

ЗАГАЛЬНОНАУКОВІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

УДК 551.463.5

М.Б. Капочкіна

В.Ю. Зорін

Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», м. Одеса, Україна

ГІДРОДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ЯК СКЛАДОВА МОНІТОРИНГУ ГІДРООПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Досліджено особливості моніторингу оптичних характеристик поверхневого та глибинного шарів морського середовища. Виконано математичне моделювання впливу течій на оптичні характеристики в районах підхідного каналу.

***Ключові слова:** гідрооптичні характеристики, пошуково-рятувальні роботи, гідрооптичні зонди, супутниковий моніторинг.*

Постановка проблеми

Оптичні характеристики морського середовища належать до факторів, що мають істотний вплив на якість виконання морських пошуково-рятувальних робіт з використанням водозлазного і глибоководного обладнання. Оптичні характеристики водного середовища, як правило, визначаються наявністю зважених часток – механічної суспензії, біологічних об'єктів і продуктів їх життєдіяльності, продуктів хімічних реакцій. Найбільш часто оптичні характеристики погіршуються за штормових умов в результаті збівтування донних відкладень і формування у водній товщі механічної суспензії.

У гирлових районах зниження оптичних характеристик морського середовища відбувається внаслідок виносу в море річковим стоком механічної суспензії. У гирлових районах шар підвищеної каламутності займає поверхневі горизонти, в той час як глибинні морські води залишаються прозорими.

Погіршення оптичних характеристик біологічним шляхом як правило виникає в результаті бурхливого розвитку фітопланктону. Морський фітопланктон це об'єкти розміром від 1 мкм до 1 мм. Цей фактор має сезонний характер, а шар підвищеної каламутності займає поверхневий фотичний шар. У період бурхливого цвітіння фітопланктону товщина фотичного шару зменшується і з цієї причини товщина шару підвищеної каламутності зменшується. Пробним фактором зниження оптичних характеристик за рахунок бурхливого розвитку фітопланктону, є зниження природної освітленості щодо прозорих глибинних шарів.

Зниження оптичних характеристик морського середовища може відбуватись шляхом хімічних реакцій, в результаті яких відбувається випадання осаду. Наприклад, в морях Карибського басейну, особливо в районі Багамської банки, в результаті процесу розчинення коралового субстрату, в придонному шарі виникає підвищення каламутності. За рахунок хімічних реакцій, флоатації і коагуляції виникають зони підвищеної каламутності в районах річкових гідрофронтів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Дослідження гідрооптичних неоднорідностей морського середовища у вигляді полів концентрації механічної суспензії виконують за багатоспектральним космічним зображенням,

фіксуючи спектральні характеристики відбитого сонячного випромінювання в діапазоні частот 520–600 нм. У цьому ж діапазоні проводять моніторинг каламутності хімічного походження. Каламутність біологічного походження фіксується по флуоресценції хлорофілу під дією сонячного випромінювання. Флуоресценція хлорофілу фіксується близько довжини хвилі 685 нм. Флуоресценція розчиненої органічної речовини – «жовтої речовини» – фіксується близько довжини хвилі 425 нм. Для моніторингу оптичних характеристик поверхневих шарів океану використовують сканери SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-View Sensor), спектрорадіометри MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer). У безкоштовному доступі є данні супутників Terra / MODIS і Aqua / MODIS з просторовим дозволом 250м (http://modis.gsfc.nasa.gov/modis/instrument/modis_specs.html), архівні та сучасні зображення супутникової системи LANDSAT з просторовим дозволом 15 - 30м (USGS – <http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>). На платній основі доступні супутникові зображення надвисокої роздільної здатності з космічних систем World View 2, PLEADES, Quick Bird 2, IKONOS [1].

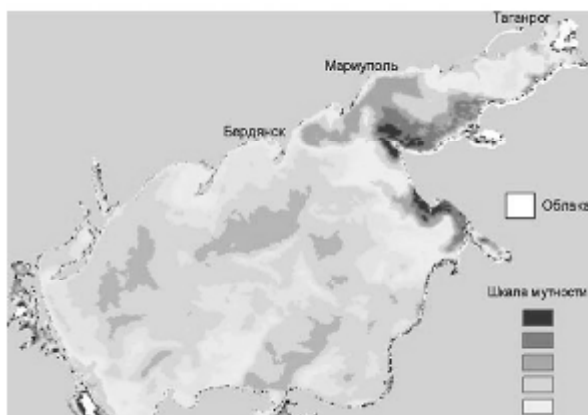


Рис. 1 – Супутникове зображення Азово-Чорноморського району 02.07.2001 в спектральному діапазоні 555 нм [2]

Дослідження каламутності глибинних і придонних шарів вивчати значно складніше. Контроль каламутності глибинних і придонних шарів виконується із застосуванням спеціальних зондів. В роботі [3] наведені дані вимірів каламутності в Чорноморському регіоні мутноміром ІМП-2А в якому здійснюється вимірювання коефіцієнта ослаблення спрямованого світла на довжині хвилі $\lambda = 660\text{нм}$. Тобто це за межею вимірювання механічної суспензії та каламутності хімічного походження, та розчиненої органічної речовини. Для отримання інформації про концентрацію механічної суспензії різного гранулометричного складу, суспензії хімічного та біологічного походження доцільно використовувати обладнання типу акустооптичного спектроаналізатора видимого діапазону хвиль [4].

Постановка завдання

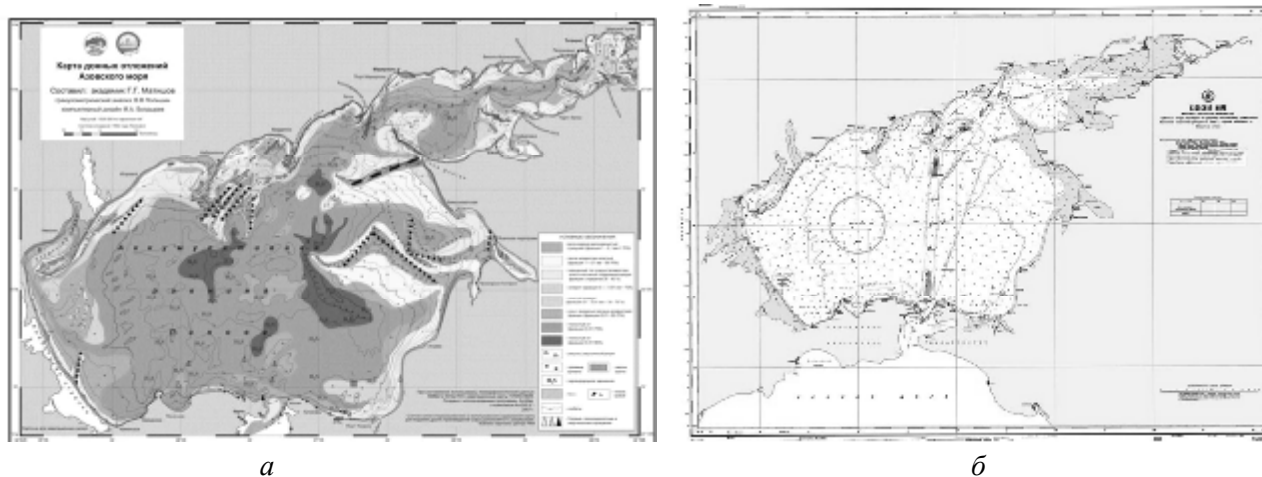
Метою дослідження є оцінка технічних можливостей існуючих систем вимірювання оптичних характеристик морського середовища. Для досягнення зазначеної мети необхідно розглянути методичні рішення моніторингу оптичних характеристик морського середовища з використанням дистанційних і контактних методів, визначити роль математичного моделювання в досягненні поставленої мети.

Викладення основного матеріалу дослідження

Враховуючи сучасний технічний рівень моніторингу оптичних характеристик морського середовища, можна відзначити, що моніторинг каламутності придонного шару морського середовища, виконується на істотно низькому рівні, ніж моніторинг поверхневого шару моря. У зв'язку з цим доцільно виконувати усі існуючі технічні рішення з підвищення якості цього

моніторингу, в тому числі районування акваторій відповідно до факторами, що впливають на мутність глибинних і придонних шарів.

Головними факторами є динамічні - хвилі і течії. Відомо, що вплив хвиль на зкаламутнення донних відкладень починається з глибини, яка дорівнює половині довжини хвилі. Для Азово-Чорноморського регіону це глибини не більше 25 м. І ці глибини можуть бути охоплені моніторингом з використанням дистанційних методів. На більш значних глибинах і при відсутності хвилювання найважливішим фактором формування підвищеної каламутності є течії. Найбільш ефективно формування каламутності над донними відкладеннями, представленими мулами і алевритами, тобто гранулометричний склад донних відкладень є найважливішим чинником виникнення каламутності. У Світовому океані, найбільш поширеним видом течій є приливні течії, що збільшують каламутність придонного шару двічі на добу. У Чорноморському регіоні цей тип течій не виражений, тут як правило формуються дрейфові і градієнтні течії. Моніторинг цих течій здійснюється шляхом обробки даних альтиметричних вимірювань топографії водної поверхні з побудовою карт абсолютних динамічних висот. Для оцінки ступеня зкаламутнення течіями донних відкладень морського дна необхідно залучати карти гранулометричного складу донних відкладень. Крім цього, значну роль на полі каламутності в придонному шарі грає рельєф морського дна. На рис. 2 наведені: карта рельєфу дна і гранулометрична карта донних відкладень Азовського моря.



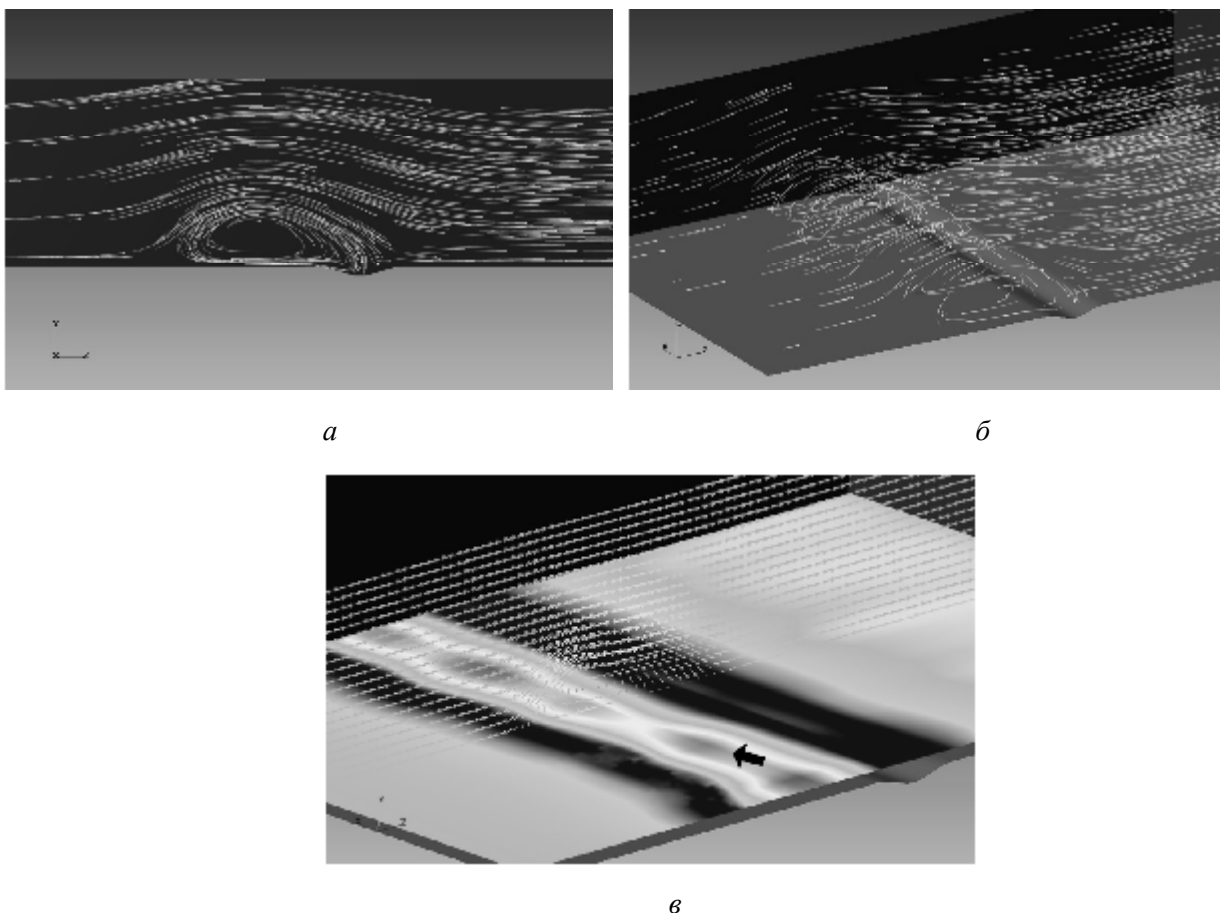
а – рельєфу дна [5]; б – гранулометрична карта донних відкладень

Рис. 2 – Карти Азовського моря [6]

Над підвищеннями морського дна швидкості течії збільшуються, зростає турбулентність і цілком логічно вважати такі форми підводного рельєфу "осередками" каламутності. Однак у цих зонах донні відкладення представлені, як правило, грубозернистим піском, що не сприяє збільшенню каламутності придонного шару.

Досі невизначеним є питання впливу на каламутність взаємодії придонної течії з пониженням в рельєфі морського дна. Такі пониження морського дна мають як природну, так і антропогенну природу. Так поряд з Дністровською банкою в Чорному морі існує пониження рельєфу, глибиною понад 26 метрів. Умови формування цієї системи банка-желоб розглянуті в роботі [6] В Азовському морі існують аналогічні пониження рельєфу з глибиною понад 13 м. Пониження рельєфу штучного характеру мають найбільше розповсюдження як підхідні канали до портів. Наприклад до Бердянського порту веде канал довжиною в 20 км. Зазначені об'єкти та їхні оптичні характеристики потребують сучасного моніторингу з двох причин. По-перше – підхідні канали це ділянки підвищеної небезпеки судноплавства, де велика ймовірність необхідності виконання пошуково-рятувальних робіт. По-друге, це місця ймовірного переховування підводних засобів ВМФ супротивника.

Враховуючи зазначене нами, було виконано математичне моделювання взаємодії течій з локальними заглибленнями рельєфу морського дна. Застосований програмний комплекс вирішує тривимірні рівняння: рівняння Нав'є-Стокса. Диференціальні рівняння апроксимуються на розрахунковій сітці. Математичне моделювання динаміки рідини виконане для швидкості потоку 1 м/с з урахуванням існуючих неоднорідностей рельєфу морського дна у вигляді лінійної депресії. Глибина жолоба 1 м. Розрахункова область має такі параметри: площа області = 60x60 м висота від дна до верху розрахункової області 20 м. Результати розрахунків показані на рис. 3.



*а – тривимірне зображення, б – розріз вздовж напрямку течії,
в – зона розмиву донних відкладень показана стрілкою.*

Рис. 3 – Результати гідродинамічного моделювання течій над пониженням морського дна

Зона збільшення швидкості придонного течії і відповідно зона розмиву показана червоною смугою (рис. 3 в). Тобто перед жолобом починається розмив і потік стає каламутним. В результаті виконаного моделювання встановлено, що пониження рельєфу морського дна під час інтенсивних придонних течій формують вихрову гідродинамічну структуру з горизонтальною віссю перед поглибленням дна. Це призводить до розмиву дна перед судноплавним каналом, як місцем можливого виконання пошуково-рятувальних робіт, чи місцем ймовірного переховування підводних сил ВМФ супротивника і формуванню в районі судноплавного каналу зони підвищеної каламутності.

Висновки

Якість виконання морських підводних пошуково-рятувальних робіт залежить від великої кількості чинників, в тому числі від оптичних характеристик морського середовища. Моніторинг цього чинника в районах з глибинами до 10–15 м може бути забезпечений даними супутникових спостережень. Інформація з оптичних характеристик на більших глибинах і особливо в придонному

шарі може бути отримана з застосуванням спеціального обладнання та вимірювань з невеликою розподільною якістю. В таких умовах, взамін, або перед плануванням таких робіт доцільно мати результати математичного моделювання взаємодії морського рельєфу з придонними течіями.

Перспективи подальших досліджень

З урахуванням результатів досліджень вкрай необхідно включити до переліку заходів з виконання підводних пошуково-рятивних робіт – оперативну оцінку поля каламутності морського середовища за супутниковими даними, та передбачити необхідність виконання математичного моделювання поля течій та каламутності в районі виконання робіт.

Список використаних джерел

1. Сухачева Л.Л., Орлова М.И. Спутниковый мониторинг Невской губы и восточной части Финского залива в оценке воздействия естественных и антропогенных факторов на экологическое состояние и биотические компоненты исследуемой экосистемы, Дистанционное зондирование Земли. – сегодня и завтра, 2-я международная конференция 7–8 июля 2014 г. / Сборник тезисов. – М. : Инженерно-техно логический Центр СканЭкс, 2014 г. – С. 155–163.
2. Карта мутности воды в Чёрном и Азовском море [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.ulrnc.org.ua/projects/EM/blacksea/pic01_ru.jpg.
3. Ломакин П.Д., Особенности поля взвеси в водах Керченского пролива / П.Д. Ломакин, Е.О. Спиридонова, А.И. Чепыженко, А.А. Чепыженко // Морський екологічний журнал. – С. 49–58.
4. Гаврилов В.А. Гидрохимическая донная станция для регистрации краткосрочных предвестников морских землетрясений / В.А. Гаврилов // Океанология. – 2000. – Т. 40, №3. – С. 456–467.
5. Livejourn [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://iv-g.livejournal.com/150039.html>.
6. Navytech [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://navytech.ru/Azov_sea/31015.html.

Рецензент: Б.Б. Капочкін, к.геол.н., науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», м. Одеса, Україна.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ МОНИТОРИНГА ГИДРОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОРСКОЙ СРЕДЫ

М.Б. Капочкина, В.Ю. Зорин

Исследованы особенности мониторинга оптических характеристик поверхностного и глубинного слоев морской среды. Выполнено математическое моделирование влияния течений на оптические характеристики в районах подходного канала.

Ключевые слова: гидрооптические характеристики, поисково-спасательные работы, гидрооптические зонды, спутниковый мониторинг

HYDRODYNAMIC MODELING AS INPUTS FOR MONITORING HYDROOPTICAL CHARACTERISTICS OF THE MARINE ENVIRONMENT

M. Kapochkina, V. Zorin

Features of monitoring the optical characteristics of the surface and deep layers of the marine environment. Executed mathematical modeling of currents in optical characteristics in the areas of approach channel.

Keywords: hydrooptical characteristics, search and rescue work, hydrooptical zond, satellite monitoring.