

Н.Н.Дьяков*, В.В.Фомин*,
Е.С.Мартынов*, А.В.Гармашов**

**Морское отделение Украинского научно-исследовательского
гидрометеорологического института, г.Севастополь*

**Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь*

ВЕТРО-ВОЛНОВОЙ РЕЖИМ АЗОВСКОГО МОРЯ

Исследуются режимные характеристики ветрового волнения Азовского моря, полученные на основе численной модели SWAN и данных реанализа приземного ветра JRA. Получены среднемесячные карты пространственного распространения характеристик ветрового волнения (высоты, периода и длины волн) Азовского моря за 1979 – 2008 гг. Выполнено сопоставление рассчитанных характеристик ветровых условий и волнения с данными прибрежных наблюдений. Проанализирована многолетняя, сезонная изменчивость и экстремальные характеристики ветрового волнения Азовского моря.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *режимные характеристики ветрового волнения, реанализ, модель SWAN, Азовское море.*

Достоверные знания режима волнения Азовского моря являются ключевыми для обеспечения безопасности судоходства, проектирования и эксплуатации нефтегазовых платформ, гидротехнического и рекреационного строительства, вопросов динамики береговой зоны моря. Наблюдения за ветровым волнением на береговой гидрометеорологической сети проводятся визуальным или полуинструментальными способами, поэтому не имеют достаточной точности. К тому же эти наблюдения репрезентативны только для заливов и прибрежных акваторий, где расположены пункты наблюдений, и обычно не отражают волновые условия в открытых районах моря.

Качество рассчитываемых параметров ветрового волнения в значительной мере определяется качеством входных полей ветра. Как правило, для оценки режимных характеристик волнения используются поля ветра атмосферного реанализа. Так в настоящее время существует веб-атлас ветрового волнения Мирового океана (www.knmi.nl/waveatlas/), построенный по данным реанализа ERA-40 [1]. В [2] по данным реанализа NCEP/NCAR получены характеристики ветро-волнового режима Черного моря с использованием модели волнения WAM [3,4].

Для Азовского моря волновой режим ранее рассматривался только для типичных полей ветра по характерным для региона синоптическим ситуациям [5 – 8]. Данные по режимным характеристикам и распределению экстремальных высот волн за продолжительный период времени в открытых районах моря отсутствуют. Азовское море – единственное из морей бывшего СССР, по которому не издан региональный атлас волнения [9], поэтому исследование режима волнения Азовского моря представляет несомненный научный интерес и имеет важное прикладное значение.

Использованные данные. Исходным являлся 30-тилетний (1979 –

2008 гг.) массив полей высот, направлений и периодов ветровых волн в Азово-Черноморском бассейне для на регулярной сетке, рассчитанный на вычислительном кластере Морского гидрофизического института НАН Украины с использованием параллельной версии спектральной модели SWAN [6, 8, 10]. В качестве форсинга использовались данные реанализа *JRA*. Проект *JRA* Японского метеорологического агентства (*JMA*) был начат в 2001 г. Цель проекта – получение климатических данных высокого качества для исследования глобальных изменений климата. В *JRA* используется глобальная спектральная атмосферная модель, использующая 3-х мерную вариационную ассимиляцию данных измерений из многих источников, включая данные *ECMWF*, *NCEP/NCAR*. Реанализ *JRA* включает поля 13 метеорологических параметров на сетке $1,25 \times 1,25^\circ$ на 23-х уровнях по вертикали с дискретностью 6 ч. В настоящее время, существует массив данных с 1979 по 2008 гг. включительно, что дает возможность изучать климатические тенденции в полях ветра и волнения.

Модельные характеристики волнения рассчитывались на регулярной сетке 246×160 , покрывающей Азово-Черноморский бассейн с шагом $\sim 4,5$ км. Рельеф дна задавался на той же сетке. Частотный интервал ($\omega_{\min} \leq \omega \leq \omega_{\max}$, где $\omega_{\min} = 0,05$ Гц, $\omega_{\max} = 1$ Гц) покрывался неравномерной сеткой с 25 узлами. Разрешение модели по угловой координате составляло 20° . Шаг интегрирования по времени уравнения баланса волновой энергии равнялся 10 мин. Донное трение определялось методом Гранта-Мадсена [8]. На входе в модель задавались: зональная и меридиональная компоненты скорости ветра на стандартной высоте $z_{10} = 10$ м с дискретностью 6 ч.

Выходными характеристиками модели являлись поля: h_s – высота значительных волн (среднее значение высот $1/3$ наиболее высоких волн в спектре волнения); θ_m – среднее направление распространения волн; τ_m – средний период волн; τ_p – пиковый период волн; θ_p – направление волн, соответствующее пиковому периоду.

Для анализа волновых характеристик Азовского моря были сформированы временные ряды для нескольких характерных точек, расположенных: в центральной части (C1, C2, C3), Темрюкском (TmZl) и Бердянском заливах (BerZl), Должанском проливе (DolPr), вблизи Керченского пролива (KerPr) и в районе расположения платформы Северо-Булганакского газового месторождения (Platf). Схема расположения и координаты точек приведены на рис.1 и в табл.1. Данные в указанных точках были получены путем линейной интерполяции.

Также привлекались данные натурных наблюдений за ветром и ветровым волнением на морских береговых гидрометеорологических станциях Украины и России как за весь период наблюдений на станциях за ветровым волнением (1954 – 2010 гг.), так и за период аналогичный рас-



Рис. 1. Расположение морских гидрометеорологических станций и точек расчета.

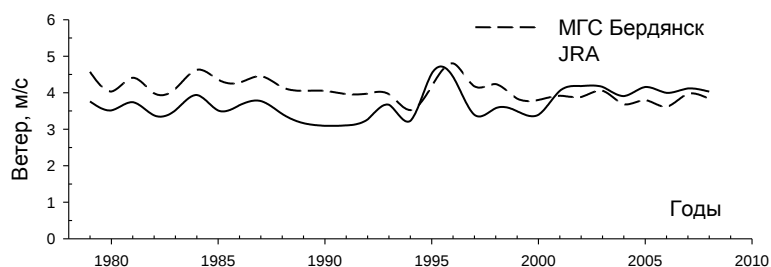
Т а б л и ц а 1. Координаты точек в Азовском море, для которых рассчитаны волновые характеристики.

район моря	код точки	координаты	
		в.д.	с.ш.
центр моря	C1	36°40'	46°00'
центр моря	C2	35°40'	46°00'
центр моря	C3	37°20'	46°00'
Бердянский залив	BrZ	36°40'	46°43'
Темрюкский залив	TmZ	37°23'	45°32'
Должанский пролив	DlPr	37°30'	46°45'
Прикерченский район	KrPr	36°40'	45°40'
Северо-Булганакская платформа	Platf	36°21'	45°34'

четному (1979 – 2008 г.). Использовались данные срочных наблюдений за ветром и волнением на станциях Бердянск, Мариуполь, Опасное, Темрюк, Мысовое, Должанская, Приморско-Ахтарск. Все пункты наблюдений расположены вблизи основных портов и рекреационных зон побережья Азовского моря.

Режим ветра. Точность расчета характеристик ветрового волнения Азовского моря зависит от надежности данных ветровых полей реанализа. Одной из проблем использования данных реанализа для исследований волнового климата является занижение величин максимальных скоростей ветра в климатических массивах *NCEP/NCAR* [11] или *ERA-40* [12]. Выяснилось, что такая же проблема характерна и для ветровых данных реанализа *JRA*. Сопоставление данных наблюдений за ветром на береговых метеостанциях и значений модуля скорости ветра реанализа *JRA* в ближайших к метеостанциям узлах сетки показало, что при достаточно высоких коэффициентах корреляции (0,70 – 0,74) между натурными и расчетными величинами, данные скорости ветра реанализа по сравнению с береговыми наблюдениями оказываются заниженными (рис.2, табл.2).

Сравнение данных натурных измерений модуля скорости ветра на платформе, расположенной в Каркинитском заливе, и данных реанализа *JRA* показало, что скорости ветра из реанализа следует откорректировать, умножив на коэффициент 1,3. Скорректированные таким образом данные реанализа ветра (далее *C-JRA*) становятся близкими к натурным наблюдениям на



Р и с . 2 . Многолетний ход среднегодовой скорости ветра (м/с) за 1979 – 2008 гг. (по данным массива реанализа *JRA* в Бердянском заливе и данных натурных наблюдений на МГС Бердянск).

Т а б л и ц а 2. Статистические показатели данных срочных наблюдений за скоростью ветра на береговых метеостанциях (МГС), реанализа *JRA* и скорректированного реанализа *C-JRA*.

пункт	среднее			с.к.о.			коэф. корреляции
	<i>JRA</i>	<i>C-JRA</i>	МГС	<i>JRA</i>	<i>C-JRA</i>	МГС	
Опасное	4,05	5,26	4,72	2,41	3,13	3,02	0.70
Мысовое	3,03	3,94	5,64	1,92	2,49	3,39	0.61
Бердянск	2,85	3,71	4,08	1,84	2,39	2,27	0.70
Темрюк	3,71	4,82	4,69	2,29	2,98	2,68	0.74

Азовском побережье, причем наилучшее соответствие наблюдается, как видно из рис.2, в последние годы (1993 – 2008 гг.).

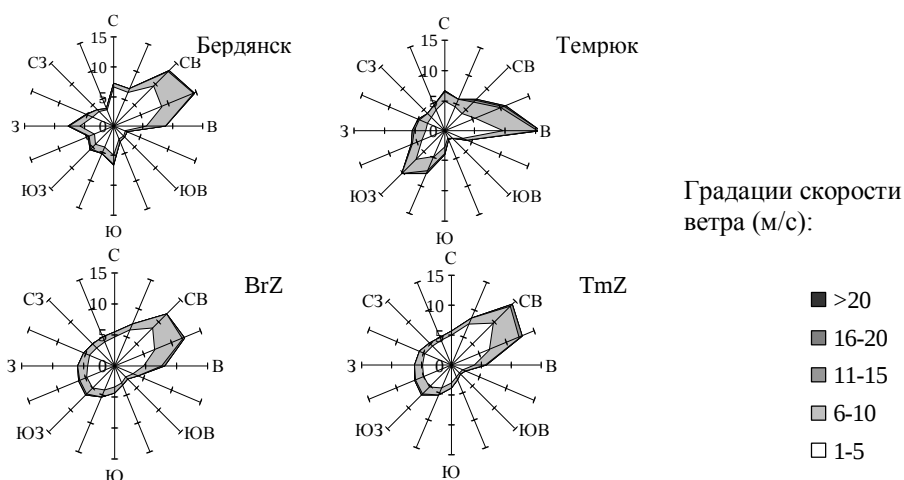
Анализ срочных данных наблюдений на береговых гидрометстанциях показал, что многолетние среднегодовые величины скорости приземного ветра в прибрежной зоне Азовского моря изменяются от 4,1 (Бердянск) до 5,6 м/с (Мысовое). В прибрежной зоне Азовского моря скорость ветра имеет выраженный годовой ход с максимумом в ноябре – марте, и минимумом – в летние месяцы.

Наибольшие величины среднемесячной скорости ветра по всему побережью Азовского моря отмечались в феврале (от 5,0 в Бердянске до 6,9 м/с в Мысовом) и определялись преимущественно барическими градиентами между отрогом Сибирского антициклона и циклонической деятельностью на юге Черного моря [6].

За рассматриваемый период (1979 – 2008 гг.) на побережье Азовского моря преобладали слабые ветры (0 – 5 м/с) повторяемостью 67 – 73 %. Доля умеренных ветров (6 – 10 м/с) на большинстве пунктов составляла 20 – 27 % (в Мысовом до 38 %), доля сильных ветров (> 11 м/с) изменялась от 3,9 в Бердянске до 12,4 % в Мысовом. Максимальные значения скорости ветра (24 – 34 м/с) на большинстве прибрежных станций были отмечены, преимущественно, при ветрах восточных и северо-восточных направлений. Повторяемость штилевых условий изменялась от сезона к сезону незначительно и в среднем за год на побережье составляла 3,5 – 5,1 % от общего числа наблюдений (исключение Мариуполь, где штилей существенно больше (8,7 %)). Наибольшее количество штилей приходится на август-сентябрь.

На рис.3 приведены годовые розы повторяемости (%) ветра по направлениям и скоростям на береговых станциях и в точках ближайших к станциям узлов интерполированных данных реанализа *JRA*. В целом, основные закономерности ветрового режима на прибрежных станциях и ветровых условий ближайших к ним узлах сетки данных, полученных с помощью реанализа, сохраняются. Некоторые различия наблюдаются в перераспределении повторяемости между ветрами ближайших румбов (восточных и северо-восточных).

Период 1979 – 2008 гг., по которому выполнялся реанализ *JRA*, приходится как раз на 29 – 30 лет после климатического сдвига 1976 – 1977 гг. [14] и, следовательно, адекватно характеризует современный ветровой режим и соответственно волновой режим Азовского моря. Значимые линейные



Р и с . 3 . Годовые розы повторяемости (%) ветра по направлениям и градациям скоростей на станциях Азовского побережья (*верхний ряд*) и данных реанализа JRA в ближайших районах открытого моря (*нижний ряд*).

тренды в среднемесячных значениях модуля скорости ветра, по данным реанализа, во всех рассматриваемых точках моря не выявлены, за исключением июля-сентября, для которых характерны значимые положительные тренды (от 1,0 до 1,3 м/с). По данным наблюдений на береговой сети Азовского моря (с середины 70-х гг. прошлого века по настоящее время) отмечается, напротив, снижение ветровой активности в холодный период года (декабрь – март), для которого на большинстве станций побережья моря характерны значимые отрицательные линейные тренды в среднемесячных значениях модуля скорости ветра, составляющие за 30 лет от – 0,9 до – 1,2 м/с.

Режим волнения. Развитие ветрового волнения на Азовском море определяется, главным образом, полем ветра над морем, разгоном и батиметрией [5, 6]. Существенно ограничивает развитие ветрового волнения значительная площадь покрытия моря льдами в холодный сезон года, особенно в умеренные и суровые зимы. В мягкие зимы ледовый покров не оказывает влияния на развитие волнения на Азовском море. Расчеты характеристик волнения по численной модели SWAN проводилось без учета ледовых условий, поэтому, несмотря на то, что повторяемость мягких зим за рассматриваемый период 1979 – 2008 гг. составила 47 % случаев от общего числа ледовых сезонов, рассчитанные высоты волн в ледовый период несколько завышены.

Сезонная изменчивость. Среднемесячные высоты значительных волн (м) Азовского моря, рассчитанные по ветровым полям реанализа C-JRA-25 за период 1979 – 2008 гг., приведены на рис.4.

Как видно, наибольшие среднемесячные высоты значительных волн от 0,4 до 0,56 м (при условии отсутствия ледового покрова) отмечаются в глубоководных центральном и южном районах моря, преимущественно в холодное время года (ноябрь – март). На этот период приходится и максимальная повторяемость штормового ветра в Азовском регионе, в основном восточного и северо-восточного направления [6, 9]. В теплое время года (апрель – октябрь) среднемесячные высоты значительных волн не превышают

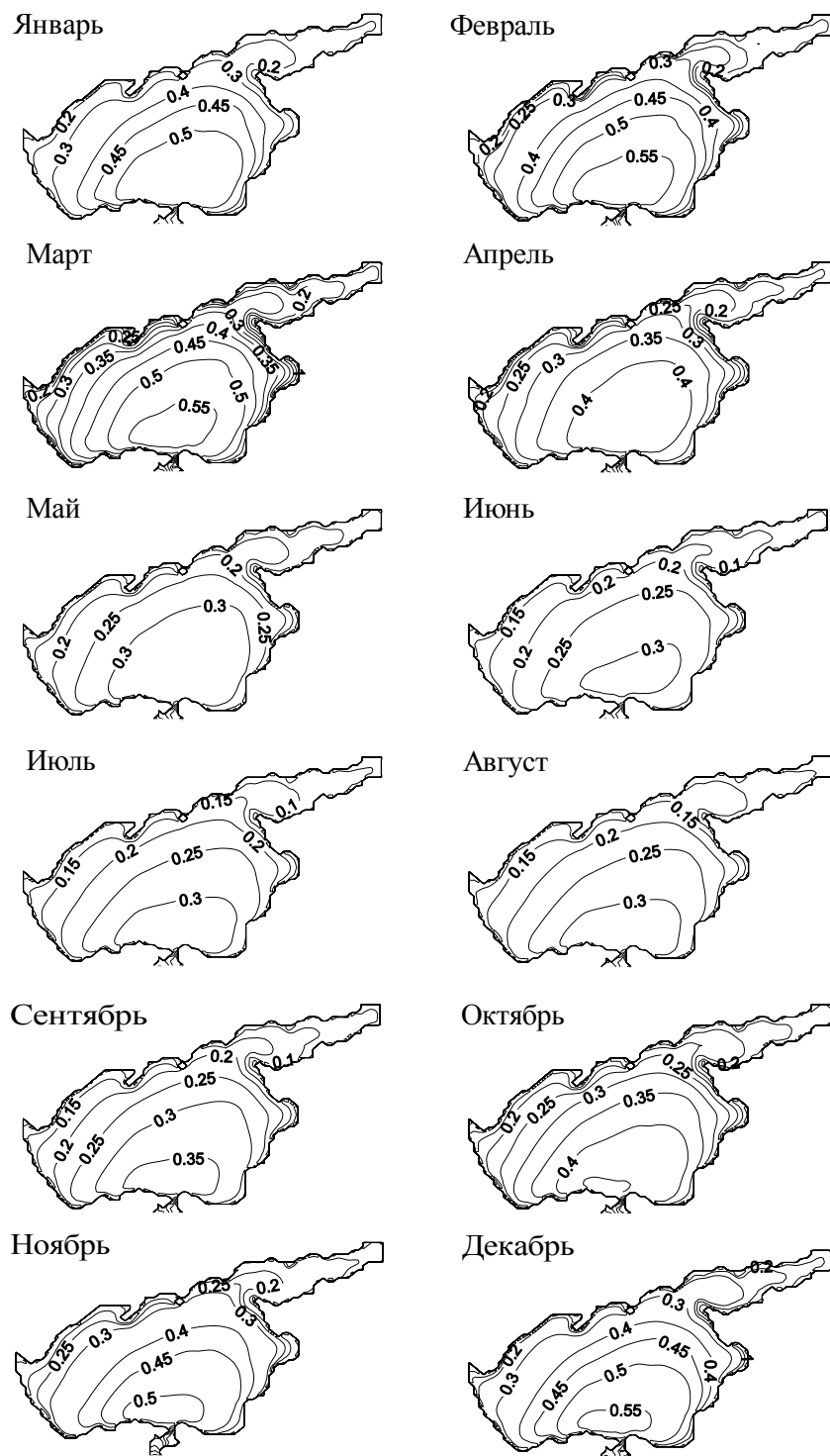
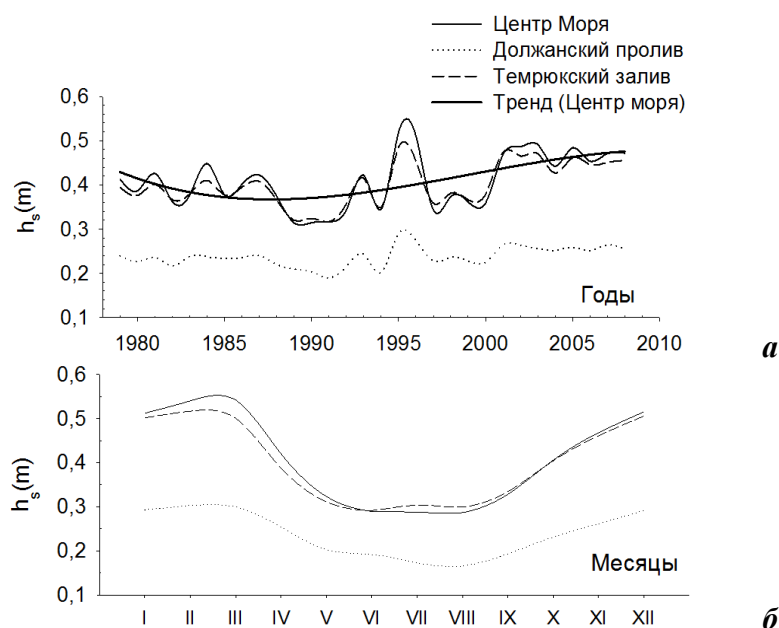


Рис. 4. Среднемесячные высоты значительных волн (м) Азовского моря за 1979 – 2008 гг. по данным массива реанализа C-JRA.



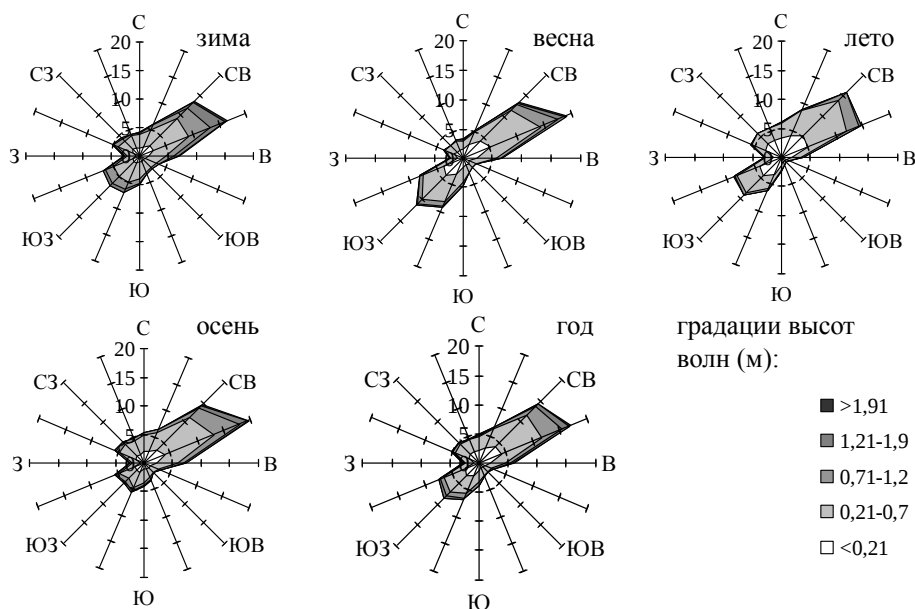
Р и с . 5 . Многолетний (а) и сезонный (б) ход высот значительных волн (м) за 1979 – 2008 гг. в различных районах Азовского моря по данным массива реанализа C-JRA.

0,2 – 0,4 м и соответствуют минимуму ветровой активности (рис.5). Статистические сезонные данные волновых характеристик, по точкам, расположенным в различных районах моря, приведены в табл.3.

На рис.6 приведены сезонные розы повторяемости (%) ветрового волнения по направлениям и градациям высот волн (м) в точке C1, расположенной в центре моря. В данном районе моря разгоны позволяют развиваться волнению от ветра любых румбов. Видно, что преобладающим направлением волн во все сезоны года является северо-восточное и восточное. Повторяемость волнения этих румбов в центральной части моря составляет

Т а б л и ц а 3 . Статистические характеристики волнения (высота значительных волн h_s (м), средняя длина λ (м) и период τ (с) волн), осредненные по сезонам.

код точки	h_s , м					λ , м	τ , с
	зима	весна	лето	осень	год	год	год
C1	0,53	0,37	0,30	0,44	0,41	4,42	1,93
C2	0,38	0,28	0,21	0,31	0,30	3,65	1,76
C3	0,53	0,37	0,31	0,44	0,41	4,35	1,91
BrZ	0,24	0,19	0,14	0,20	0,19	2,37	1,44
TmZ	0,51	0,35	0,31	0,43	0,40	4,17	1,88
DIPr	0,30	0,23	0,18	0,25	0,24	2,79	1,55
KrPr	0,54	0,37	0,33	0,48	0,43	4,41	1,93
Platf	0,56	0,38	0,33	0,49	0,44	4,52	1,95



Р и с . 6 . Годовые розы повторяемости (%) волнения по направлениям и градациям высот волн (м) реанализа *C-JRA* за 1979 – 2008 гг.

от 34,5 – 39,1 % весной и летом до 41,5 % в осенне-зимний сезоны. Довольно часто в Азовском море наблюдается волнение и от юго-западных румбов. Повторяемость волнения указанного направления составляет в зависимости от сезона года в центральной части моря от 16,0 (осенью) до 28,5 % (весной). Следует отметить, что основные закономерности распределения направления распространения волнения (большая повторяемость волнения северо-восточных, восточных румбов) подтверждаются также данными натурных наблюдений на прибрежных метеостанциях [6].

Многолетняя изменчивость. В многолетнем ходе высот значительных волн минимум волновой активности для всех районов Азовского моря приходился на 80-е гг. прошлого века.

С 1995 по 2008 гг. наблюдалось увеличение среднегодовых высот значительных волн. Максимальные среднегодовые величины высот значительных волн отмечались в 1995 – 1996, 2001 – 2003 гг. В южных (точки Platf, KrPr) и центральных (точка С1) районах моря среднегодовая величина значительных волн в эти годы составила 0,52 – 0,55 м.

По данным визуальных наблюдений высот волн h (м) в прибрежной зоне Азовского моря за 1955 – 2009 гг. максимум волновой активности приходился на 50-е – начало 70-х гг. прошлого века, затем наблюдалось снижение волновой активности. С середины 90-х гг. прошлого века по настоящее время в прибрежной зоне по натурным наблюдениям, также как и в открытых районах моря по расчетным данным, наблюдалось увеличение высот волн и повторяемости штормового волнения ($\geq 0,8$ м) (рис.7). В целом, многолетние изменения высот волн в прибрежной зоне Азовского моря аналогичны межгодовой изменчивости ветро-волновой активности для юго-западного побережья Крыма [15].

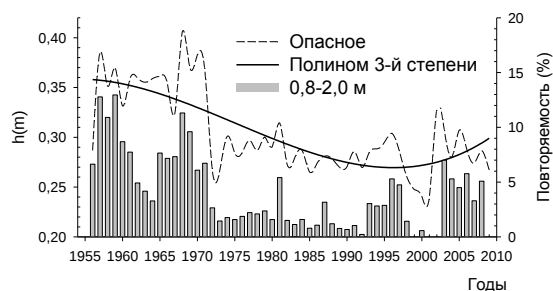


Рис. 7. Межгодовая изменчивость величин высот волн (м) и повторяемость штормового волнения (%) по наблюдениям на гидрометеостанции Опасное.

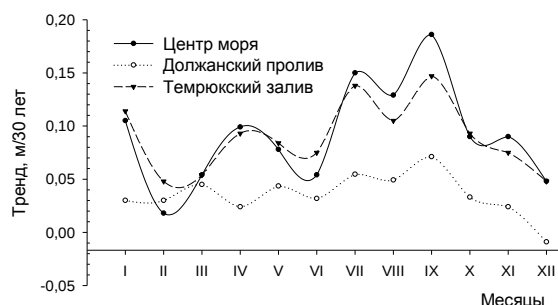


Рис. 8. Линейные тренды среднемесячных высот волн различных районов Азовского моря за 1979 – 2008 гг.

За период 1979 – 2008 гг. в среднегодовых величинах значительных высот волн Азовского моря выявлены значимые положительные линейные тренды. Величина положительных трендов зависит от района моря и составляет от 0,033 м за 30 лет для Таганрогского, Бердянского заливов до 0,093 м за 30 лет для южных и центральных областей моря.

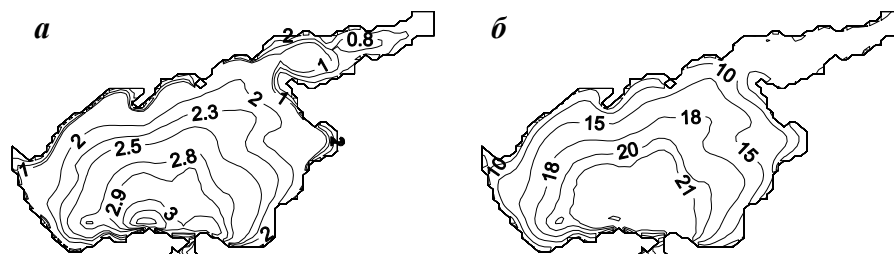
Положительные тренды к увеличению высоты значительных волн характерны и для среднемесячных значений h_s , но значимы тренды с величинами от 0,06 до 0,18 м за 30 лет в зависимости от района Азовского моря только в июле-сентябре (рис.8).

Экстремальные характеристики. Наибольшие высоты волн за период 1979 – 2008 гг. по результатам моделирования

отмечались в зимний сезон в южных и центральных районах моря при северо-восточных штормах (табл.4, рис.9). Максимальные высоты волн в Азовском море в этих районах (2,9 – 3,2 м) были зафиксированы 19 февраля 1979 г. при средней скорости ветра северо-восточного направления 22 – 25 м/с. В весенний и летний сезоны наибольшие высоты волн (до 2,4 м) характерны

Таблица 4. Экстремальные характеристики волнения Азовского моря (максимальные высоты значительных волн (SWH_{max}), период (τ_p) и направление распространения волн (θ_{max}), которые соответствуют максимуму в энергетическом спектре) по расчетным данным за 1979 – 2008 гг.

код точки	SWH_{max} , м					τ_p , с	θ_{max} , °
	зима	весна	лето	осень	год	год	год
C1	2,9	2,4	2,4	2,4	2,9	6,0	223
C2	2,5	2,2	1,7	1,9	2,5	6,0	202
C3	2,4	2,2	2,4	2,3	2,4	5,4	210
BrZ	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0	4,8	56
TmZ	2,4	1,9	2,1	2,1	2,4	5,4	248
DlPr	1,3	1,2	1,4	1,2	1,4	4,8	30
KrPr	3,0	2,3	1,8	2,5	3,0	6,8	221
Platf	3,2	2,4	2,1	2,7	3,2	6,8	210



Р и с . 9 . Пространственное распределение максимальных высот (а) и длин (б) значительных волн за 1979 – 2008 гг.

для центральных районов моря (точка С1). Волны с такими высотами отмечены 6 апреля 1996 г. и 29 июня 1980 г. при ветрах скоростью 19 – 20 м/с восточных (апрель) и западных (июнь) румбов. В осенний сезон максимальные высоты волн 2,5 – 2,7 м зафиксированы 29 октября 1980 г. в южных районах моря при северо-восточном шторме со скоростью ветра 19 – 21 м/с.

Максимальные высоты волн, наблюдаемые визуальным способом на береговых метеостанциях за последние 50 – 55 лет, приведены в табл.5. Как показывает сопоставление, модельные значения максимальных высот волн в открытых частях центральных и южных районов моря, как правило,

Т а б л и ц а 5 . Максимальные наблюдаемые значения высот волн ($H_{\max}$, м) на береговых пунктах Азовского моря.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Опасное, 1955 – 2009 гг.												
$H_{\max}$	1,6	1,6	1,8	2,0	1,8	2,0	1,3	1,8	1,8	1,5	1,8	1,9
год	1959	1959	1959	1964, 1965	1966	1965	1957	1999	1956	1998, 2000	1998	2002
Мысовое, 1954 – 2009 гг.												
$H_{\max}$	2,0	2,4	1,7	1,6	2,1	2,0	2,4	2,1	2,8	2,6	2,2	2,5
год	1961	1959	1961	1959	1955	1960	1960	1956	1959	1969	1964	1981
Бердянск, 1954 – 2009 гг.												
$H_{\max}$	1,5	1,3	1,3	1,6	1,3	1,8	1,6	1,3	1,3	1,6	1,5	1,5
год	1981	2005, 2007	1990	1958	1956, 1996	2001	1958	1956, 1998	2000, 2007, 2008	1958	2001, 2004, 2007	1981
Мариуполь, 1954 – 2009 гг.												
$H_{\max}$	1,5	2,0	1,5	1,6	1,6	1,9	1,5	1,3	1,5	1,8	1,8	1,3
год	1984, 1988	1955	1988	1958	1958	1955, 1985	1958	1985, 1988	1987	1987	1987	1960
Приморско-Ахтарск, 1954 – 2006 гг.												
$H_{\max}$	1,5	2,5	2,0	2,5	2,0	2,5	2,0	2,2	2,0	2,5	2,0	2,0
год	1976, 1986	1960	1960	1956	1955, 1960	1955	1954, 1956	1956	1963	1954	1955, 1960	1955

превышают значения высот волн по данным натурных наблюдений. Следует отметить, что максимум ветровой активности в Азовском регионе приходился на 1956 – 1975 гг., примерно в этот период зафиксированы большинство случаев экстремально высоких волн по данным наблюдений на береговых пунктах. В эти годы отмечался ряд сильных северо-восточных (2 – 8 января 1969 г., 7 – 10 марта 1970 г.) и северо-западных штормов (28 – 29 октября 1969 г.), когда скорость ветра на акватории в течении нескольких суток удерживалась в интервале 25 – 34 м/с. Исходя из вышесказанного можно предположить, что максимальные высоты волн в южных и центральных районах моря могут быть выше, чем за рассматриваемый период 1979 – 2008 гг.

Выводы. С помощью модели SWAN по данным реанализа приземного ветра JRA за 1979 – 2008 гг. проанализированы основные режимные характеристики ветрового волнения Азовского моря (сезонная и многолетняя изменчивость высот волн, экстремальные характеристики волнения).

Как показало сопоставление данных наблюдений за ветром на береговых станциях и значений модуля скорости ветра по данным реанализа JRA в ближайших к метеостанциям узлах сетки, данные скорости ветра реанализа по сравнению с береговыми наблюдениями оказываются заниженными и подлежат корректировке.

Высота волн и скорость ветра в Азовском море имеют выраженный сезонный ход, с максимумом в холодное время года (ноябрь – март). В этот период (при условии отсутствия ледового покрова) в глубоководных центральном и южном районах моря наблюдаются наибольшие среднемесячные высоты волн – от 0,40 до 0,56 м. Преобладающим направлением волн во все сезоны года является северо-восточное и восточное. Повторяемость волнения этих румбов в центральной части моря составляет от 34,5 – 39,1 % весной и летом до 41,5 % в осенне-зимний сезоны.

За 1979 – 2008 гг., по данным моделирования, в среднегодовых значениях высот волн Азовского моря выявлены значимые положительные линейные тренды, с величинами от 0,011 м за 10 лет для Таганрогского и Бердянского заливов до 0,031 м за 10 лет для центральных и южных районов моря. Положительные тренды к увеличению высоты волн характерны и для среднемесячных значений в июле-сентябре.

Максимальные высоты волн (2,9 – 3,2 м) за период 1979 – 2008 гг. по данным моделирования отмечались в зимний сезон в южных и центральных районах моря при северо-восточных штормах со средней скоростью ветра северо-восточного направления 22 – 25 м/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sterl A., Caires S. Climatology, variability and extrema of ocean waves: the web-based KNMI/ERA-40 wave atlas // Int. J. Climatol. – 2005. – 25. – P.963-977.
2. Ефимов В.В., Комаровская О.И. Атлас экстремального ветрового волнения Черного моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – 59 с.
3. Ефимов В.В., Комаровская О.И., Шокуров М.В. Численная модель ветровых волн в Черном море / Препринт. – Севастополь, 1998. – 45 с.
4. WAMDI group. The WAM model – a third generation ocean wave prediction model // J. Phys. Oceanogr. – 1988. – v.18. – P.1775-1810.

5. *Белов В.П.* Режим ветра и ветрового волнения на Азовском море // Тр. ГОИН.– 1978.– вып.134.– С.48-56.
6. *Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1. Азовское море.*– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009.– 402 с.
7. *Фомин В.В., Дьяков Н.Н.* Ветровое волнение и транспорт наносов в Азовском море // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– вып.8.– С.175-181.
8. *Михайличенко С.Ю., Фомин В.В., Иванов В.А.* Моделирование штормовых ситуаций в Азовском море на основе волновой модели SWAN // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– вып.15.– С.298-302.
9. *Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море.*– Л., 1991.– 236 с.
10. *Федоров С.В.* Особенности использования модели SWAN для расчета ветрового волнения в Керченском проливе // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008.– вып.16.– С.303-313.
11. *Ефимов В.В., Комаровская О.И., Наумова В.А.* Статистическая оценка ветровых данных реанализа по данным срочных измерений ветра на метеостанциях северного побережья Черного моря // Системы контроля окружающей среды.– 2009.– С.214-216.
12. *Caires S., Sterl A.* A new non parametrical method to correct model data: application data to significant wave height from the ERA-40 re-analysis // Journal of atmospheric and oceanic technology. – 2005. – v.22. – P.443-459.
13. *Комаровская О.И.* Климатические данные реанализа ветро-волновых полей Черного моря // Системы контроля окружающей среды.– 2002.– С.392-395.
14. *Полонский А.Б., Башарин Д.В.* Влияние климатического сдвига 1976-1977 гг. на крупномасштабную структуру приземных метеорологических полей Евразии // Метеорология и гидрология.– 2008.– № 5.– С.16-30.
15. *Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Липченко М.М.* Ветры и волнения в прибрежной зоне юго-западной части Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– вып.9.– С.13-28.

Материал поступил в редакцию 5.11.2010 г.