунаю та зворотна залежність формування гирлового бару в міру віддалення від гирла. Виходячи із сучасних умов гідрологічного режиму дельти (сучасного перерозподілу стоку), вибір напрямку суднового ходу гирлом Бистре є більш обґрунтованим.