

## ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА АЗОВСЬКОГО МОРЯ ЗА СТАТИСТИЧНИМИ ДАНИМИ ЛЬДОВИХ УМОВ

<sup>1</sup>О.В. Хотнянська, <sup>1</sup>В.П. Сінцов, <sup>2</sup>С.О. Овецький, <sup>2</sup>М.Г. Яриновський

<sup>1</sup>Національна академія природоохоронного і курортного будівництва,  
95006, м. Сімферополь, вул. Павленка, 5, e-mail: 0000037@mail.ru

<sup>2</sup>ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42331,  
e-mail: public@nuing.edu.ua

*Проаналізовано статистичні дані льодового стану Азовського моря, а саме: подекадна товщина нерухомого льоду, форми льоду та його торосистість, а також інші гідрометеорологічні умови. Проведені дослідження дадуть змогу запроєктувати ефективні конструкції морських стаціонарних платформ, стійких до льодових навантажень Азовського моря.*

Ключові слова: морський лід, торосистість льоду, гідрометеорологічні умови

*Проанализированы статистические данные ледового состояния Азовского моря, а именно: подекадная толщина неподвижного льда, формы льда и его торосистость, а также другие гидрометеорологические условия. Проведенные исследования позволяют проектировать эффективные конструкции морских стационарных платформ, стойких к ледовым нагрузкам Азовского моря.*

Ключевые слова: морской лед, торосистость льда, гидрометеорологические условия

*Statistical information of ice condition of sea of Azov is analysed in the article, namely: ten-day period depth of immobile ice, geometry of ice and him ice-drifts, and also other hydrometeorological terms. The conducted investigations will allow to project the effective constructions of marine stationary gantries, proof to the ice duties of sea of Azov.*

Keywords: marine ice, to ice-drifts ice, hydrometeorological terms

**I. Постановка проблеми.** Характерною особливістю гідрологічного режиму Азовського моря є щорічне утворення льоду на його акваторії, навіть у відносно м'які зими. В окремі зимові сезони льодові умови суттєво ускладнюють або роблять тимчасово неможливим судноплавство в деяких районах без підтримки льодокольного флоту. Суттєво може бути ускладнена або навіть припинена в окремі сезони безпечна експлуатація морських нафтогазових споруд у частинах Азовського моря (рис. 1, 2), де можливий інтенсивний дрейф льодових полів. Крім того, найскладнішим і, як правило, визначальним питанням розрахунку гідротехнічних споруд континентального шельфу є визначення навантажень, які викликані природними факторами, а саме льодових умов. Оскільки вони за своєю природою мають імовірнісний характер, для проектних та експлуатаційних розрахунків стійкості морських нафтогазових споруд, які працюють в Азовському морі, необхідно охарактеризувати гідрометеорологічні умови Азовського моря за статистичними даними льодових досліджень.

**II. Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під час аналізу основних льодових явищ на побережжі моря в районі родовищ використовується загальноприйнята практика ділення зим на типи (м'які, помірні і суворі) залежно від суми середньодобових від'ємних температур повітря над морем за льодовий сезон. Як свідчать дослідження Фоміна Т.В. (1994) цикли льодовитості моря добре корелюються з наве-

деними положеннями (табл. 1). Основні характеристики льодових явищ, характерні дати і тривалість льодових явищ для району пункту нагляду Мисове на мисі Казантип за типами зим зведені в таблицях 2-5. Як видно з таблиць, як правило, в середньому стійке льодоутворення на побережжі Кримського Приазов'я спостерігається у другій-третьій декаді січня залежно від типу зими. Найбільш раннє стійке льодоутворення спостерігалось в кінці першої декади січня.

Утворення стійкого припаю майже завжди спостерігається в суворі зими і з імовірністю 40-50% в помірні зими. В м'які зими утворення стійкого припаю малоімовірне, якщо ж це відбувається, то його товщина не перевищує 5-7 см. В помірні зими товщина припайного льоду, як правило, максимальна (20-25 см) у другій-третьій декаді лютого і першої декади березня. В суворі зими товщина припайного льоду може досягати 30-50 см досить тривалий період (з другої декади лютого до третьої декади березня).

Припай зазвичай починає остаточно руйнуватися залежно від типу зим, з третьої декади лютого по третю декаду березня. В окремі помірні зими руйнування припаю спостерігається значно раніше – в першій-другій декаді лютого. Остаточне очищення моря від льоду може затягнутися до першої декади квітня, внаслідок вітрового дрейфу льоду з північної і східної частини моря.

Тривалість льодового періоду у досліджуваному районі залежно від типу зим змінюється



Рисунок 1 – Льодостійка платформа на Східно-Казантипському родовищі та СПБУ „Таврида”



Рисунок 2 – Льодове навантаження на опори

в достатньо широкому діапазоні (від 0 до 160 діб). Максимальне число днів з льодом в льодовий період спостерігається в суворі зими (зокрема на станції Мисове 139 днів, в середньому 89). Імовірність появи льоду в м'якій зими у досліджуваному районі Азовського моря складає 57%. При утворенні льоду в такі зими середня

тривалість льодового періоду досить незначна – до 22 діб в районі Мисового.

Загалом слід зазначити, що характерні дати основних льодових явищ і імовірність їх спостережень в районі Мисового досить близькі між собою.

**Таблиця 1 – Середні дати і імовірності (Р %) характерних льодових явищ в районі МГ Мисове (1926-2003) для різних типів зим**

Льодові явища	Дати							
	Типи зим						Весь період	
	Суворя		Помірна		М'яка		Р(%)	Сер. дата
	Р (%)	Сер. дата	Р (%)	Сер. дата	Р (%)	Сер. дата		
Першого льодоутворення	100	31.12	100	7.01	57	29.01	82	11.01
Стійкого льодоутворення	100	12.01	67	9.01	27	28.01	57	13.01
Початку утворення стійкого припаю	79	15.01	23	27.01	3	-	26	20.01
Першого повного замерзання	86	17.01	50	22.01	13	11.02	42	22.01
Остаточного замерзання	36	9.02	7	-	0	-	11	5.02
Початку руйнування або першої рухомості припаю	36	31.03	7	-	0	-	11	19.03
Остаточного руйнування припаю	93	17.03	77	22.02	23	22.02	58	1.03
Остаточного очищення від льоду	100	9.04	100	20.03	57	9.03	82	21.03

**Таблиця 2 – Елементи льодового періоду (в добах) в південній частині Азовського моря (станція Мисове) для різних типів зим**

Елементи льодового періоду	Весь ряд спостережень		Тип зими					
	Сер.	Границі	Суворя		Помірна		М'яка	
			Сер.	Границі	Сер.	Границі	Сер.	Границі
Тривалість льодового періоду	57	0-160	99	61-160	73	28-134	22	0-102
Число днів з льодом льодового періоду	46	0-139	89	50-139	55	12-102	17	0-96
Число днів без льоду льодового періоду	11	0-58	10	0-25	18	0-58	5	0-57

**Таблиця 3 – Ранні і пізні дати основних льодових явищ в районі станції Мисове для різних типів зим**

Характеристика зим	Дата першого льодоутворення		Дата стійкого льодоутворення		Дата остаточного руйнування припаю		Дата остаточного очищення від льоду	
	Рання	Пізня	Рання	Пізня	Рання	Пізня	Рання	Пізня
Весь період	28.11	1.02	18.12	25.02	21.02	3.04	13.03	7.05
Суворі зими	28.11	7.03	10.12	25.02	16.12	6.04	23.01	7.05
Помірні зими	2.12	7.02	10.12	11.02	16.12	6.04	12.02	24.04
М'які зими	4.01	7.03	5.01	15.02	29.01	6.03	23.01	28.04

**Таблиця 4 – Подекадна товщина нерухомого льоду (см) в районі станції Мисове. Період спостереження 1978-2003 рр.**

Характеристика	ХІІ			І			ІІ			ІІІ		
	1 дек	2 дек	3 дек	1 дек	2 дек	3 дек	1 дек	2 дек	3 дек	1 дек	2 дек	3 дек
Середня	-	-	-	-	-	12	18	50	23	28	37	-
Мінімальна	-	-	-	-	9	8	12	11	11	13	20	14
Максимальна	-	-	-	-	15	15	25	27	45	51	56	20

**Таблиця 5 – Наростання товщини нерухомого льоду (припаю) в см за 20 діб до відміченого максимального значення в районі станції Мисове**

Дата	Середньодобова температура повітря (°C)	Товщина льоду (см)
23/02/1985	-9,9	40
24/02/1985	-10,7	40
25/02/1985	-12,8	42
26/02/1985	-12,6	42
27/02/1985	-12,5	43
28/02/1985	-12,4	45
01/03/1985	-11,6	45
02/03/1985	-9,3	46
03/03/1985	-11,0	47
04/03/1985	-10,0	48
05/03/1985	-7,9	48
06/03/1985	-8,8	49
07/03/1985	-10,3	51
08/03/1985	-10,6	51
09/03/1985	-10,5	51
10/03/1985	-9,0	51
11/03/1985	-6,7	52
12/03/1985	-6,6	53
13/03/1985	-5,4	53
14/03/1985	-1,8	56

### III. Виділення невирішених частин загальної проблеми

На даний час залишаються невирішеними питання точних характеристик льодових умов Азовського моря, а саме:

- дослідження конкретних районів встановлення нових та модернізації існуючих морських стаціонарних платформ;
- визначення типу наявних видів льоду та їх імовірнісний розподіл за типами і місцями їх дислокації;
- розгляд особливо небезпечних для конструкції платформ і газопроводу льодових утворень у вигляді хаотичного нагромадження льоду (стамух, торосів, льодяних бугрів і бар'єрів).

### IV. Постановка задачі

При будь-яких схемах взаємодії льоду і споруд основними факторами, які визначають льодове навантаження на споруди, є [1]:

- геометричні розміри, які характеризують розрахунковий вигляд льодового утворення;
- міцнісні характеристики льодового утворення;
- характер руйнування, який визначається геометричними особливостями споруди;
- швидкість переміщення льодових утворень відносно споруди;
- величина сил, які викликали дрейф льодових утворень (визначається факторами на-

вколишнього середовища: швидкістю вітру, течії і т.д.);

- розміри льодових утворень і розміри споруди;
- степінь контакту між спорудою і льодовим утворенням.

Найменше вивченими є фактори, які залежать від характеристики торосистих утворень, і фактори, що визначають максимальне значення сил, які викликають переміщення льодових полів.

### V. Основний матеріал дослідження.

Інформація, яка використовується в цьому розділі, є масив авіаційних спостережень, виконаних Керченським авіавідділом в період з 1947 по 1991 рік. Як правило, авіарозвідка проводилась над акваторією Азовського моря подекадно кожний місяць. В кінці льодового сезону (березень-квітень) спостереження проводились частіше, на початку і в середині сезону - дещо рідше. Інформація льодових розвідок доповнювалась комплексом льодових спостережень на морських берегових станціях і постах. За останні п'ять льодових сезонів використовувалась інформація, одержана з штучних супутників Землі серії NOAA у видимому і інфрачервоному діапазонах спектра (рис. 3). При дешифруванні знімків використовувались льодові спостереження на берегових пунктах.

Льодовий режим в досліджуваному районі здебільшого визначається приносим льодом. Для південно-західної частини Азовського моря характерним є присутність плаваючого льоду, в суворі і помірні зими. Це переважно льодяні поля різноманітного розміру і форми, принесені в результаті вітрового дрейфу із північних і східних районів моря.

Для аналізу льодових умов відкритої частини моря було виділено точки, безпосередньо розташовані в районі технологічної платформи і нитки газопроводу (рис. 4) та їх координати (табл. 6).

В м'які зими, як правило, море в досліджуваному районі вільне від льоду, рідше спостерігаються первинні форми льоду, що в цілому не може суттєво зашкодити судноходінню або ускладнити стійку експлуатацію платформ (табл. 7). В помірні і суворі зими до третьої декади січня в районі родовищ переважно спостерігаються або припай сірого (рідше білого льоду), або обширні згуртовані поля сірого і сіро-білого льоду. В лютому район зайнятий припаєм білого льоду або дрейфуючими полями білого, сіро-білого льоду різних розмірів. У другій-третьій декаді лютого припай, в основному, руйнується, і переважають малі льодяні поля білого, сіро-білого льоду.

Товщина льодових полів залежить від типу зим. В січні товщина плаваючого льоду зазвичай лежить в діапазоні 15-20 см в помірні зими і 20-30 см – в суворі зими. Найбільша товщина льодових полів спостерігається в лютому (20-30 см в помірні зими 30-45 см в суворі). Товщина снігового покриву на припаю не перевищує 25 см.

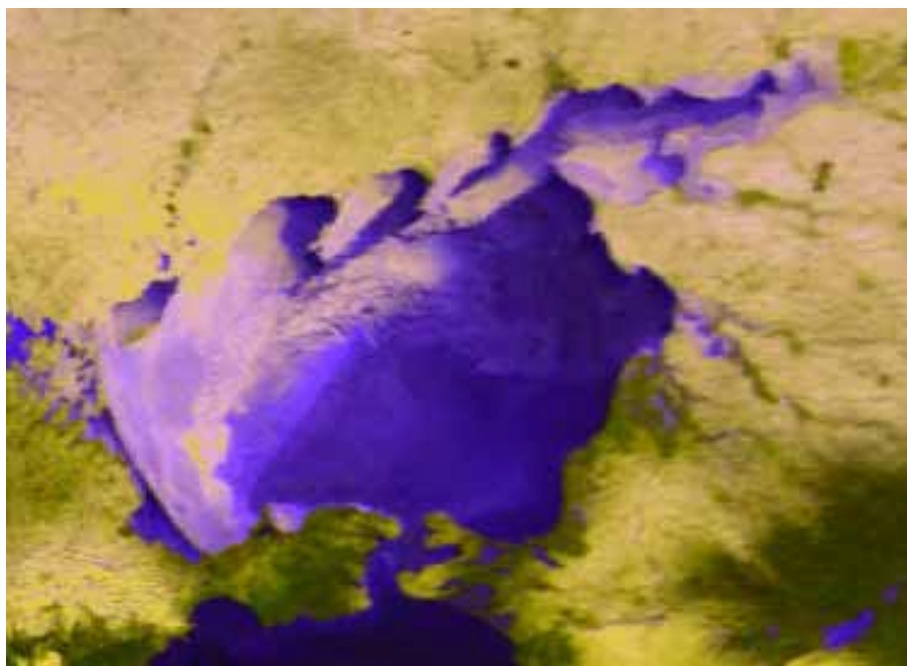


Рисунок 3 – Зображення Азовського моря 13 лютого 2003 року, прийняте із супутника NOAA (видимий діапазон спектра). Світлий тон на акваторії моря відповідає наявності льоду

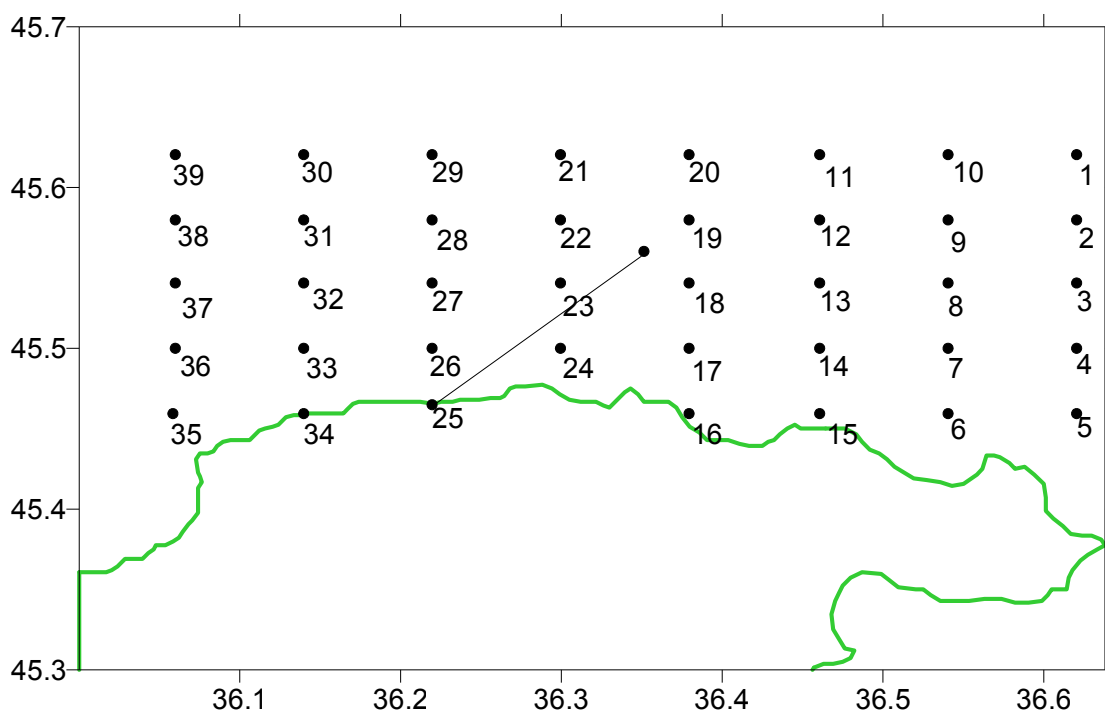


Рисунок 4 – Точки спостереження за льодовим покриттям у відкритому морі

Слід зазначити важливу особливість льодового режиму Азовського моря і його південно-західної частини в тому числі - це наявність вітрового перерозподілення льоду по акваторії моря. Напрямок дрейфу льодових полів залежить від переважаючих в зимовий сезон вітрів і, в основному, відбувається з північної і східної частини переважно або південно-західному, західному напрямку або в південному. В такому випадку спостерігається притиснення льо-

дових полів до берега, а в районі Опасного – виніс в Чорне море через Керченську протоку. Дрейф льоду у північному і північно-східному напрямку спостерігається достатньо рідко. Найбільша швидкість дрейфу 3-7 км/год.

Дрейф льодових полів, їх руйнування на мілководді, змерзання в припай, можуть суттєво ускладнити безпечну експлуатацію платформ на шельфі Азовського моря загалом.

Таблиця 6 – Координати точок спостережень за льодовим комплексом у відкритому морі

№ точки	Довгота (В.Д.)	Широта (С.Ш.)	№ точки	Довгота (В.Д.)	Широта (С.Ш.)
1	36°37'	45°37'	21	36°18'	45°37'
2	36°37'	45°35'	22	36°18'	45°35'
3	36°37'	45°32'	23	36°18'	45°32'
4	36°37'	45°30'	24	36°18'	45°30'
5	36°37'	45°28'	25	36°13'	45°28'
6	36°32'	45°28'	26	36°13'	45°30'
7	36°32'	45°30'	27	36°13'	45°32'
8	36°32'	45°32'	28	36°13'	45°35'
9	36°32'	45°35'	29	36°13'	45°37'
10	36°32'	45°37'	30	36°08'	45°37'
11	36°28'	45°37'	31	36°08'	45°35'
12	36°28'	45°35'	32	36°08'	45°32'
13	36°28'	45°32'	33	36°08'	45°30'
14	36°28'	45°30'	34	36°03'	45°28'
15	36°28'	45°28'	35	36°03'	45°28'
16	36°22'	45°28'	36	36°03'	45°30'
17	36°22'	45°30'	37	36°03'	45°32'
18	36°22'	45°32'	38	36°03'	45°35'
19	36°22'	45°35'	39	36°03'	45°37'
20	36°22'	45°37'			

Таблиця 7 – Форми льоду в південно-західній частині Азовського моря в січні-лютому (згідно з даними авіарозвідки) в суворі зими

№ точки	СІЧЕНЬ							ЛЮТИЙ													
	20/01/63	28/01/63	9/01/69	17/01/69	27/01/69	17/01/72	27/01/72	06/02/56	27/02/56	06/02/63	25/02/63	24/02/64	03/02/69	13/02/69	24/02/69	03/02/72	16/02/72	23/02/72	07/02/74	11/02/87	26/02/87
21	19	2	3	13	1	4	1	2	9	10	8	9	16	10	10	10	10	10	8	11	27
22	19	2	3	8	1	4	1	2	9	10	8	9	16	10	10	10	10	10	8	11	27
23	19	2	3	8	1	4	1	2	9	10	8	9	3	10	10	10	10	10	8	0	11
24	19	2	3	8	1	4	1	2	1	10	8	9	3	10	10	10	10	10	8	2	11
25	19	2	3	8	1	4	1	2	1	4	8	9	0	10	1	1	10	10	4	2	11
26	19	2	3	8	1	4	1	2	1	10	8	9	0	10	10	10	10	10	8	2	11
27	19	2	3	8	1	4	1	2	1	10	8	9	3	10	10	10	10	10	8	2	11
28	19	2	3	8	1	4	1	2	9	10	8	8	3	10	10	10	10	10	8	0	11
29	19	2	3	8	1	4	1	2	9	10	8	8	3	10	10	10	10	10	8	11	11
30	19	2	3	8	1	4	1	2	9	10	8	8	3	10	10	10	10	10	8	11	11
31	19	2	3	21	1	4	1	2	9	10	8	8	3	10	10	10	10	10	8	11	11
32	19	2	3	21	1	4	1	2	9	10	8	8	3	10	10	10	10	10	8	11	11
33	19	2	3	21	1	4	1	2	1	10	8	8	0	10	10	10	10	10	8	0	25
34	19	2	3	21	1	4	1	2	1	17	8	10	0	1	1	10	1	1	4	2	25
35	19	2	3	21	1	4	1	2	1	17	8	10	3	1	1	1	1	1	4	0	25
36	19	2	3	21	1	4	1	2	1	10	8	9	3	10	10	10	10	10	8	0	25
37	19	2	3	21	1	4	1	2	1	10	10	9	3	10	10	10	10	10	8	11	25
38	19	2	3	21	1	4	1	2	9	10	10	9	3	10	10	10	10	10	8	11	11
39	19	2	3	21	1	4	1	2	9	10	10	9	3	10	10	10	10	10	8	11	11

**Пояснювальна легенда кодів форм льоду**

Код	Найменування
0	Чиста вода
1	Припай білого льоду
2	Припай сіро-білого льоду
3	Темний нілас
4	Обширні поля сіро-білого льоду
6	Сало
7	Обломки полів сіро-білого льоду
8	Обломки полів сірого льоду
9	Обширні поля білого льоду
10	Малі льодяні поля сіро-білого льоду
11	Крупнобитий сіро-білий лід
12	Дрібнобитий сіро-білий лід
13	Крупнобитий сірий лід
16	Дрібнобитий білий лід
17	Великі поля сіро-білого льоду
19	Припай сірого льоду, світлий нілас
20	Припай темного ніласа, склянки
21	Обширні льодяні поля сірого льоду
22	Дрібнобитий сірий лід
25	Крупнобитий білий лід
27	Льодяна каша

Гідрометеорологічні умови в кінці другої – початку третьої декади в районі Мисове зведені в таблиці 8. При її перегляді є помітними достатньо низькі для грудня середньодобові температури повітря і води, а також переважний дрейф льоду в кінці другої декади в південному і південно-західному напрямку, який змінюється до середини третьої декади південно-східним і східним.

**Таблиця 8 – Гідрометеорологічні умови на станції Мисове 19-26/12/2003**

Дата	МГ Мисове				Напрямок
	Ta (°C)	Tw (°C)	V (м/с)		
			ср	макс	
19/12/02	-5,5	-0,4	3	6	ППС
20/12/02	-5,4	-0,3	6	11	ППЗ
21/12/02	-7,6	-0,2	5	11	ЗПЗ
22/12/02	-1,7	-0,1	5	14	ПЗ
23/12/02	-4,4	-0,1	5	10	З
24/12/02	-7,8	-0,3	6	10	З
25/12/02	-9,3	-0,4	9	14	ПЗ
26/12/02	-7,1	-0,4	7	14	ЗПЗ

Примітка:  
 Та – середньодобова температура повітря;  
 Tw – середньодобова температура води;  
 V – швидкість вітру.

Загалом необхідно визнати, що льодові умови в районі родовищ, внаслідок значного дрейфу льоду, в суворі і помірні зими є несприятливими для безпечної експлуатації платформ.

Особливу небезпеку для конструкції платформ і газопроводу являють льодові утворення у вигляді хаотичного нагромадження льоду (табл. 9).

**Таблиця 9 – Торосистість льоду (в балах) за даними спостережень на берегових пунктах у 1978-2002 рр.**

Характеристика	ХІІ		І		ІІ		ІІІ		ІV	
	припай	плавучий	припай	плавучий	припай	плавучий	припай	плавучий	припай	плавучий
Мінімальна	-	-	0	0	0	0	0	0	-	0
Максимальна	-	-	1	2	2	2	2	2	-	2

В генезисі подібного роду утворень (стамух, торосів, льодяних бугрів і бар'єрів) основну роль грає інтенсивність дрейфу і товщина льоду, батиметрія (наявність зрізаних берегів). Досліджуваний район слід віднести до області значної торосистості (табл. 10). Висота торосів досягає 2 метрів.

**Таблиця 10 – Характер поверхні льодового покриття**

Бал	Характеристика	Площа (та, яка спостерігалася), покрита торосами
0	рівний лід	0%
1	лід торосистий місцями	70%
2	суцільно торосистий	90%.

**VI. Висновки.** Проведені теоретичні дослідження дали змогу оцінити та систематизувати гідрометеорологічну інформацію стосовно Азовського моря в районі роботи морських нафтогазових споруд та проектування нових конструкцій морських стаціонарних платформ.

Подальші дослідження необхідно зосередити на математичному аналізі наведених даних за допомогою методів комплексної кліматології і моделюванні льодових навантажень на морські нафтогазові споруди.

**Література**

1 Возний В.Р. Морські нафтогазові споруди [Текст]: Підручник / В.Р. Возний, М.К. Ільницький, Р.С. Яремійчук. – Львів: Світ, 1996. – 343 с.

Стаття постуила в редакційну колегію 30.06.09

Рекомендована до друку професором Дрогомирецьким Я.М.