

УДК 629.563
Д 86**АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ
В АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОМ БАССЕЙНЕ**В. Р. Душко, канд. техн. наук, доц.;
А. Ю. Лопатнева, асп.*Севастопольский национальный технический университет, г. Севастополь***Аннотация.** Выполнен анализ условий ледовой обстановки на шельфе Азовского и Черного морей на основе данных спутниковой радиолокационной съемки, позволяющей получать всепогодную, не зависящую от времени суток, точную и оперативную информацию.**Ключевые слова:** ледообразование, ледовая обстановка, физико-механические характеристики льда.**Анотація.** Виконано аналіз умов льодової обстановки на шельфі Азовського і Чорного морів на основі даних супутникової радіолокаційної зйомки, яка дозволяє отримувати всепогодну, незалежну від часу, точну та оперативну інформацію.**Ключові слова:** льододутворення, льодова обстановка, фізико-механічні характеристики льоду.**Abstract.** The analysis of the ice situation conditions on the shelf of the Azov and Black Seas has been carried out on the basis of data of the satellite radar survey which allows to get all-weather, time-invariant, exact and operational information.**Keywords:** ice formation, ice situation, physical and mechanical characteristics of ice.**ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ**

Одной из наиболее значимых и острых проблем экономики Украины является быстрый рост потребления основных энергоносителей (нефти, газа, газового конденсата), который значительно опережает темпы их добычи. Решение этой проблемы невозможно без освоения месторождений углеводородов на шельфе Азово-Черноморского бассейна, что требует создания комплекса океанотехнических систем различных типов для обустройства и организации работ. К таким системам относятся морские буровые платформы (МБП) различных типов, стационарные терминалы и другие системы для производства и обеспечения работ [1], успешное проектирование которых зависит от достоверных методов расчета внешних воздействий, в частности ледовых нагрузок [4].

**АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ПУБЛИКАЦИЙ**

Для исследования ледовой обстановки и составления карт ледовых полей используются спутниковые данные, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с материалами традиционных контактных океанографических исследований. Они отличаются высоким пространственно-временным разрешением, возможностью информационной засветки обширных акваторий, включая экономические зоны и территориальные воды различных государств, что не всегда доступно контактными методами [1]. Однако в практических расчетах [5] используют региональное описание природных условий, представленное в ISO 19906 [2], которое основано на многолетних наблюдениях, но точно не отражает полноту картины ледовой обстановки непосредственно в каждый конкретный зимний период.

ЦЕЛЬ СТАТЬИ – выполнить анализ условий ледовой обстановки на шельфе Азово-Черноморского бассейна по данным спутниковой радиолокационной съемки, позволяющим определить тип ледовых образований, который является одним из основополагающих факторов выбора методики расчета ледовых нагрузок.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Ежегодно ледяной покров Черного моря занимает около 5 % от всей площади [3]. В северо-западном районе ледовое покрытие имеет большую протяженность. Образование льдов обычно начинается в середине декабря. Дата появления первого льда сильно меняется в зависимости от погодных условий и географического положения. Устья рек Днестр, Днепр, Буг полностью замерзают каждый год, однако в течение зимы ледяной покров может взламываться и дрейфовать в море. Согласно ISO 19906 параметры ледообразования в Черном море следующие: 1) в *северо-восточном* районе ледообразование с 3–28 января, становление припая с 3 января – 14 февраля; разрушение припая с 24 января – 20 февраля; очищение от льда с 24 января – 23 февраля; продолжительность ледового периода 8–40 дней; 2) в *западном* районе ледообразование с 8 января, разрушение припая 5 ноября; очищение от льда 7 февраля; продолжительность ледового периода 30 дней; 3) в *северо-западном* районе ледообразование с 6 декабря – 22 января, становление припая с 15 декабря по 7 февраля; разрушение припая с 19 января – 8 марта; очищение от льда с 12 февраля – 18 марта; продолжительность ледового периода 19–102 дней, толщина льда 0,13...0,34 м.

Формирование ледовых полей в Азовском море происходит каждый год. В суровые зимы лед покрывает большую часть поверхности моря (а иногда и все море). В мягкие зимы лед образуется в устьях, заливах и бухтах, защищенных от волн, вдоль побережья. Ледовые условия в Азовском море нестабильны. Лед может формироваться и сходить несколько раз за сезон и может трансформироваться из дрейфующего в припайный и наоборот. Параметры ледообразования в Азовском море согласно ISO 19906: ледообразование в период с 23 ноября – 20 января, становление припая с 31 декабря – 1 февраля, разрушение припая с 18 февраля – 13 марта, очищение от льда с 25 февраля – 1 апреля, продолжительность ледового периода 37–106 дней, максимальная толщина льда 1 м.

Использование спутниковой информации при изучении ледовой обстановки на шельфе. Сравнительно недавно единственным способом получения данных о ледовой обстановке были визуальные наблюдения с самолетов, кораблей и экспедиционных судов. Помимо ряда преимуществ, визуальным наблюдениям свойственны недостаточная точность определения характеристик и привязки к месту наблюдений, субъективность количественных оценок, малая обзорность, высокая стоимость, ограниченность во времени и пространстве. Поэтому с недавнего времени традиционные методы визуальных оценок перестали удовлетворять запросы науки и практики и для авиаразведок стали применяться космические съемки [1].

Уже с середины 1960-х годов по снимкам со спутников ESSAT в автоматическом режиме стали создавать фотокарты морских льдов для северного полушария, сочленяя снимки с отдельных витков, переводя их в картографическую проекцию, выполняя фильтрацию облачности на основе выбора минимальной яркости изображения за несколько дней и разделяя типы льдов разной сплоченности по яркости изображения. Однако облачность и зависимость от условий освещения в приполярных странах сдерживали развитие таких методов мониторинга льдов. С внедрением в космические исследования радиолокационной съемки наиболее перспективными стали космические радиолокационные системы наблюдения за ледовым покровом, позволяющие получать всепогодную, не зависящую от времени суток и года, точную и оперативную информацию. В качестве иллюстрации на рис. 1 показаны снимки ледовых полей на Азовском море.

При радиолокационном зондировании морского льда существенное значение имеет как его шероховатость, так и электрофизические характеристики, главным образом диэлектрическая проницаемость. Поэтому радиолокационные характеристики морского льда зависят от его возраста, увлажненности и температуры поверхности.

В своей начальной форме (иглы) морской лед никак не проявляется на РЛ-изображениях. В стадии ледяного сала на РЛ-изображениях наблюдаются участки пониженной яркости. Лед в форме снежурки и шуги (рыхлые скопления частиц льда или снега) заметен на РЛ-изображениях морской поверхности, получаемых при высоком пространственном разрешении, и идентифицируется по своеобразной мелкозернистой структуре. Ниласовый лед также характеризуется низким уровнем РЛ-сигнала, который увеличивается по мере наслоения льда. РЛ-изображения блинчатых льдов отличаются более высоким уровнем сигнала и проявляются по своеобразной волоконной структуре.



а



б

Рис. 1. Спутниковые снимки ледовых полей, сделанные с помощью ИСЗ AQUA (MODIS):
а – на Черном море; б – на Азовском море

Серым льдам (толщина 10...15 см) присущ относительно высокий уровень РЛ-сигнала. Торосы и другие неоднородности на поверхности льда создают характерные узоры на его изображениях. Поверхность тонкого однолетнего (белого) льда обычно покрыта различными неоднородностями (торосы), которые повышают уровень РЛ-сигнала. На поверхности однолетних льдов средней толщины кроме густой сетки восторощенных участков присутствуют обширные ровные площадки, покрытые слоем снега. РЛ-изображения таких льдов характеризуются пространственной неоднородностью с различной степенью изменчивости. Толстые однолетние льды по своим дешифровочным признакам на РЛ-изображениях практически не отличаются от однолетних льдов

средней толщины.

В период таяния поверхность ледовых полей увлажняется и покрывается пятнами снежиц. Интенсивность РЛ-сигнала от поверхности таких льдов снижается. При таянии снежного покрова шероховатость поверхности увеличивается и при этом возрастает уровень отраженного РЛ-сигнала. В зимний и весенний периоды РЛ-изображения старых (многолетних) льдов отличаются от изображений молодых льдов более высоким уровнем сигнала. В летний период эти отличия нивелируются, так как рассеяние от поверхности молодых льдов увеличивается при увеличении их шероховатости. Каналы и разводя в массивах льдов четко проявляются на РЛ-изображениях за счет низкого уровня сигнала.

Для определения характеристик ледовых полей могут быть эффективно использованы данные цветных сканеров типа MODIS. Измерительные каналы системы MODIS охватывают диапазон от коротких волн $0,412 \mu\text{m}$ и до тепловых каналов на длинах волн порядка $10 \mu\text{m}$. Алгоритмы выделения полей льда и снега используют каналы 4, 6, 7, 13, 16, 20, 26, 31 и 32, описание которых можно найти на сайтах <http://modis.gsfc.nasa.gov/>, <http://modis.gsfc.nasa.gov/>

в зависимости от солености морской воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Бородавкин, П. П.** Морские нефтегазовые сооружения. Ч.1. Конструкция [Текст] / П. П. Бородавкин. – М. : Недра, 2006. – С. 300–309.
- [2] ГОСТ Р ИСО 19906. Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения арктического шельфа [Текст] / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – М. : Стандартинформ. – 659 с.
- [3] **Доронин, Ю. П.** Физика льда [Текст] / Ю. П. Доронин. – СПб. : Изд-во РГТМУ, 2005. – С. 154–159.
- [4] **Кушнир, В. М.** Воздействие морской среды на системы освоения шельфа [Текст] / В. М. Кушнир, В. Р. Душко, С. В. Федоров. – Севастополь : СевНТУ, 2009. – С.157–160.
- [5] **Шарапов, Д. А.** Анализ рекомендаций по оценке ледовой нагрузки при вмержении сооружений [Текст] / Д. А. Шарапов, К. Н. Шхинек. – Севастополь : Изд-во Политехнического ун-та, 2011. – С. 3–4.

и <http://modis.gsfc.nasa.gov/MODIS/CAL/>.

ВЫВОДЫ

1. Выполненный анализ условий ледовой обстановки на шельфе Азово-Черноморского бассейна показал, что в зимний период формируется устойчивый ледяной покров с толщиной льда в зонах активных и пассивных припаев до 0,6 м.

2. Ледовые условия, характеризующиеся морфологическими и физико-механическими показателями льдов, а также динамика ледяного покрова являются определяющими при расчетах ледовых нагрузок на МБП. Поэтому наиболее обоснованный подход к формированию комплекса исходных данных для расчета ледовой нагрузки должен базироваться на использовании спутниковых карт ледовой обстановки, которые позволяют учитывать пространственное распределение и границы ледовых полей, их основные структурные особенности и температуру поверхности льда с пространственным разрешением до 1 км.

3. Учет параметров температуры льда позволяет оценить толщину ледового поля, так как температура нижней границы (точка замерзания) определяется

© В. Р. Душко, А. Ю. Лопатньова

Надійшла до редколегії 10.01.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
канд. техн. наук, проф. НУК А. Ф. Галь