

## **МОНІТОРИНГ ЛЬОДОВОЇ ОБСТАНОВКИ АЗОВСЬКОГО МОРЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (ДЗЗ)**

*В.Ю. Вишняков;*

*О.С. Можаровський*

*(Центр прийому і обробки спеціальної інформації  
та контролю навігаційного поля, м. Дунаївці)*

*Авторами пропонуються результати досліджень та аналіз можливості використання даних ДЗЗ, що приймаються в Центрі прийому і обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля (ЦПОСІ та КНП) для створення динамічних карт льодової обстановки в навігаційний, осінньо-зимовий та весняний періоди.*

*Авторы предлагают результаты исследований и анализ возможностей использования данных ДЗЗ, которые принимаются в Центре приёма и обработки специальной информации и контроля навигационного поля (ЦПОСИ и КНП) для создания динамических карт ледниковой обстановки в навигационный, осенне-зимний и весенний периоды.*

*Authors offer results of researches and the analysis of possibilities of use of data RZE, which are accepted in the Center of reception and processing of the special information and the control of a navigating field (CRPSI and CNF) for creation dynamic cards of glacial conditions in navigating periods: autumn-winter and spring.*

### **Вступ**

Важливість інформації про стан і товщину крижаного покриву, динаміку змін очевидна як для наукових досліджень, що стосуються питань взаємодії морів і атмосфери, так і для вирішення практичних завдань:

- забезпечення підводної і надводної навігації;
- побудови бурових платформ в районах нафтового і газового промислу на шельфах морів;

- забезпечення безпеки в районах судноплавних трас і рибного промислу;
- проектування прибережних споруд;
- проводки кораблів в складних льодових умовах;
- забезпечення робіт нафтогазового комплексу;
- оперативного реагування на надзвичайні ситуації та ін.

Для стеження за зміною льодової обстановки в морях за результатами обльоту складають льодові карти. У зв'язку з недоліками цього методу (висока вартість; залежність від польотних умов) доцільне використання методів дистанційного зондування з космосу, який є особливо актуальним для України.

Основними перевагами космічної зйомки є повторюваність надходження інформації і оперативність обробки. Аналіз світових методів дозволить створити алгоритм оброблення, який дозволяє відрізнити кригу від хмар і розділяти її по згуртованості.

### **Теоретичні основи**

На сьогоднішній день у світовій практиці серед льодових карт, що формуються за космічними знімками, виділяють:

- великомасштабні карти і плани стану льодового покриву масштабу 1 : 100 000 і крупніше на обмежених територіях (у затоках, протоках, портах);
- оперативні льодові карти масштабу 1 : 200 000 — 1 : 300 000;
- оглядові льодові карти (середньомісячні, середньодекадні), що відображають стан крижаного покриву на просторі декількох морів (відповідають масштабу 1:7 500 000 і дрібніше). Вони призначаються для наукового дослідження при розробці льодових прогнозів;
- спеціальні карти, що характеризують режим льоду. До них відносяться карти вірогідності переважання льоду того або іншого віку, карти середнього і екстремального положення кромки і меж льоду, карти разруйнованості і т.п. На цих картах в узагальненому вигляді представляються результати обробки первинних оглядових і оперативних льодових карт (рис. 1).

В останнє двадцятиріччя в Україні картування льодової обстановки здійснюється Морським гідрофізичним інститутом (МГІ) на основі даних американських штучних супутників

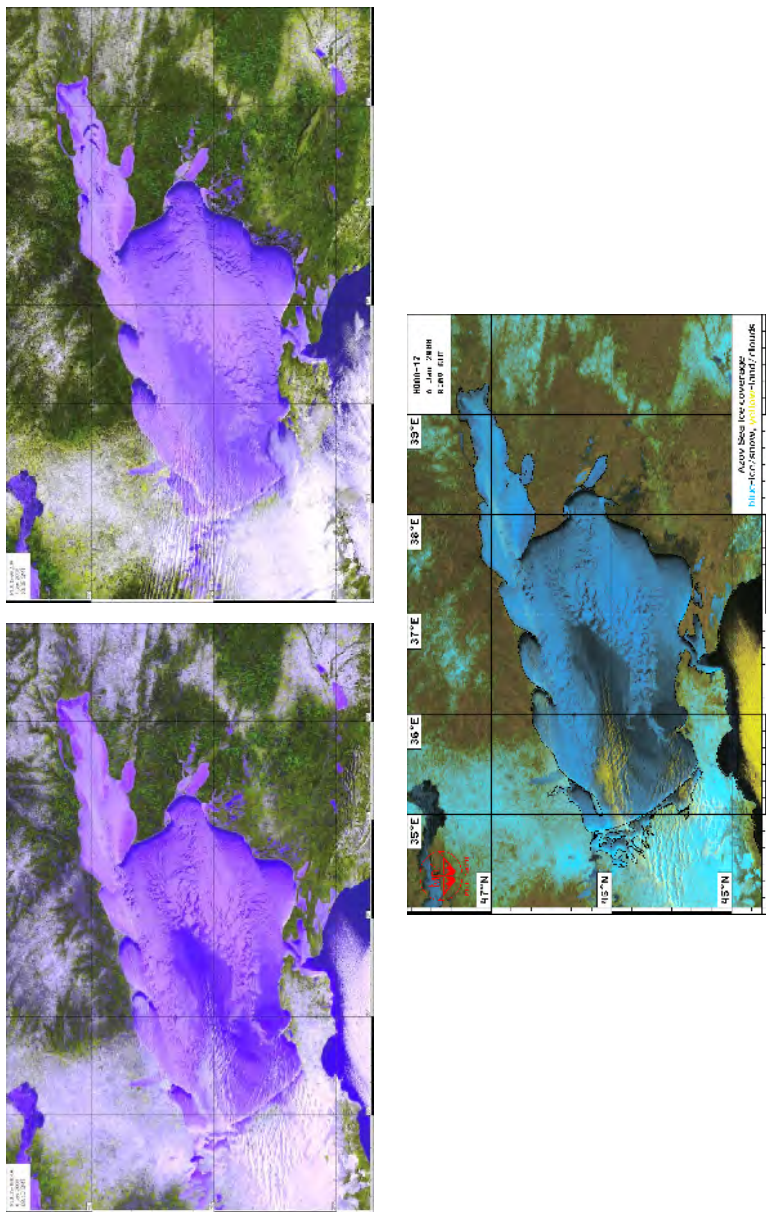


Рис. 1

Таблиця 1

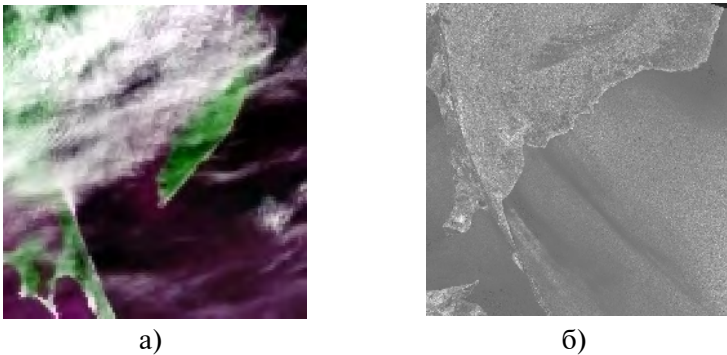
**Основні технічні характеристики апаратури ДЗЗ, що використовується для моніторингу льодової обстановки**

<b>Знімальна апаратура</b>	<b>Спектральні діапазони</b>	<b>Просторове розрізнення</b>	<b>Смуга огляду, км</b>
МСУ-Э (Метеор)	0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,8—0,9 мкм	40 м	45
МСУ-СК (Океан)	0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,7—0,8; 10,4—12,6 мкм	140x550 м	600
МСУ-Э (Ресурс)	0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,8—0,9 мкм	29 м	58
МСУ-СК (Ресурс)	0,5—0,6; 0,6—0,7; 0,7—0,8; 0,8—1,0; 10,4—12,6 мкм	130x170 м	710
MODIS (TERRA, AQUA)	36 каналів у діапазоні 0,54—14,3 мкм	250 м (2 канали), 500 м (5 каналів) і 1000 м (29 каналів)	2300
AVHRR (NOAA)	0,58—0,68; 0,725—1,00; 3,55—3,93; 10,3—11,3; 11,5—12,5 мкм	1,1 км	3000
ASAR	3,2 см	1,5—2 км	460

Землі (ШСЗ) TERRA, AQUA та супутників серії NOAA (США) ([http://dvs.net.ua/mp/data/main\\_ru.shtml](http://dvs.net.ua/mp/data/main_ru.shtml)).

Найбільш використовувані при побудові льодових карт є ІЧ-діапазон AVHRR (NOAA) та мультиспектральні канали знімальної апаратури MODIS (TERRA, AQUA).

Основною проблемою використання космічних даних оптичного та ІЧ-діапазонів є наявність хмарності, яка перешкоджає суцільності проведення моніторингу підстильної поверхні. Цю проблему дозволяє вирішити використання радіолокаційних знімків (рис. 2). На відміну від інформації оптичного і інфрачервоного діапазонів, дані радіолокації є всепогодними (вони не залежать від освітленості і хмарного покриву). На зображеннях, радіолокації спостерігається достатній для упевненого дешифрування контраст між льодами різного віку.



*Рис. 2. Дані: а) оптичного діапазону; б) радіолокаційного*

### **Основна частина**

Дешифрування радіолокаційних даних методом візуального аналізу з врахуванням характерних текстурних, яскравісних та інших характеристик підстильної поверхні дозволяє чітко відрізнити межу лід — вода — берегова смуга (рис. 3). Якість та достовірність обробки та аналізу радарних даних залежать від теоретичного та практичного досвіду оператора, а також від якості вихідних даних, отриманих зі станції прийому даних РЛ.

Одним з недоліків космічних радіолокаційних даних є низька періодичність зйомки. Таким чином, доцільним є проведення комплексного оброблення даних (дистанційних та наземних спостережень) з врахуванням великих об'ємів практичних і експертних знань, невіддатливих формалізації, таких як:

- аналіз кліматичної мінливості характеристик крижаного покриву на даній акваторії;
- аналіз льодової обстановки, одержаної на основі даних космічної зйомки в попередній і досліджуваний період;
- аналіз гідрометеорологічної ситуації;
- досвід фахівця-дешифрувальника при визначенні межі між елементами карти льодової обстановки (кожен елемент карти може містити лід різної стійкості, різних вікових градацій і форм).

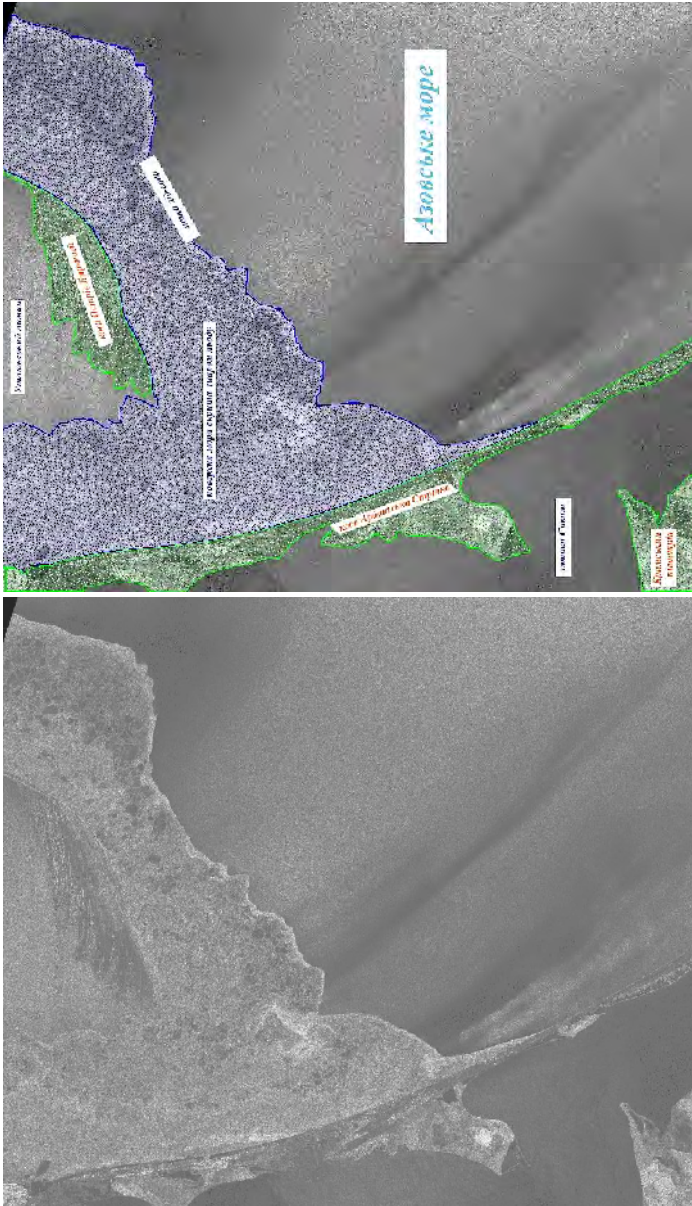


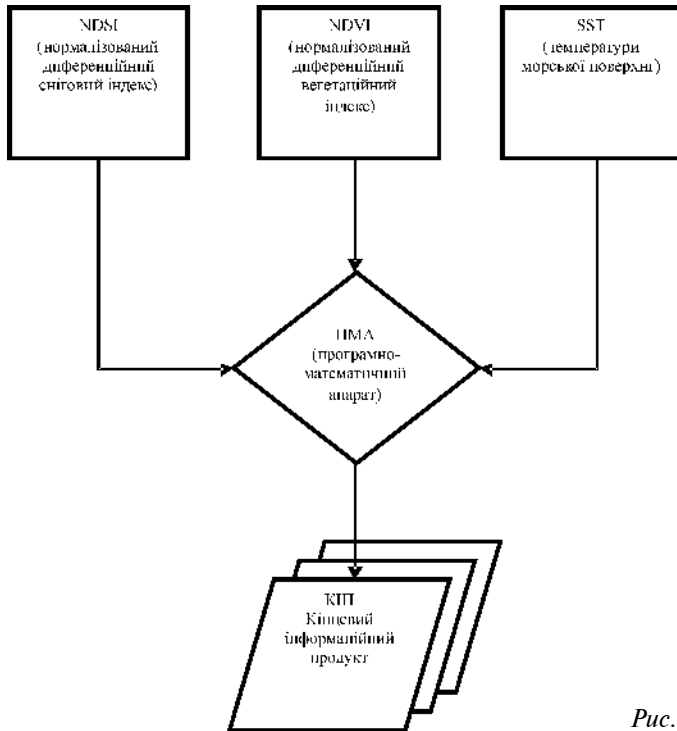
Рис. 3

Авторами розроблено та впроваджується алгоритм (рис. 4) для оперативного картування і вивчення довготривалих характеристик крижаного покриву (появи та сходи, динаміка, виникнення тріщин та розломів, розповсюдження по акваторії) за даними з пристроїв оптичних діапазонів.

Пропонується сумарно-різницевий метод порівняння відповідних індексів (NDVI, NDSI) та температури морської поверхні (SST) з подальшим створенням кінцевого інформаційного продукту (КІП) (рис. 5—6).

В результаті відпрацювання розробленого методу створюються тематичні карти льодового покриття Азовського моря (Додаток 1).

Для візуальної оцінки стану льодового покриття користувачем формуються як класифіковані, так і растрові карти (рис. 7).



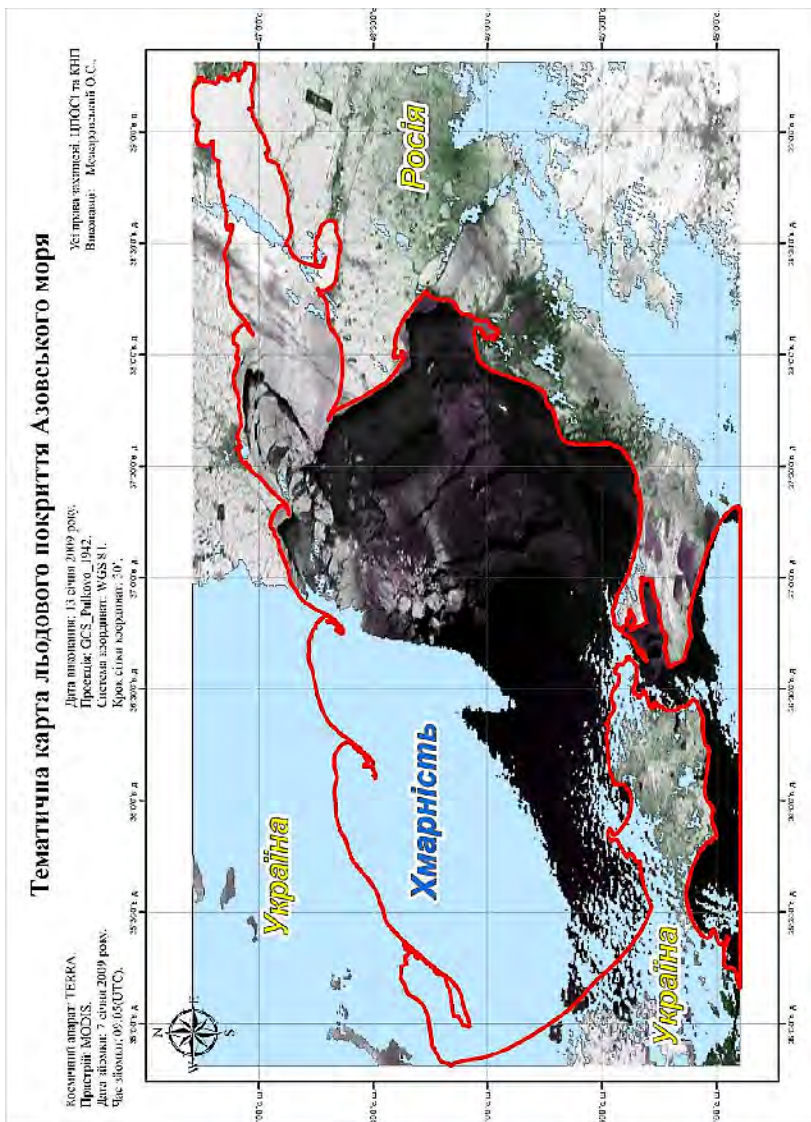
*Рис. 4*











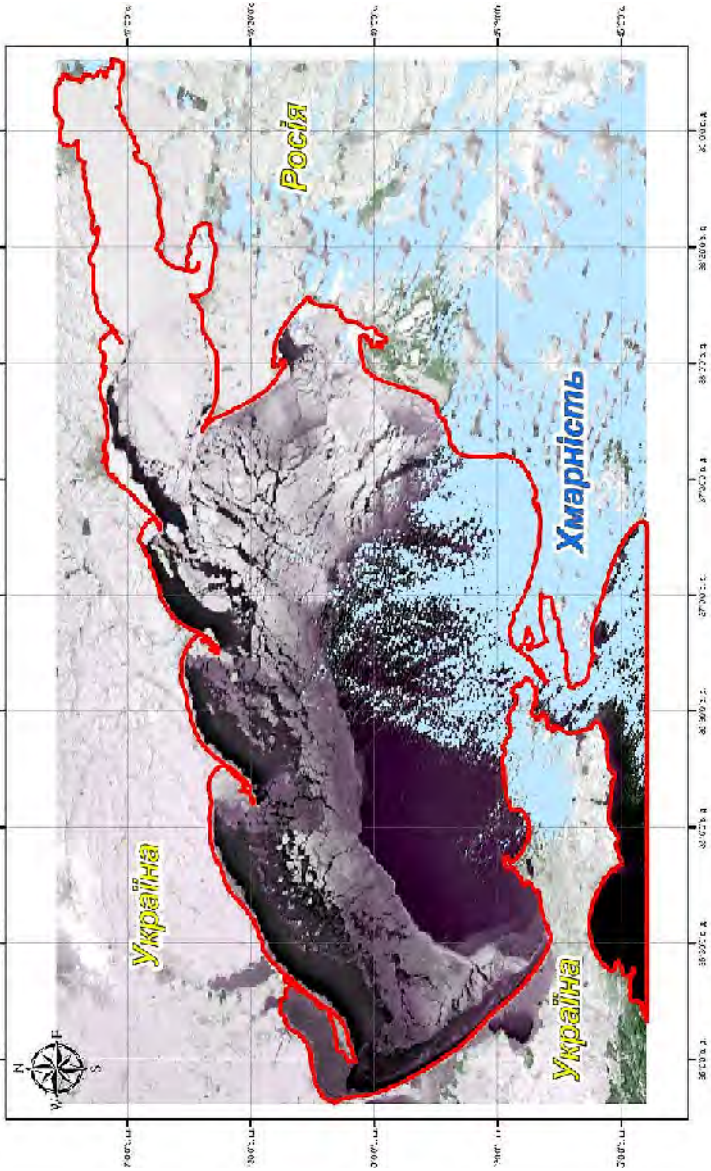
Продовження додатку 1

Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Кодовий збірник: ТЕМКА  
Проект: МІСДБ  
Дата зйомки: 9 с. лип. 2009 року.  
Чис. зйомки: 08-301011.

Дані використані з сайту ДДОР-решу.  
Проект: ГІС\_Тематика\_04.  
Система координат: UTM 31.  
Експорт: 16.08.2012.

УС: приватна компанія ОПС/СІ Т. БНЕТ.  
Виконавці: Мозз.Розв'язанні О.С.,



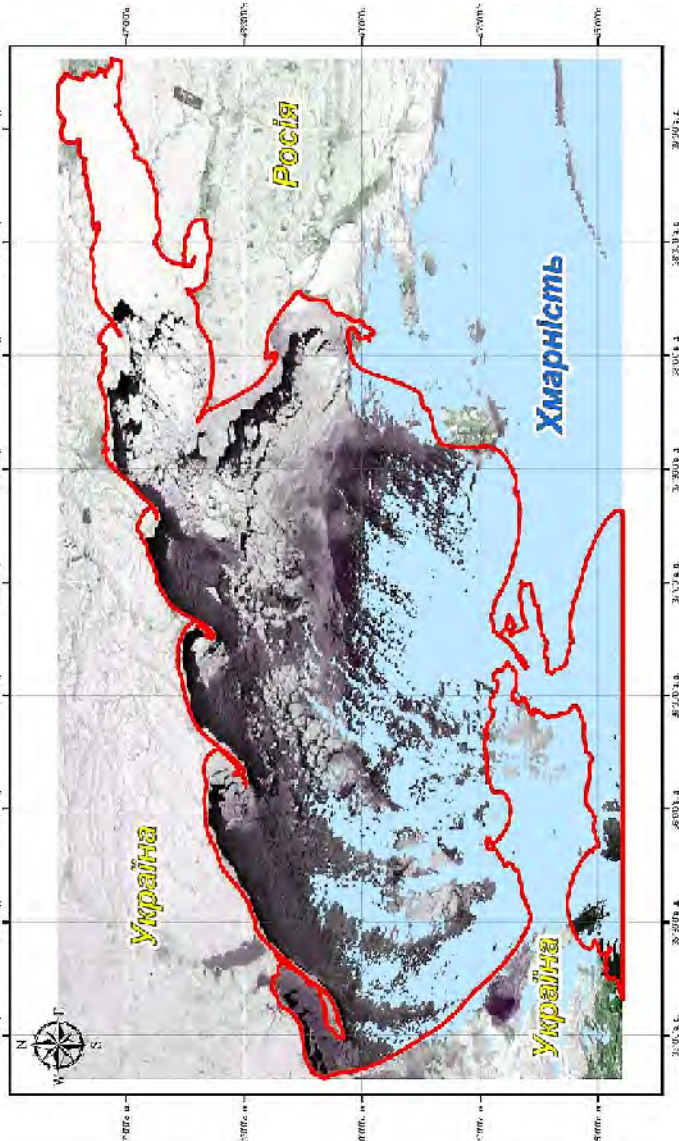
Продовження додатку 1

Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Космічний знімок: ТМІА,  
Проекція: МОРС,  
Дато зйомки: 11 січня 2013 року,  
Чис. зйомки: 087340173.

Дата оновлення: 13 січня 2013 року,  
Проекція: ГСЗ, Район: 104,  
Система координат: WGS 84,  
Курс: 087340173.

Хі права захистів: ШІОСІ та АНІ,  
Джерело: Моздокська ОА...

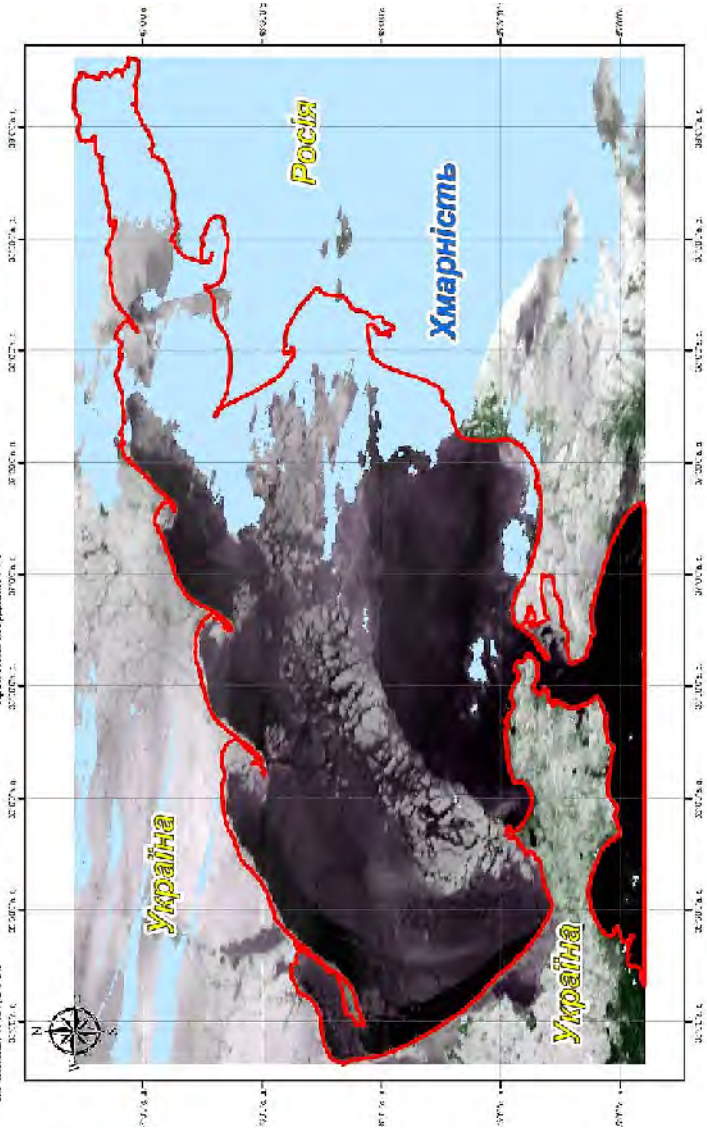


### Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Дослідний інститут ІНІСН  
Проект: MOBIIS.  
Дата зйомки: 12 січня 2009 року.  
Час зйомки: 09:20:00 UTC.

Дата вивільнення: 12 січня 2009 року.  
Проєкція: GCS\_Duckworth\_1942  
Система координат: WGS 84.  
Масштаб: істинні координати: 30.

Ударили координати: ППОСІ і КІП  
Формат: - Ковалевський (1:1).



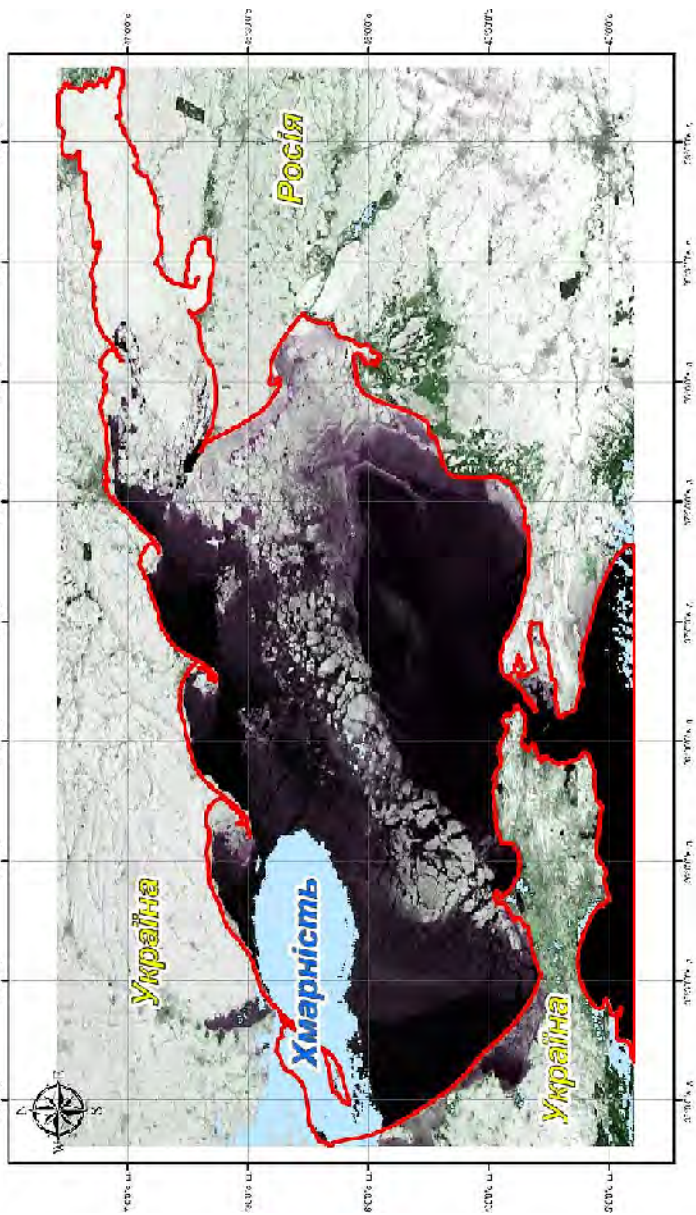
Продовження додатку 1

Тематична карта льодового покриття Азовського моря

Космічний супутник: TERRA  
Простір: MODIS  
Дата зйомки: 15 січня 2005 року.  
Час зйомки: 06:45:01СХ

Дано саванити: 15 січня 2000 року  
Проекція: GCS\_WorldGeoid\_1912  
Система координат: WGS 84  
Кров'яний координат: 10

Усі права захищені ЦПОС іт. ЗНД.  
Виконавці: Моварозв'язки О.С.

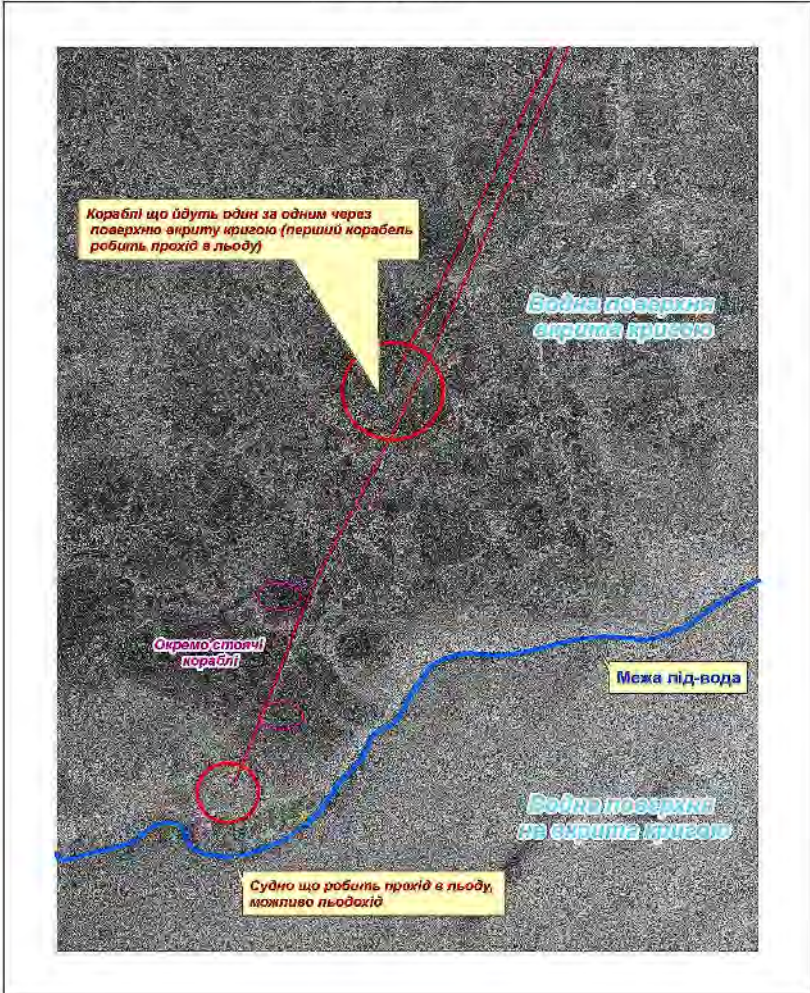


### Льодове покриття Азовського моря за даними РЛС БО.

Космічний апарат:  
Проекція: ASAR  
Дата зйомки: 19 січня 2009 року.  
Час зйомки: (UTC).

Дата вивчення: 13 лютого 2009 року.  
Проекція: GCS\_Pulkovo\_1942.  
Система координат: WGS 84.  
Крок сітки координат: 30'

Усі права захищені ЦПОСІ та КПІ.  
Виконавці: Морваровський О.С.





## **Висновок**

Проведена робота:

- підтверджує можливість оперативного оброблення даних та формування кінцевого інформаційного продукту безпосередньо після прийому інформації ДЗЗ (на засобах ЦПОСІ та КНП);
- необхідність використання радіолокаційних даних для уточнення льодової обстановки при несприятливих метеоумовах та оцінки стану судноплавних шляхів (Додаток 2).

Аналіз отриманих карт показав, що станом на 2009 рік акваторія Азовського моря була більш відкрита від криги, ніж у 2008 році. Таким чином можливо передбачити, що кліматичні умови в цьому році сприяли більш інтенсивному судноплавству, а отже, й більшому техногенному навантаженню на акваторію.

На даний час продовжується тестування алгоритму з метою його вдосконалення та автоматизації з подальшим розміщенням результатів оброблення в мережі INTERNET (<http://dzz.gov.ua/>).

Актуальним питанням лишається валідація отриманих тематичних результатів за наземними, водними спостереженнями та даними авіаційної розвідки льодової обстановки.

*Отримано: 18.03.2009 р.*