

-
4. Заичко В. С. Алгоритм формирования множества допустимых загрузок судна генеральными грузами/ Заичко В. С. // Судовождение. – 2006. – № 12. – С. 59-62.
 5. Цымбал Н. Н. Формирование оптимизационной задачи проведения грузовых операций навалочных судов/Цымбал Н. Н., Васьков Ю. Ю. // Судовождение. – 2004. – № 7. – С. 3-10.
 6. Цымбал Н. Н. Выбор оптимального варианта проведения грузовых операций навалочных судов/Цымбал Н. Н., Васьков Ю. Ю. // Автоматизация судовых технических средств. – 2005. – № 9. – С. 103-107.

Гайченя О.В.

ФОРМУВАННЯ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ КОМП'ЮТЕРНОЇ ВАНТАЖНОЇ ПРОГРАМИ СУДНА

У статті розглянутий спосіб формування бази даних для розробки комп'ютерної вантажної програми судна. Приводиться опис необхідних для цього чотирьох модулів, що дозволяють створення бази даних, яка необхідна для синтезу комп'ютерної вантажної програми судна за допомогою спеціальної програми

***Ключові слова:** вантажна програма судна, формування бази даних програми, модулі створення бази вантажної програми.*

Gajchenya A.

FORMING OF BASIC DATA OF COMPUTER CARGO PROGRAM OF SHIP

The method of forming of database for development of the computer cargo program of ship is considered in the article. It is brought description over of necessary for this purpose four modules, allowing creation of database which is needed for the synthesis of the computer cargo program of ship by the special program.

***Keywords:** cargo program of ship, forming of database of the program, modules of creation of base of the cargo program.*

УДК 627.223.6

Горбатенко Є.Г., Хомицький В.В., Фомін В.В., Терещенко Л.М, Кремез В.С.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРИБЕРЕЖНИХ ТЕЧІЙ НА БАРОВІЙ ЧАСТИНІ ФАРВАТЕРУ ЗІ СКЛАДНИМИ УМОВАМИ ПІДХОДУ

На прикладі глибоководного судового ходу на баровій частині Новостамбульського гирла Килійської дельти р. Дунай в статті розглядаються особливості розрахунку прибережних течій на фарватерах зі складними умовами підходу.

***Ключові слова:** судноплавний канал, вітрові хвилі, прибережна течія, спектральна модель.*

Прогноз розрахункових значень швидкості вітру та параметрів хвиль разом з течіями є однією з головних проблем при провадженні суден в вузькостях або на відкритих прохідних морських каналах, оскільки наявність цих факторів динаміки суттєво ускладнює керування рухом судна. Наприклад, дія вітру викликає дрейф та крен судна, а під час дії течії на носових курсових кутах вітру судно здобуває рискливість та погано слухається руля. Особливо небезпечним буває боковий нахил судна при прямуванні його курсом рівнобіжним фронту вітрової хвилі.

При проектуванні підхідного каналу розрахункові величини вітру та хвиль нормативної забезпеченості взагалі визначають за допомогою статистичних даних та стандартних розрахунків. В умовах складних фарватерів, в тому разі при наявності в зоні дії каналу гідротехнічних споруд, дослідження факторів динаміки потребують використання математичних моделей.

В даній статті: на прикладі дослідження нестационарних гідродинамічних полів на фарватері судового ходу в баровій частини гирла Бистре р. Дунай розглядається методика моделювання прибережних течій. Морфологія гирлової області рукава Бистрий та результати математичного моделювання розповсюдження вітрових хвиль над морським підхідним каналом розглядалися раніше[1].

Для оцінки статистичних характеристик вітрового хвилювання в районі гирла Бистре був використаний 33-х річний масив полів висот, напрямів і періодів вітрових хвиль в Чорному морі за період 1979–2011 рр. на регулярній сітці з дискретністю 5 км. по простору і 6 годин за часом. Цей масив був розрахований по моделі SWAN [2...5] з використанням даних атмосферного реаналіза JRA [6]

На рис. 1 приведено графік повторюваності (%) висот значних хвиль h_s у районі гирла Бистре за даними SWAN-JRA. Представлені тут результати достатньо очевидні і не потребують спеціальних коментарів.

Повторюваність середнього напрямку вітрового хвилювання $\bar{\theta}$ у районі гирла Бистре за даними SWAN- JRA показана на рис. 2. Тут і далі розглядається азимутальний напрям хвиль (0^0 – відповідає розповсюдженню хвиль з півдня на північ, відлік назви і напрямку розповсюдження ведеться від півночі за годинниковою стрілкою). Як видно, максимальну повторюваність (більше 10%) мають хвилі, що приходять з сектори $200...225^0$. Тобто тут дійсний напрямок дії вітру дорівнює $(200...225^0)-180^0$.

У табл. 1 представлена сумісна повторюваність (%) висоти значних хвиль h_s (рядки) і середнього періоду хвиль \bar{T} (колонки), отриманих за даними JRA-SWAN.

Табл. 2 містить інформацію про сумісну повторюваність (%) висоти значних хвиль h_s (рядки) і середнього напрямку хвиль $\bar{\theta}$ (колонки) за даними JRA-SWAN. Як видно, найбільш інтенсивні вітрові хвилі ($h_s \geq 4$ м) у досліджуваній район приходять в з сектори $270-292^0$ (тобто зі сходу і південного сходу).

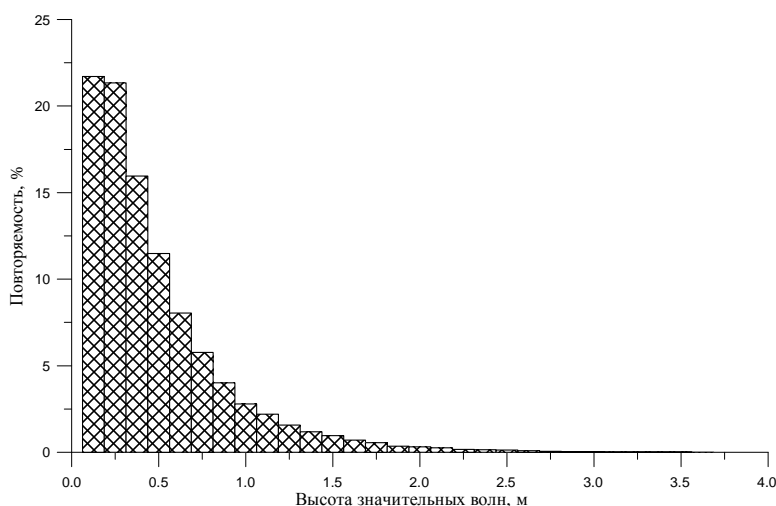


Рис. 1. Повторюваність висот значних хвиль в районі гирла Бистре за даними SWAN-JRA

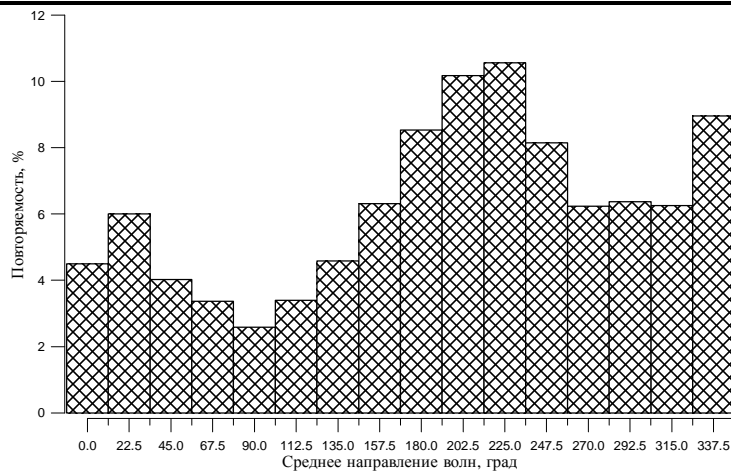


Рис.2. Повторюваність середнього напрямку хвилювання в районі гирла Бистре за даним SWAN-JRA

У табл. 3 приведені оцінки середніх висот, періодів і довжин хвиль, можливих 1 раз на рік, 5, 10, 25, 50 і 100 років в районі гирла Бистре. У 4-ій колонці приведена середня довжина хвиль $\bar{\lambda}$ яка можлива 1 раз в задану кількість років.

Таблиця 1

Сумісна повторюваність (%) висоти значних хвиль і середнього періоду хвиль в районі гирла Бистре за даними JRA-SWAN

$h_s, \text{м}$	\bar{T}_z												
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
4,75													0,02
4,50													0,02
4,25											0,05	0,05	
4,00											0,02	0,05	
3,75										0,05	0,05	0,05	
3,50									0,02	0,12	0,02		
3,25									0,26	0,21	0,05		
3,00								0,05	0,47	0,23			
2,75								0,40	0,84	0,09			
2,50							0,16	1,54	1,01				
2,25							0,89	2,88	0,37				
2,00						0,33	4,47	2,29					
1,75						3,35	7,77	0,68					
1,50					0,89	13,57	6,06	0,19	0,02				
1,25				0,05	14,46	19,91	1,40	0,09					
1,00				10,44	45,63	6,67	0,26						
0,75			5,78	98,30	24,55	1,15	0,09						
0,50		6,04	190,37	56,04	1,64	0,05							
0,25	74,99	320,21	70,90	1,40									

Оцінки висот і періодів хвиль забезпеченості 2%, 1% і 0,1%, можливих 1 раз на рік, 5, 10, 25, 50 і 100 років в районі гирла Бистре приведені в табл. 4. Для цілей, що розглядалися нами, цікаві параметри хвиль 2%-забезпеченості. По наших оцінках, висота і період цих хвиль рівні 6,3м і 11,1с відповідно.

Дані вищезгаданих таблиць відповідають східній границі розрахункової зони гирла Бистре [1].

Для моделювання гідроморфодинаміки досліджуваної акваторії застосовувалася чисельна модель XBeach (eXtreme Beach behavior) [7,8]. Модель XBeach описує хвилі, течії, транспорт наносів і зміни рельєфу дна з урахуванням процесів осушення і затоплення.

Таблиця 2

Сумісна повторюваність (%) висот значних хвиль (м) і середнього напрямку хвиль (град) в районі гирла Бистре за даними JRA-SWAN

$h_s, \text{м}$	$\bar{\theta}$ град															
	0,0	22,5	45,0	67,5	90,0	112,5	135,0	157,5	180,0	202,5	225,0	247,5	270,0	292,5	315,0	337,5
4,75														0,02		
4,50														0,02		
4,25													0,10			
4,00													0,02	0,05		
3,75												0,02	0,07	0,05		
3,50											0,02	0,07	0,07	0,00		
3,25											0,07	0,22	0,17	0,07		
3,00											0,07	0,17	0,42	0,10		0,02
2,75									0,02	0,17	0,54	0,47	0,10	0,05	0,05	
2,50									0,07	0,57	0,94	0,84	0,30	0,07	0,07	
2,25	0,02							0,02	0,12	0,64	1,36	1,31	0,47	0,02	0,22	
2,00	0,05	0,05						0,15	0,52	1,63	1,95	1,16	0,74	0,22	0,59	
1,75	0,25	0,15		0,02	0,02		0,02	0,15	1,26	2,47	3,19	1,38	1,38	0,67	1,16	
1,50	0,42	0,30	0,12	0,10	0,02	0,02	0,05	0,12	0,69	1,90	5,26	3,66	2,49	2,07	1,16	2,40
1,25	1,26	1,23	0,37	0,15	0,07	0,15	0,22	0,52	2,03	4,37	6,47	5,09	3,83	3,53	2,89	4,03
1,00	2,57	2,07	1,06	0,67	0,27	0,35	0,79	2,10	4,96	7,85	9,66	6,87	5,71	5,48	4,79	6,94
0,75	6,27	6,27	2,37	1,68	0,96	1,75	2,64	6,30	12,79	16,80	15,88	10,42	7,26	9,68	10,23	15,91
0,50	13,29	17,04	8,62	6,35	4,25	5,68	9,95	18,33	26,30	28,18	24,72	17,81	12,15	16,47	16,57	25,74
0,25	21,69	32,23	24,70	21,36	17,73	22,06	28,43	33,89	40,19	43,89	40,41	30,33	26,06	25,46	28,26	35,91

Таблиця 3

Оцінки середніх висот, періодів і довжин хвиль, можливих 1 раз на рік, 5, 10, 25, 50 і 100 років в районі гирла Бистре

T, роки	\bar{h} м	$\bar{\tau}$ з	$\bar{\lambda}$ м
1	1,7	5,0	39
5	2,2	5,7	50
10	2,4	6,1	56
25	2,7	6,5	63
50	2,9	6,9	69
100	3,1	7,2	74

Як відомо [9], основний внесок до гідроморфодинаміки прибережної зони вносять індуковані вітровим хвилюванням течії (*wave-induced nearshore currents*) та дисипації енергії хвиль, що виникають в результаті їх розповсюдженні до берега. Хвильові течії виявляються у вигляді сумарного дрейфу на тлі орбітальних рухів частинок води. Саме цей клас течій і відтворюється моделлю XBeach.

Рельєф дна розрахункової області, аналогічний рельєфу, який використовувався в моделі вітрового хвилювання SWAN для 3-ої області [1]. На південній і північній межах розрахункової області задавалися умови вільного проходження. На східній межі розрахункової області параметри вхідних хвиль визначалися на основі 2-х мірного частотно-кутового спектру, що є добутком частотного спектру JONSWAP і функції кутового розподілу у вигляді косинуса кута в ступені 2s.

Було виконано 9 чисельних експериментів з різними типами граничних умови (див. табл.5).

Таблиця 4

Оцінки висот (м) і періодів (с) хвиль 2%, 1%, 0,1% забезпеченості, можливих 1 раз на рік, 5, 10, 25, 50 і 100 років в районі гирла Бистре

T, роки	$h_{2\%}$, м	$h_{1\%}$, м	$h_{0,1\%}$, м	$\tau_{2\%}$, с	$\tau_{1\%}$, с	$\tau_{0,1\%}$, с
1	3,7	4,0	4,8	7,8	8,1	9,0
5	4,6	4,9	5,9	8,9	9,3	10,2
10	5,0	5,4	6,4	9,4	9,8	10,9
25	5,5	5,9	7,1	10,1	10,5	11,7
50	5,9	6,4	7,6	10,6	11,1	12,3
100	6,3	6,8	8,0	11,1	11,6	12,8

Таблиця 5.

Параметри граничних умов в моделі XBeach

Номер чисельного експерименту	Висота хвилі h_s , м	Період хвилі τ_p , с	Азимут набігання	Висота нагону, м	Витрата води в рукаві Q, м ³ /с
1	4	7	Сх	0,65	0
2	4	7	Сх	0,00	0
3	4	10	Сх	0,65	0
4	4	7	ПнСх	0,65	0
5	4	7	ПдСх	0,65	0
6	4	7	Сх	0,65	1560
7	4	7	Сх	0,65	500
8	4	7	Сх	0,65	1000
9	4	7	Сх	0,65	750

На східній межі розрахункової області незмінними залишалися наступні параметри: висота значних хвиль $h_s=4$ м; параметр піковатості спектру $\gamma = 3,3$; показник ступеня кутового розсіювання хвиль $s = 10$. Піковий період набігаючих хвиль τ_p складав 7 с. Витрата води в рукаві Бистре Q варіювалась в межах [10] від 500 до 1560 м³/с. Висота штормового нагону дорівнювала 0,65 м.

У XBeach захисна гребля задавалася у вигляді структури, що не розмивалася, заввишки 2,5 м над рівнем моря. У початковий момент часу висота коси Пташиною приймалася рівній 1 м. Середній діаметр частинок донних наносів дорівнював 0,5 мм. Шар донних наносів в початковий момент часу мав товщину 0,5 м. Інтегрування за часом виконувалось з кроком 0,38 с. Розрахунки проводилися за допомогою паралельної версії моделі XBeach на період часу 12 годин з використанням 32 CPU.

На рис. 3...8 приведені розрахункові схеми індукованих штормовим хвилюванням прибережних течій в районі рукави Бистре при різних типах граничних умов. Приведені схеми відображають середню по глибині і усереднену за часом циркуляцію вод в досліджуваному районі.

Взагалі головну поверхневу течію в районі рукава Бистрий утворює циклонічне кільце течій із швидкістю 0,1...0,3 м/с. Приливні коливання рівнів в досліджуваному районі носять неправильний півдобовий характер з амплітудою 0,08...0,10 м.

Загальною особливістю даних рис.3...8 є наявність струменевих течій з швидкостями ~ 2 м/с. Характерною особливістю є наявність інтенсивної течії в протоці між берегом і північною ділянкою коси Пташиної. Неврахування штормового нагону приводить до помітного ослаблення цієї течії (рис.4).

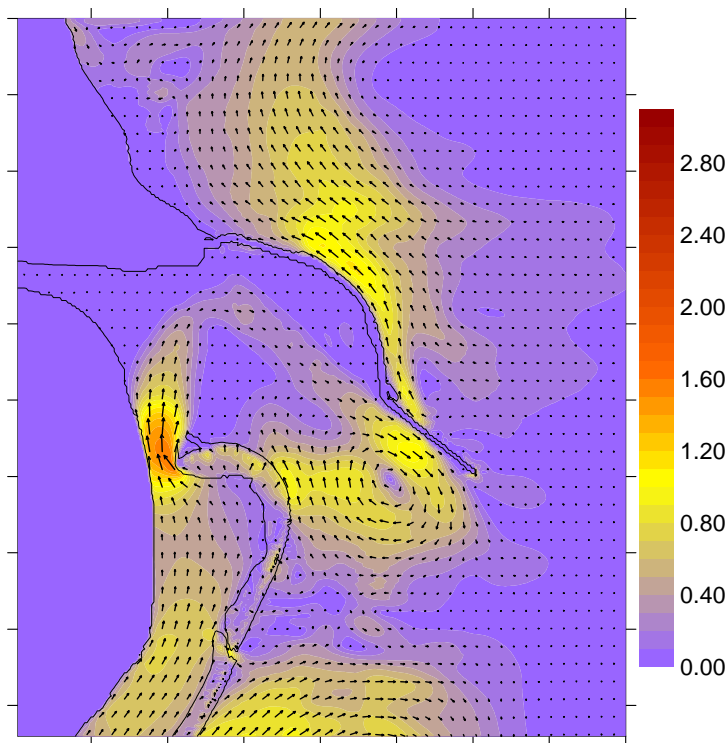


Рис.3. Поле швидкостей хвильових течій (м/с) в районі гирла Бистре з урахуванням штормового нагону (експеримент 1)

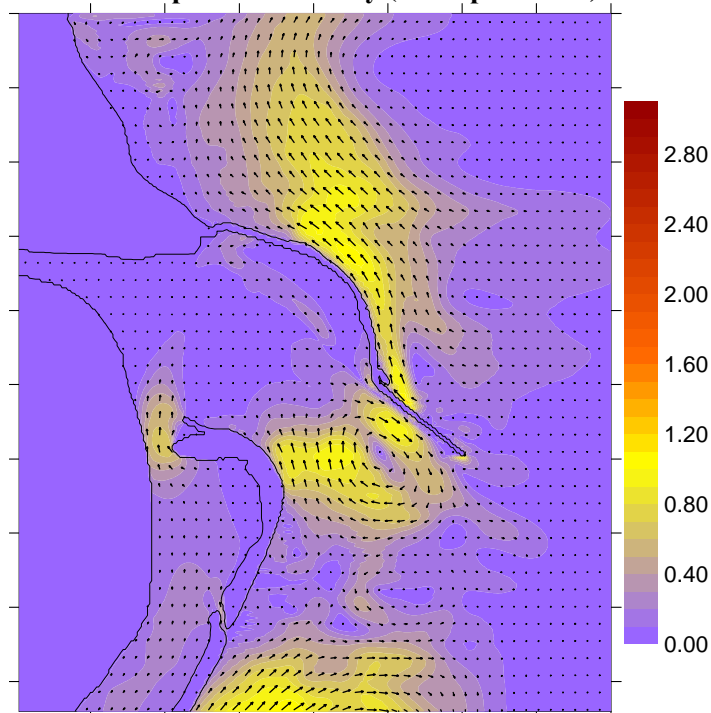


Рис.4. Поле швидкостей хвильових течій (м/с) в районі гирла Бистре без урахування штормового нагону (експеримент 2)

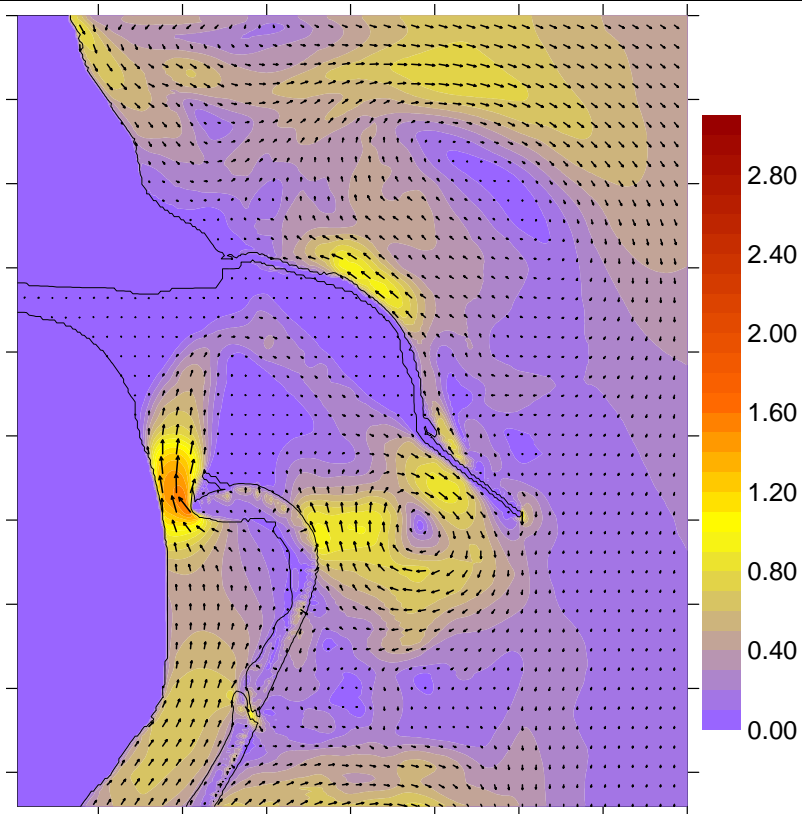


Рис.5. Поле швидкостей хвилевих течій (м/с) в районі гирла Бистре при набіганні хвиль з північного сходу (експеримент 4). Зліва наведено контур коси Пташина, справа – контур хвилезахисної дамби

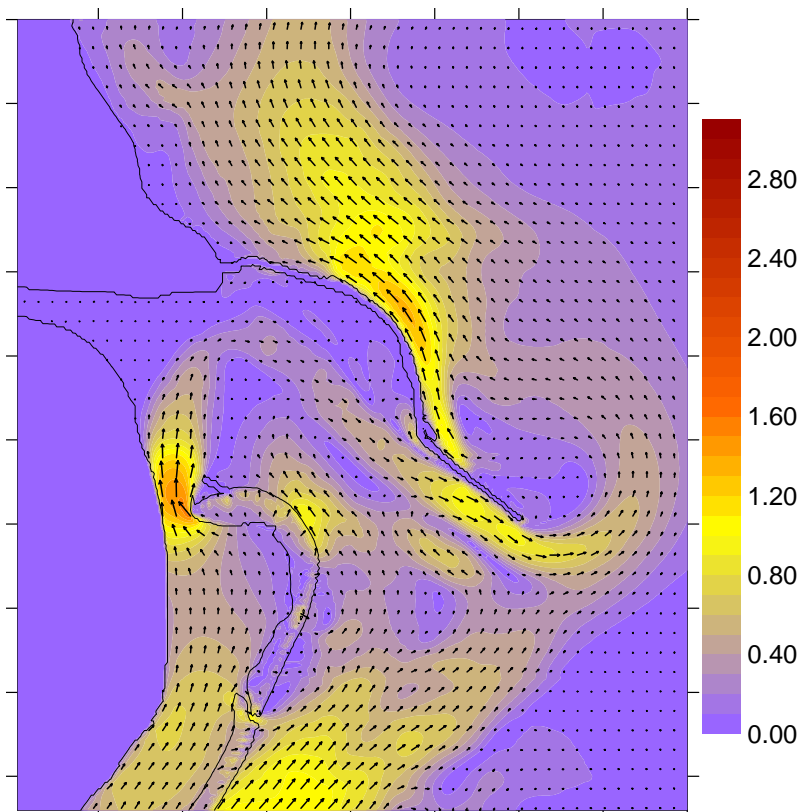


Рис.6. Поле швидкостей хвилевих течій (м/с) в районі гирла Бистре при набіганні хвиль з південного сходу (експеримент 5)

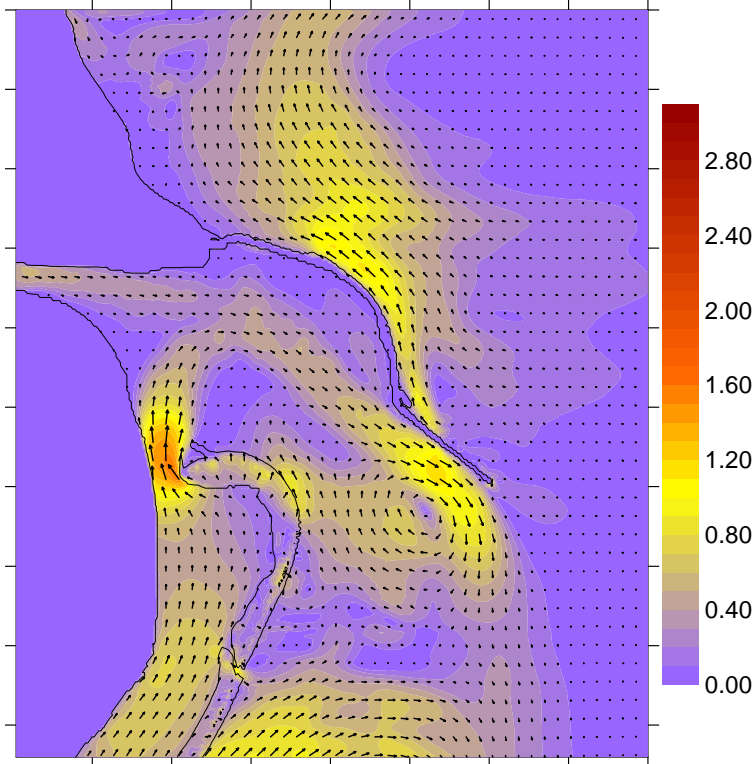


Рис.7. Поле швидкостей хвильових течій (м/с) в районі гирла Бистре $Q=500$ м³/с (експеримент 7)

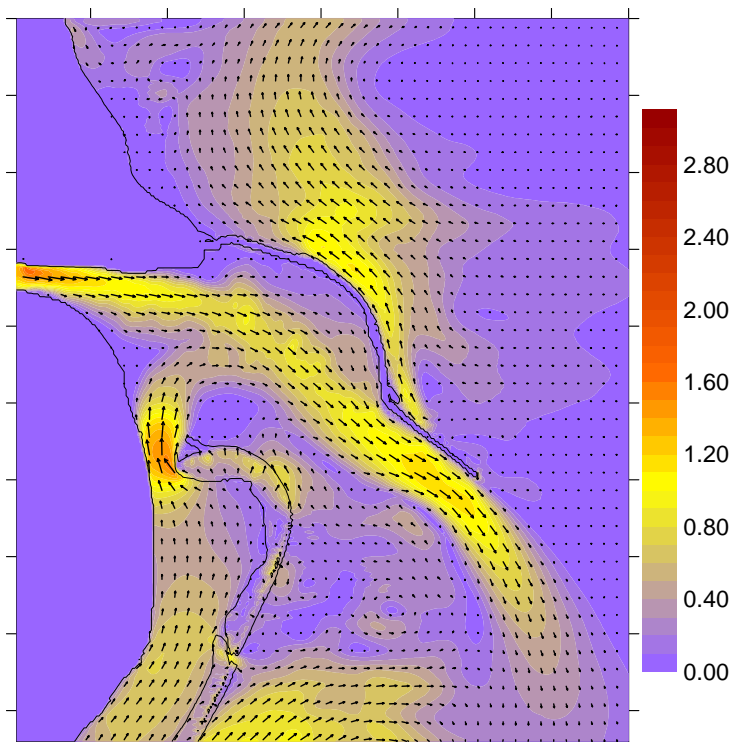


Рис.8. Поле швидкостей хвильових течій (м/с) в районі гирла Бистре при $Q=1560$ м³/с (експеримент 6)

При набіганні хвиль зі сходу і північного сходу між мористою ділянкою дамби і північним краєм коси Пташиної формується добрі виражений антициклонний круговорот діаметром ~ 800 м (рис.3, 5). При розповсюдженні хвиль від південного сходу він слабо виражений (рис. 6).

Якщо в умовах межені ($Q = 500 \text{ м}^3/\text{с}$) вплив річкових вод на круговорот практично не позначається (рис.7), то при руслоформуєчій витраті в рукаві ($Q \sim 1560 \text{ м}^3/\text{с}$) може відбуватися його повне зникнення (рис.8).

Висновки: З метою оптимізації режиму проходження каналом рухомих плаваючих об'єктів на фарватерах зі складними умовами підходу для розрахунків прибережних течій доцільно використовувати спектральну гідроморфодинамічну чисельну модель XBeach з оцінкою розрахункового вітру за вітровим аналізом JRA. Отримані дані можуть використовуватись для коректировок матеріалів лоцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хомицький В. В., Фомін В. В., Ткаченко В. О., Терещенко Л. М., Горбатенко Є. Г. Прогнозування хвильового режиму на фарватерах зі складними умовами підходу. // "Водний транспорт", 2013, №3 (18). – С.45-55.
2. Booij. N., Ris. R.C., Holthuijsen L.H., A third-generation wave model for coastal regions. Model description and validation. // J. Geophys. Res., 1999, 104(C4), P. 7649-7666.
3. Ris, R.C., Booji N. Holthuijsen, L.H. A third generation wave model for coastal regions, Part II, Verification. // J. Geophys. Res., 104, C4, P. 7667-7681.
4. SWAN Cycle III version 40.85, User Manual, Delft University of Technology, Netherlands. – 2011. – 121 p.
5. Holthuijsen L.H. Waves in oceanic and coastal waters. Cambridge University Press: Cambridge, 2007, <http://www.cambridge.org/9780521860284>. ISBN 0-521-86028-8. XVI, 387 p.
6. Onogi K., Tsutsui J, Koide H. et al. The JRA-25 Reanalysis. // J. Meteor. Soc. Japan 2007, vol. 85. – P. 369-432.
7. Roelvink D., Reniers A., van Dongeren A., van Thiel de Vries J., McCall R., Lescinski J. Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands /Coastal Engineering, 56, 2009, P.1133–1152
8. XBeach Model Description and Manual, Unesco-IHE Institute for Water Education, Deltares and Delft University of Technology, 2010, 106 p.
9. Динамические процессы береговой зоны моря. /[Р. Д. Косьян, И. С. Подымов, Н. В. Пыхов и др.]. – М.: Научный мир, 2003. – 320 с.
10. Мадерич В., Моргунов М., Кошебуцкий В. Моделирование проникновения клина соленых вод в рукав Быстрый дельты Дуная // Прикладная гидромеханика. 2006, Том 8, №1. – С. 31-38.

Хомицкий В.В., Фомин В.В., Ткаченко В.А., Терещенко Л.Н., Горбатенко Е.Г.
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕЧЕНИЙ НА БАРОВОЙ ЧАСТИ
ФАРВАТЕРУ СО СЛОЖНЫМИ УСЛОВИЯМИ ПОДХОДА

На примере глубоководного судебного хода на баровой части Новостамбульского устья Килийской дельты р. Дунай в статье рассматриваются особенности расчета прибрежных течений на фарватерах со сложными условиями подхода.

Ключевые слова: *судоходной канал, ветровые волны, прибрежное течение, спектральная модель.*

Khomicky V., Fomin V., Kremez V., Tereshchenko L., Gorbatenko E.
PREDICTION OF COASTAL CURRENTS ON BARS PART OF FAIRWAY WITH
COMPLEX CONDITIONS ARE SUITABLE

On an example of deep-running trial on bars of the mouth Novostambulskogo Kilia delta. Danube article features the calculation of coastal currents on the fairways with complex conditions approach.

Keywords: *shipping channel, wind waves, coastal currents, the spectral model.*