

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

## РЕЖИМ ВОЛНЕНИЯ В КАЗАХСТАНСКОМ СЕКТОРЕ СРЕДНЕГО КАСПИЯ

Канд. геогр. наук Н.И. Ивкина  
Т.П. Строева  
Л.М. Соколова

*Рассмотрены вопросы, связанные с анализом причин возникновения волновых процессов, происходящих в казахстанском секторе Среднего Каспия. Приведены конкретные примеры расчета максимальной высоты волн различной обеспеченности.*

### **Обзор и основные этапы работы с исходной информацией**

Информация о режиме волнения имеет большое практическое значение, так как она позволяет выбрать наиболее благоприятные пути прохождения морских судов и рационально спланировать сроки и место проведения каких-либо морских операций и тем самым обеспечить не только безопасность работ в море, но и повысить их экономическую эффективность [2, 4]. Анализ исходной информации при выполнении данных исследований осуществлялся с целью определения ее качества, от которого во многом зависят результаты как корреляционного, так и регрессионного анализа.

Результаты срочных наблюдений за волнением, производимые длительное время, могут быть использованы для изучения режима волнения и процессов волнообразования. Источником для режимного обобщения послужили данные многолетних наблюдений Республиканского фонда данных по гидрометеорологии и загрязнению окружающей среды. На сети казахстанских морских станций наблюдения за волнением моря производятся визуально.

При проведении данных исследований были использованы предшествующие проработки по исследованию режима волнения в средней части Каспийского моря, а также наблюдения за высотой и направлением волнения, проводимые на казахстанских морских станциях Каспийского моря МГ Актау и МГ Форт-Шевченко. Обобщенные наблюдения являются регулярными во времени. Регулярность в значительной степени упро-

щает проведение расчетов параметров режима и делает их результаты более надежными.

Для параметризации значений волнения использовались ретроспективные данные о волнении за 1983 - 2004 гг. Визуальный контроль данных позволил более осознанно применить статистические методы.

Значения характеристик, измеренных в отдельные сроки, образуют срочные ряды, являющиеся базовыми для последующей оценки суточной изменчивости данных характеристик (суточный ход). Анализ суточной изменчивости интересующих нас характеристик выполнялся по сформированным рядам средних срочных значений характеристик за определённый отрезок времени в определённом пункте наблюдений.

По данным срочных наблюдений сформированы ряды средних суточных значений – путем осреднения значений, полученных в отдельные сроки каждых суток. Ряды средних суточных значений использовались при оценке внутримесячной и, в частности, междусуточной изменчивости.

Путем осреднения средних суточных значений в пределах отдельных месяцев сформированы ряды средних месячных значений. Они использовались для оценки годового хода и межгодовой изменчивости.

Наконец, осреднение средних месячных значений в пределах каждого года привело к формированию средних годовых значений. Такие ряды использовались для многолетних среднегодовых обобщений и оценки межгодовой изменчивости.

Таким образом, для оценки параметров разных видов изменчивости (суточной, междусуточной, годовой, межгодовой) использовались климатологические ряды с разным периодом осреднения [1, 5, 6].

Подготовленный массив морских данных представляет собой базу данных для выбранных станций. Использование пространственной информации позволило решить проблему перехода от информации в точке к пространственно обобщенной информации.

### **Режим ветра в казахстанском секторе Среднего Каспия**

Известно, что основной причиной волнения является воздействие ветра на водную поверхность. Волновой режим водоема определяется главным образом распределением скорости и направления преобладающих ветров, позволяющим отслеживать межгодовую изменчивость волнения и многолетнее распределение высоты волн. Поэтому, перед исследованием режима волнения в казахстанском секторе Среднего Каспия необходимо было исследовать и режим ветра.

Для изучения режима ветра в этом районе были проанализированы режимные наблюдения на МГ Форт-Шевченко за период с 1993-2004 гг., МГ Актау за период 1983-2004 гг. и по литературным источникам.

Как показали исследования, в районе МГ Форт-Шевченко наибольшую повторяемость имеют ветры северного, северо-западного, северо-восточного и юго-восточного направления (рис 1), в районе МГ Актау преобладают юго-восточные, северо-восточные и восточные (15-25 %) ветры (рис.2).

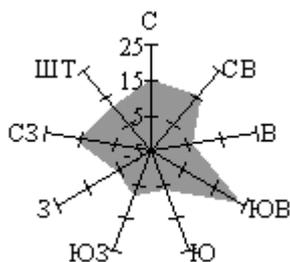


Рис.1. Повторяемость ветра по МГ Форт-Шевченко за 1993-2004 гг., %.

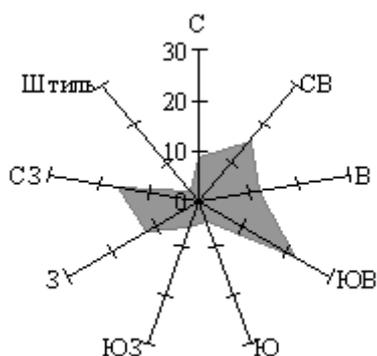


Рис.2. Повторяемость ветра по МГ Актау за период с 1983 по 2004 гг., %.

В холодную часть года (ноябрь-февраль), когда интенсивность атмосферной циркуляции над Средним Каспием увеличивается, среднемесячные скорости ветра выше их среднегодового значения. В эти же месяцы увеличивается и количество штормов. Штормы также возникают осенью и весной от 8 до 15 случаев в месяц.

Ветер может достигать больших скоростей практически при всех румбах. В табл. 1 представлены максимальные скорости ветра. Как следует из этой таблицы, в холодную часть года, когда интенсивность атмосферной циркуляции над Средним Каспием увеличивается, среднемесячные скорости ветра выше их среднегодового значения. Как правило, выделяется только один максимум скорости ветра в середине зимы, когда ветровой режим в основном формируется под воздействием отрога сибирского антициклона, ориентированного через Казахстан на Каспий; и один минимум - в середине лета. Зимой циркуляция над восточным побережьем в основном обусловлена влиянием западной и юго-западной периферии азиатского максимума, а также термическими различиями между морем и сушей. Воды Каспия зимой охлаждаются меньше, чем прилегающие к нему пустыни, в связи с чем увеличивается тенденция переноса более холодных масс воздуха из пустыни в сторону моря.

Таблица 1

Максимальная скорость ветра в районе казахстанского сектора  
Среднего Каспия

Период	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
МГ Форт-Шевченко													
1993- 2004	24	24	28	28	28	34	28	17	28	24	28	18	34
МГ Актау													
1983- 2004	18	22	16	18	18	16	16	15	14	18	21	18	22

Как показал анализ ветрового режима, штиль, особенно в районе МГ Актау, наблюдается довольно редко и, следовательно, волны бывают на море почти всегда. Очень редко наблюдается «мертвый штиль» - совершенно гладкая вода. Типичными, появляющимися на море почти ежедневно являются ветровые волны и зыбь. Волны обоих этих типов производятся ветром, но чисто ветровые волны существуют лишь в зоне шторма, где действует ветер, а зыбь - это ветровая волна, которая выходит за пределы штормовой зоны и распространяется в зоне безветрия, часто проходя сотни километров до того берега, где мы ее наблюдаем.

### Режим волнения казахстанской части Среднего Каспия

Для исследования волнового режима моря в прибрежной зоне казахстанского сектора Среднего Каспия использовались материалы береговых наблюдений, а также наблюдений на рейдовой вертикали, прилегающей к МГ Форт-Шевченко. Исследование волнения в глубоководном районе Среднего Каспия проводилось по литературным источникам, анализирующим материалы наблюдений на акватории моря с глубиной более 30 м.

Анализ имеющихся материалов позволил выделить наибольшие высоты волн, преобладающее направление волнения и ветровые условия, приводящие к возникновению значительного волнения. На основе этого составлены каталоги волнения, фрагменты которых приведены в табл. 2 и 3. Как следует из этих таблиц, высота волны в данном секторе может достигать 4,5 м. Однако, необходимо отметить, что такое волнение было зафиксировано лишь однажды. В то же время практически каждый год наблюдается сильное волнение [7].

Таблица 2

Фрагмент каталога максимального волнения, составленного по данным наблюдений на МГ Форт-Шевченко за период 1993-2004 гг.

№№ пп	Дата (чис- ло, месяц, год)	Высота волны, м	Направление волнения, румб	Ветер	
				скорость, м/с	направление, румб
1.	07.05.93	1,50	СВ	14	ССВ
2.	26.10.94	1,50	ЮВ	14	ЮВ
3.	26.03.95	2,00	З	18	ЮЗ
4.	08.04.96	2,00	В	14	СВ
5.	06.11.97	1,50	СЗ	14	СЗ
6.	09.11.98	1,50	СЗ	20	СЗ
7.	22.02.99	2,00	З	24	ЮЗ
8.	25.01.00	2,50	Ю	24	ЮВ
9.	11.04.00	2,00	З	28	ЮЗ
10.	09.03.01	1,50	СЗ	14	СЗ
11.	16.02.02	2,00	СЗ	14	СЗ
12.	10.04.03	2,00	СЗ	10	СЗ
13.	17.02.04	2,00	СЗ	14	СЗ

Анализ табл. 2 и 3 показывает, что значительное и сильное волнение, как правило, вызывает ветер западного и северного направлений, причем не всегда его можно отнести к категории «сильный». В этом районе моря даже умеренный ветер, имеющий устойчивое направление более суток, может вызвать сильное волнение. В этом секторе моря преобладает волнение западного направления, повторяемость которого за исследуемый период составила 57 % в районе МГ Форт-Шевченко и 89 % в районе МГ Актау (рис. 3, 4).

Таблица 3

Фрагмент каталога максимального волнения, составленного по данным наблюдений на МГ Актау за период с 1983 по 2004 гг.

№№ пп	Дата (чис- ло, месяц, год)	Высота волны, м	Направление волнения, румб	Ветер	
				скорость, м/с	направление, румб
1.	04.11.83	3,50	СЗ	16	ЗСЗ
2.	16.09.84	3,00	З	8	ССЗ
3.	10.10.84	3,50	СЗ	16	СЗ, ЗСЗ
4.	06.12.85	4,50	С	8	ЗСЗ
5.	30.09.86	2,50	Ю	8	ЮВ
6.	04.11.87	2,00	СЗ	12	З
7.	12.08.88	2,50	СЗ	6	З
8.	01.11.90	2,00	СЗ	8	СЗ
9.	04-05.01.91	3,50	СЗ, З	10	З, ЗСЗ
10.	26-27.03.95	2,50	В, З	10	ЗЮЗ
11.	10.04.97	2,50	СЗ	12	СЗ
12.	25.01.00	2,50	ЮЗ	12	ЮВ
13.	03.11.01	2,00	ЮЗ	4	ЮЗ
14.	03.02.02	3,00	СЗ	10	СЗ
15.	18.06.03	2,00	СЗ	13	СЗ
16.	24.11.04	3,00	СЗ, З	5	ССЗ

Исследование волнения в глубоководном районе Среднего Каспия, проведенные по литературным источникам [2], показали, что средняя высота волны в этом районе моря не превышает 4 м, однако максимальные волны редкой повторяемости могут достигать 13 м высоты в глубоководной открытой части моря.

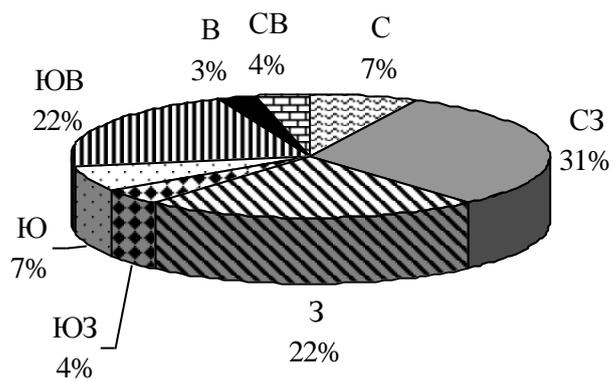


Рис. 3. Преобладающее направление волнения с высотой волны 1 м и более по МГ Форт-Шевченко.

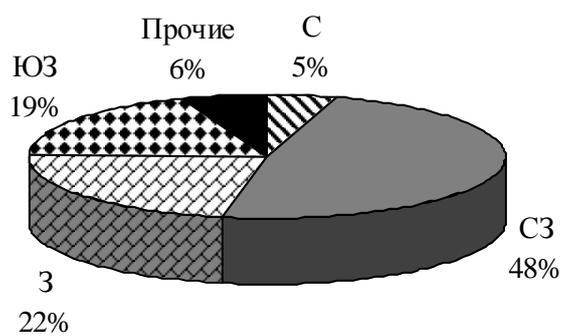


Рис. 4. Преобладающее направление волнения с высотой волны 1 м и более по МГ Актау.

Значительное волнение в районе МГ Форт-Шевченко наблюдается в течение всего года, волны с высотой 1,0 м зафиксированы в каждом месяце. Сильное же волнение характерно в основном для зимнего (январь-февраль), весеннего (март-апрель) и осеннего периода (октябрь-ноябрь).

В районе МГ Актау волновые процессы развиты сильнее, в каждом месяце фиксируются волны с высотой более 1,5 м. Сильное волнение наблюдается в течение всего года, но наиболее интенсивно волновые процессы также, как и для района МГ Форт-Шевченко, развиты в зимний (декабрь-февраль), весенний (март-апрель) и осенний периоды (октябрь-ноябрь).

Исследование межгодовой изменчивости максимального волнения показало, что выделить года с более активными волновыми процессами достаточно трудно: в каждом исследуемом году фиксировалось значительное волнение.

Безусловно, наибольший интерес представляют высоты волн редкой повторяемости. Поэтому, путем статистического анализа, на основе применения биномиальной асимметричной кривой обеспеченности или кривой распределения Пирсона III типа были рассчитаны координаты сглаженной теоретической кривой в необходимых пределах обеспеченности [3]. Расчеты, выполненные для района МГ Форт-Шевченко, выявили нерепрезентативность данной станции для исследования волнения. Это можно объяснить тем, что МГ Форт-Шевченко расположена на берегу залива, отделенного от моря песчаной косой, и волновые процессы, наблюдаемые на станции, отражают волновые процессы, происходящие в бухте, а не в открытой части моря. Поэтому, при исследовании волнения в этой части моря следует использовать расчетные зависимости или диаграммы.

Параметры кривой обеспеченности для МГ Актау приведены в табл. 4. Было установлено, что коэффициент асимметрии  $C_s$  не равен  $2C_v$ , где  $C_v$  - коэффициент вариации, поэтому для расчета модульного коэффициента заданной обеспеченности  $k_p$  использовалось уравнение биномиальной кривой распределения, проинтегрированное А. Фостером.

Нормированные отклонения от среднего значения логарифмически нормальной кривой обеспеченности ( $\Phi_p$ ) взяты из соответствующих таблиц с учетом коэффициента асимметрии или соответствующего ему коэф-

фициента скошенности  $S = f(C_s)$ . Высота волны заданной обеспеченности ( $h_p$ ) определялась как произведение  $k_p$  на среднюю скорость ветра.

Таблица 4

Вычисление ординат эмпирической кривой обеспеченности высоты волнения по МГ Актау, за период 1983-2004 гг.

$P, \%$	0,01	0,1	2	4	10	25	50	80	99
$h_0 = 0,12 \text{ м}, C_v = 2,87, C_s = 3,77$									
$\Phi_p$	14,2	8,16	2,92	2,10	1,08	0,25	-0,29	-0,66	-0,92
$\Phi_p C_v$	40,8	23,4	8,38	6,03	3,10	0,72	-0,83	-1,89	-2,64
$k_p = \Phi_p C_v + 1$	41,8	24,4	9,38	7,03	4,10	1,72	0,17	-0,89	-1,64
$h_p = h_0 \times k_p$	5,20	3,00	1,20	1,00	0,50	0,30	0,00	-0,10	-0,20

Как можно видеть (табл. 4), высота волны редкой 0,01% и 0,1% обеспеченности может достигать в данном районе моря 5,20 и 3,00 м соответственно. Согласно шкале степени волнения полученные характеристики можно отнести к категории – сильное волнение. Следовательно, характеристики волнения в этом районе необходимо учитывать в практической деятельности, что позволит производить обоснованный выбор мероприятий по защите хозяйствующих объектов на Каспийском море и рационально использовать его потенциал.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. - Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 364 с.
2. Гусева Т.В., Дайман С.Ю., Хотулева М.В., Виниченко В.Н., Веницианов Е.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. Экологическая информация и основные принципы работы с ней. – М.: Социально-экологический Союз, 1998. –244 с.
3. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. Гидрологические расчеты. - Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1970.- 460 с.
4. Проблемы исследования и математического моделирования ветрового волнения // Под общей редакцией проф. И.Н. Давидана. - СПб: Гидрометеиздат, 1995.- 472 с.

5. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии.- Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 424 с.
6. Рожков В.А. Теория и методы статистического оценивания вероятностных характеристик случайных величин и функций с гидрометеорологическими примерами. – СПб: Гидрометеоздат, 2001.- 340 с.
7. Техничко-экономический доклад (ТЭД) по проблемам Каспийского моря в пределах Республики Казахстан, том 1. Гидрометеорологическая характеристика. – ВТК «Казахстан-Каспий».- Алматы, 1993.- 312 С.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП «Казгидромет»

### **ҚАЗАҚСТАН БӨЛІГІНДЕГІ ОРТАЛЫҚ КАСПИЙДІҢ ТОЛҚЫНДАНУЫ**

Геог. ғылым. канд.

Н.И. Ивкина

Т.П. Строева

Л.М. Соколова

*Қазақстан бөлігіндегі Орталық Каспийде болатын толқындану процессінің пайда болу себептерін талдаумен байланысқан сұрақтар қарастырылған. Әртүрлі қамтамасыздықтағы толқынның ең жоғарғы биіктігін есептеудің нақты мысалдары келтірілген*