

# **МОРСЬКА ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЯ**

УДК 551.46

В.А. Наумова, М.П. Евстигнеев, В.П. Евстигнеев,  
Е.П. Любарец

## **ВЕТРО-ВОЛНОВЫЕ УСЛОВИЯ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ УКРАИНЫ**

Выполнен анализ ветро-волнового режима Азово-Черноморского региона по данным морских береговых пунктов наблюдений Украины за период 1954-2009 гг. Выявлены особенности режима отдельных районов исследуемого региона. Результаты анализа были сравнены с принятыми справочниками по климату Азово-Черноморского региона. Установлена низкочастотная изменчивость многолетнего хода максимальных высот волн.

**Ключевые слова:** ветро-волновой режим, штормы, Азово-Черноморский регион, низкочастотная изменчивость максимальной высоты волны.

### **Введение**

На сегодняшний день на Черноморском и Азовском побережьях Украины действуют 18 государственных морских торговых портов (с 9 портопунктами), которые в целом обеспечивают перевалку более 40 % грузов Черноморского региона. Их суммарная мощность равна 180 млн. т. [1]. В основе безопасности грузооборота и береговой инфраструктуры является заблаговременное предупреждение о возникновении экстремальных погодных условий, в частности, сильных штормов, способных привести к значительным экономическим потерям. Кроме того, небольшие суда есть наиболее зависимыми от условий погоды. Они составляют наибольший сегмент пользователей морской метеорологической информацией.

Учитывая вышесказанное, исследование ветро-волнового режима в прибрежной зоне крайне важно для предотвращения экономических потерь, обусловленных экстремальными штормами. В свою очередь, успешность прогнозирования таких штормов базируется на знании режимных характеристик гидрометеорологических параметров.

Ветер и волнение являются одними из наиболее важных элементов, определяющих безопасность мореходства и береговой инфраструктуры. Режиму ветра и волнения в прошлом уделялось достаточно много внимания [2-11]. Однако, несмотря на это, доступный в настоящее время материал не является полным. Не вдаваясь в детали анализа каждой отдельной публикации, выделим общие закономерности имеющегося в научной и справочной литературе описания режима Азово-Черноморского региона:

- ограниченность рассматриваемого периода лет (см., например, [2-4]), либо описание режима на примере лишь нескольких наиболее показательных станций или районов [9-11]. Наиболее подробное описание ветрового режима Азово-Черноморского региона дано в справочнике [3] по 14 станциям за период 1936-1960 гг. Следует, однако, отметить, что в отличие от Черного моря, режим Азовского моря в настоящее время освещен достаточно полно по основным береговым станциям и за наиболее длительный промежуток времени [8];

- полного описания ветро-волнового режима по морским портам Украины на сегодняшний день не существует. Существующий справочный материал не только устарел, но и по таким морским портам, как «Ильичевск», «Южный», «Усть-Дунайск» – информация отсутствует, так как пункты наблюдения в этих портах были открыты в 1960-1980 гг.;

- ни в одной из известных нам работ, включая наиболее полное описание по Азовскому морю [8], не представлен анализ типа волнения;

- накопление вековых массивов данных, а также использование глобальных массивов данных ре-анализа позволило сравнительно недавно выявить тенденцию к многолетней изменчивости характеристик ветра и волнения (см. обзор проблемы в [12]), чему в стандартных справочных изданиях до сих пор не уделялось внимания;

- наличие выраженной неоднородности использованных различными авторами методик анализа данных, что в некоторых случаях приводит к противоречивым выводам о режимных характеристиках ветра и волнения (см. обсуждение ниже).

Учитывая проведенный выше анализ, можно заключить, что с учетом более полных рядов данных, накопленных в настоящее время по всем постам и станциям сети прибрежных наблюдений Госгидромета Украины, а также вероятной многолетней изменчивости режимных

характеристик, необходимо обновление информации о ветро-волновом режиме Азово-Черноморского побережья Украины.

### Использованные данные и метод анализа

#### *Краткая характеристика пунктов наблюдения*

Наблюдения за волнением в Азово-Черноморском бассейне Украины проводятся на 21 пункте морской прибрежной сети. На рис. 1 представлена схема расположения пунктов морских береговых наблюдений и соответствующие подрайоны, принятые в синоптической практике [2]. Для удобства в данной работе обозначение подрайонов будут заменены следующим образом: 19222 подрайон (1-6 мкр.) – Северо-западный район; 19333 подрайон (1-3 мкр.) – Крымский район; 19555 подрайон (1-5 мкр) – Керчь-Туапсинский район; 20444 подрайон (1-3 мкр.) – Азовское море.

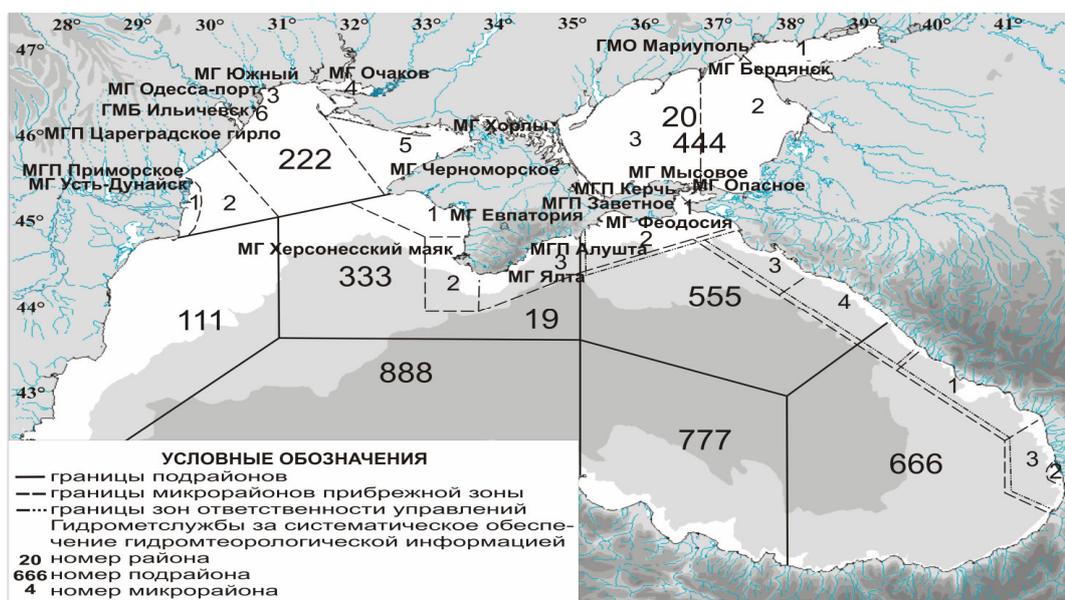


Рис. 1. Схема расположения морских береговых пунктов наблюдений Госгидромета Украины

Существующая морская береговая сеть наблюдений была создана для обеспечения безопасности мореплавания и работы морских портов. Исходя из этого, пункты наблюдения, в основном, располагаются на территориях портов, что непосредственно повлияло на выбор объекта наблюдения (залив, бухта и др.). При этом результаты наблюдений отражают волновые условия в акваториях порта и прилегающих к ним районах моря. Следует отметить, что только на 5-ти пунктах (МГ «Херсонесский маяк», ГМБ «Ильичевск», ОГ «Южный»,

МГП «Алушта», МГП «Цареградское гирло») объектом наблюдения является открытое море.

Важными параметрами, влияющими на полноту описания волнения в месте расположения пункта наблюдения, являются максимальный сектор обзора [13] и глубина в месте наблюдения. Сектор обзора на пунктах морской береговой сети колеблется от 270° (МГ «Херсонесский маяк») до 45° (МГ «Усть-Дунайск», МГ «Черноморское»), на шести пунктах он составляет 180°-200° (МГ «Бердянск», ОГ «Южный», МГ «Хорлы», МГ «Ялта», МГП «Алушта», МГП «Цареградское гирло»). Глубина в месте наблюдения меняется от 2,5 м на МГ «Хорлы» до 14,0 м на МГ «Ялта», МГ «Феодосия».

На морской береговой сети Украины наблюдения за волнением проводятся двумя способами – полуинструментальным и визуальным. До 50-х гг. XX века наблюдения велись визуально, при этом определялось состояние поверхности моря в баллах, и такая информация применялась только в оперативном гидрометеорологическом обеспечении. В период с 1950 по 1960 гг. большинство пунктов наблюдения за волнением были оборудованы волномерами-перспектометрами (ГМ-12) и выполняли полуинструментальные наблюдения за высотой волны в метрах. На сегодняшний день полуинструментальные наблюдения сохранились лишь на нескольких пунктах (МГ «Херсонесский маяк», МГ «Ялта», МГП «Алушта»). На остальных пунктах проводятся визуальные наблюдения, которые также предусматривают определение высоты волны в метрах. По этим причинам анализ ветро-волнового режима в настоящей работе будет проведен за период 1954-2009 гг., характеризующийся достаточной однородностью методик измерений.

Описание режима волнения невозможно без характеристик ветрового режима. Следует напомнить, что наблюдения за ветром проводились не только с использованием различных способов (так, до конца 60-х гг. наблюдения за ветром проводились по флюгеру, а затем по анеморумбометру М-63), но и в разные сроки. Все это вносит неоднородность в ряды данных наблюдений за ветром, поэтому, при обработке материалов наблюдений, были учтены рекомендации авторов [14] по устранению указанных недостатков. В настоящей работе использовались следующие характеристики ветрового режима: средняя скорость ветра, повторяемость различных скоростей ветра по градациям, повторяемость ветра по направлениям.

### *Краткая характеристика однородности массива данных наблюдений*

С точки зрения статистической достоверности расчетных значений гидрометеорологических элементов, важной характеристикой ряда наблюдений на каждой отдельно взятой станции является его продолжительность и отсутствие пропусков наблюдений в течение выбранного периода. Необходимо отметить значительные периоды с перерывами в наблюдениях по отдельным пунктам Северо-западного района, Крымского района и Керчь-Туапсинского района: более 14 лет на МГП «Алушта»; более 8 лет на МГП «Цареградское гирло»; по три года на МГ «Хорлы», МГП «Заветное» и МГП «Керчь». Отмечаются систематические перерывы зимой в ледовый период на пунктах наблюдений Азовского моря – это 30-40 % в январе и феврале на ГМО «Мариуполь» и 13-16 % на МГ «Бердянск». Кроме этого, такие пункты как ГМБ «Ильичевск» (1960 г.), ОГ «Южный» (1980 г.), МГ «Усть-Дунайск» (1983 г.) были открыты сравнительно недавно. Наиболее полные ряды наблюдений имеются на станциях: МГ «Ялта», МГ «Херсонесский маяк», МГ «Одесса-порт», МГ «Черноморское», МГ «Евпатория».

### *Обработка, контроль, анализ и хранение режимных данных*

В настоящее время обработка и хранение режимных данных на пунктах и станциях морской прибрежной сети Государственной гидрометеорологической службы Украины реализуется в программном комплексе АССОКА (Автоматизированная Система Сбора Обработки Контроля и Анализа) [15]. В связи с этим в данной работе первичная выборка и анализ данных по ветро-волновому режиму станций Азово-Черноморского региона проводились в среде АССОКА.

Программный комплекс АССОКА последовательно реализует все этапы движения данных: от электронных книжек, визуально схожих со стандартизованными бумажными аналогами и предназначенных для внесения данных первичных наблюдений, к ежемесячным таблицам, которые формируются из книжек посредством функции автозаполнения, и далее к годовым, многолетним таблицам и таблицам Государственного водного кадастра (ГВК), а также аналитические выборки данных за произвольные временные периоды. На этапах сбора, обработки и хранения информация преобразуется в строгом соответствии с руководящими документами и сопровождается обязательным контролем

качества данных. Интенсивная отладка вычислительного ядра АССОКА производилась на базе Севастопольской ГМО в течение 10 лет (1997-2007 гг.) на режимных данных 33 станций и постов морских прибрежных наблюдений Государственной гидрометслужбы Украины. Подробное описание систем АССОКА дано в работе [15], а также размещено на сайте Севастопольской ГМО ([http:// 82.207.93.207:8080](http://82.207.93.207:8080)).

## Среднеклиматические ветро-волновые условия Азово-Черноморского побережья Украины

### *Высота волн и скорость ветра в Азово-Черноморском регионе*

Проведенный анализ материалов наблюдений на морской береговой сети позволил установить, что средняя годовая высота волн колеблется в диапазоне 0,3-0,8 м, при этом она несколько выше для пунктов, где объектом наблюдения является «открытое море» – МГ «Херсонесский маяк», МГП «Цареградское гирло» и «залив» – МГ «Ялта», МГП «Алушта» (рис. 2). В отдельные годы среднегодовая высота волн по данным МГ «Херсонесский маяк» может достигать 1,2 м (1970 г.), МГП «Цареградское гирло» – 1,4 м (1969 г.). Однако следует отметить, что наблюдения на МГП «Цареградское гирло» проводятся визуально и данное значение может быть завышенным.

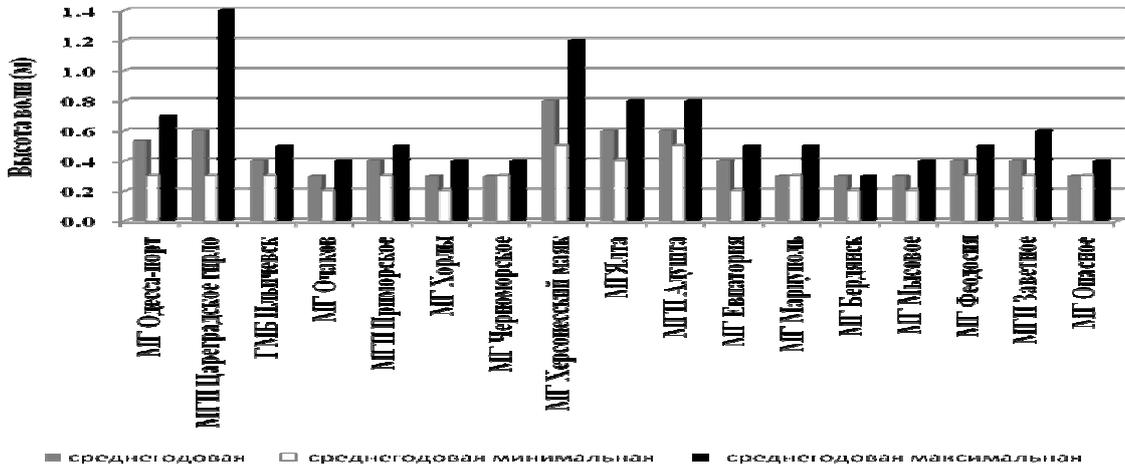


Рис. 2. Среднегодовая, среднегодовая максимальная, среднегодовая минимальная высота волн по данным морских береговых наблюдений Азово-Черноморского региона Украины

На рис. 3 представлен годовой ход среднемесячных высот волн по отдельным пунктам морских береговых наблюдений. Для большинства пунктов он слабо выражен и высота волн в теплое и холодное полугодия

существенно не различается, составляя 0,2-0,4 м. Наибольшая изменчивость среднемесячной высоты волн прослеживается по пунктам наблюдения Крымского района. Исключением является МГ Евпатория, где высота волны в течение года существенно не меняется, что обусловлено спецификой объекта наблюдения («бухта»). Наибольшая среднемесячная высота волн отмечается зимой на МГ «Херсонесский маяк» и составляет 1,1 м, а в отдельные годы может достигать 2,1 м (январь 1976 г.).

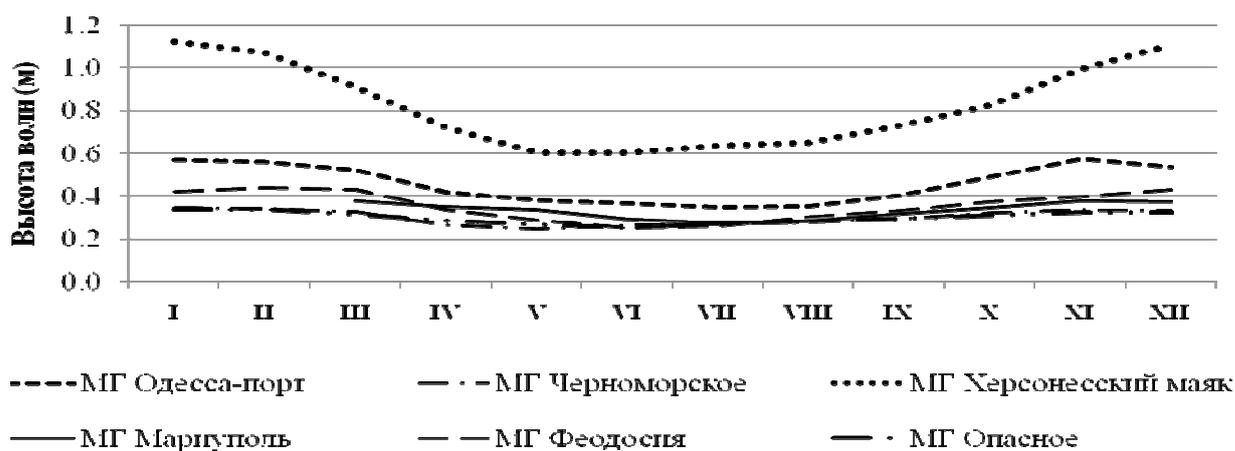


Рис. 3. Годовой ход высоты волн по данным морских береговых наблюдений Азово-Черноморского региона Украины

Следует обратить внимание, что в холодное полугодие в ледовый период наблюдений за высотой волны на морских береговых пунктах Северо-западного района Черного моря имеются кратковременные перерывы, а на Азовском море – систематические. Так, перерывы составляют 30-40 % в январе и феврале на ГМО «Мариуполь» и 13-16 % – на МГ «Бердянск», что накладывает определенные ограничения на описание режима волнения в холодное полугодие для данных районов.

По Азово-Черноморскому побережью чаще всего наблюдаются волны высотой 0,5 м и ниже. Повторяемость таких волн составляет 70-96 %, при этом она оказывается несколько больше в мелководных лиманах, заливах и бухтах. Гораздо реже волны высотой 0,5 м и менее наблюдаются по побережью Крымского района. Так, по данным МГ «Херсонесский маяк», повторяемость этих волн составляет не более 42 %, а на ЮБК – около 60 %. Полученные результаты по средней высоте волн и повторяемости для побережья Азовского моря совпадают с теми, что представлены в работе [8].

Одной из важнейших характеристик ветро-волнового режима является максимальная высота волн. На рис. 4 представлен годовой ход максимальной высоты волн по всем районам Азово-Черноморского региона для отдельных пунктов. Пункты выбраны таким образом, чтобы данные наблюдений отражали ветро-волновой режим одного из районов. Необходимо обратить внимание, что в преобладающем большинстве случаев максимальная высота волн наблюдается по Крымскому побережью Черного моря в холодное полугодие. Так максимальная высота волны 7,3 м была отмечена на МГ «Херсонесский маяк» 10 ноября 1981 года и была зафиксирована как абсолютный максимум в Азово-Черноморском регионе за исследуемый период. Данный шторм был отмечен как экстремальный и другими авторами [11]. По ЮБК высота волн достигает максимальных значений в январе и марте – 6,0 м.

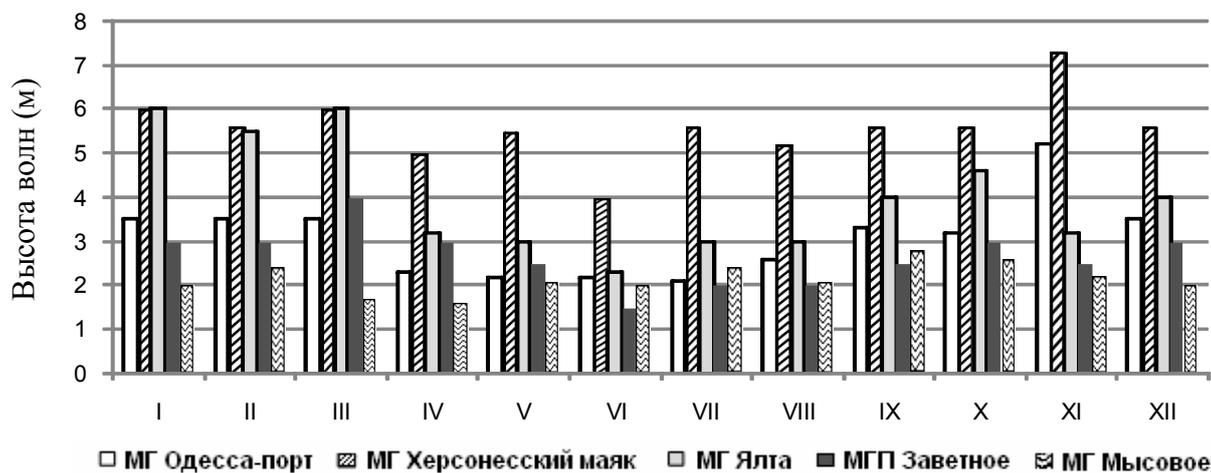


Рис. 4. Годовой ход максимальной высоты волн по данным морских береговых наблюдений Азово-Черноморского региона Украины за период 1954-2009 гг.

По данным морских береговых пунктов наблюдения Северо-западного района Черного моря максимальная высота волны 5,2 м была отмечена на МГ «Одесса-порт» 16 ноября 1981 г. и является абсолютным максимумом для данного района. Несколько меньше высота волн (5 м) была зафиксирована на МГП «Цареградское гирло», тогда как по другим пунктам высота волн не достигает таких значений.

Максимальная высота волн в Керчь-Туапсинском районе наблюдается у выхода из Черного моря в Керченский пролив. По данным МГП «Заветное» 9-10 марта 1970 года высота волн достигала 4,0 м, что

является абсолютным максимумом для Керчь-Туапсинского района Украинского побережья Черного моря. Развитие волн на Азовском море и в Керченском проливе ограничивается его небольшими размерами и глубинами [8]. Высота волн достигает незначительных размеров и, как правило, не препятствует судоходству. Максимальная высота, которая была отмечена на МГ «Опасное», не превышала 2,0 м. Максимальная высота волн в Феодосийском заливе (МГ «Феодосия») за период 1954-2009 гг. не превышала 3,5 м (01.02.1988 г.). Максимальная высота волн 2,8 м была отмечена на МГ «Мысовое» 29 сентября 1959 года, по другим пунктам Азовского моря максимальная высота волн не превышала 2,0 м.

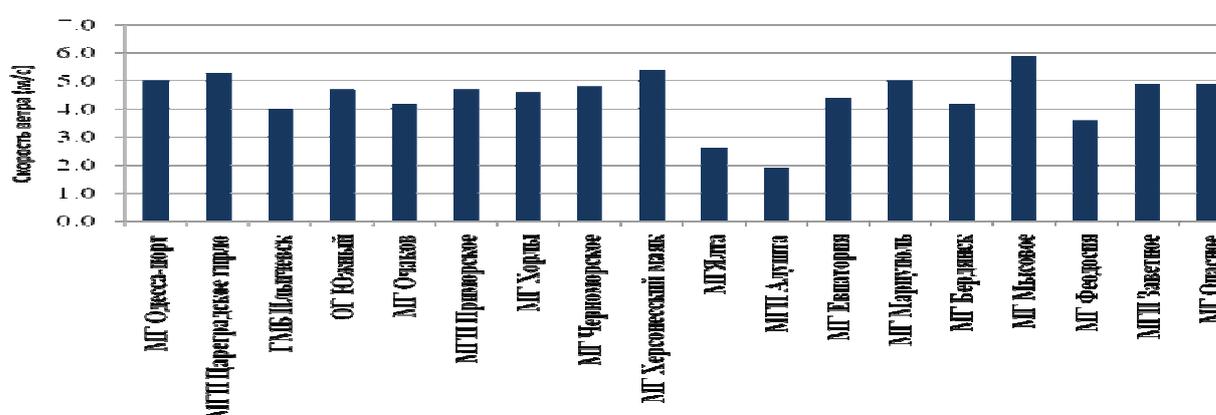


Рис. 5. Среднегодовая скорость ветра (м/с) по данным морских береговых наблюдений Азово-Черноморского региона Украины

Одним из основных факторов, влияющих на развитие высоты волн, является ветер. На рис. 5 представлена среднегодовая скорость ветра, которая составляет около 5 м/с. Повторяемость такой скорости для разных пунктов колеблется от 57 % до 73 %. На ЮБК среднегодовая скорость ветра меньше, чем по другим районам и составляет 2-3 м/с, ее повторяемость – 86-95 %. Это полностью согласуется с результатами предыдущих исследований [2-4, 6].

Среднемесячная скорость ветра по Азово-Черноморскому побережью колеблется от 4 м/с в теплое полугодие до 6-7 м/с в холодное, и только по ЮБК в течение года не превышает 3 м/с (рис. 6). Максимальные среднемесячные скорости ветра отмечаются на МГ «Мысовое» и МГ «Херсонесский» маяк зимой. Необходимо отметить, что среднегодовая и среднемесячная скорость ветра на ЮБК значительно меньше, чем по другим районам, однако среднегодовая, среднемесячная и максимальная высота волн достигает больших значений по сравнению с

другими районами (за исключением МГ «Херсонесский маяк»), а по данным МГ «Мысовое» высота волн не превышала 2,8 м за расчетный период. Поэтому необходимо исследовать и другие причины развития волн.

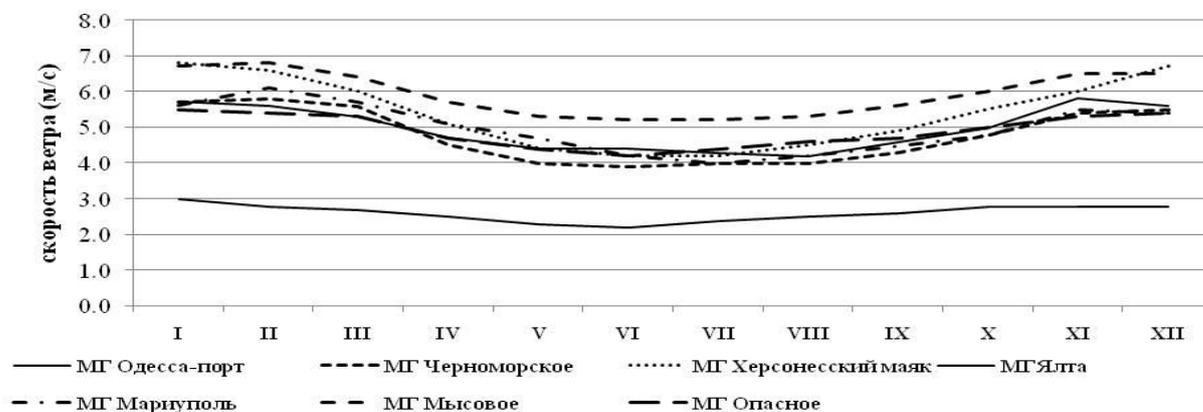


Рис. 6. Годовой ход среднемесячной скорости ветра по данным морских береговых наблюдений Азово-Черноморского региона Украины

#### *Повторяемость ветра и волнения по направлениям в Азово-Черноморском регионе*

Одним из таких факторов, оказывающих влияние на развитие высоты волн, является длина разгона, которая определяется местом положения пункта относительно береговой черты при определенных направлениях ветра. Повторяемость ветра по направлению формируется под влиянием преобладающих синоптических процессов над Азово-Черноморским бассейном и бризовой циркуляции. Особенности наибольшей повторяемости ветра и волнения по направлениям для каждого из районов так же обусловлено физико-географическим положением.

Преобладающими направлениями ветра и волнения для всех портов Северо-западного района являются румбы северной четверти и южной (рис. 7). В теплый период года повторяемость ветра южного направления увеличивается, что обусловлено формированием бризовой циркуляции. Повторяемость по направлениям ветра и волнения существенно не различаются между собой, что в значительной мере определяется типом волнения, которое для данного района в подавляющем большинстве случаев ветровое. В среднем за год повторяемость ветра и волнения

северной и южной четверти по всем пунктам распределены приблизительно в равных долях (например, МГ «Одесса-порт» – 44 % и 36 % соответственно).

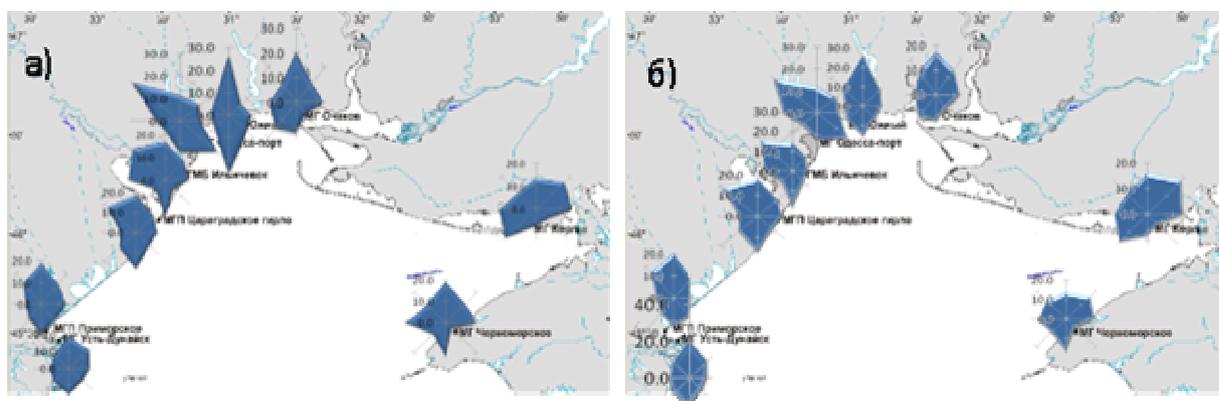


Рис. 7. Повторяемость (%) волнения (а) и ветра (б) по направлениям по данным пунктов наблюдения Северо-западного района Черного моря

По побережью Крымского района повторяемость ветра по направлениям существенно различаются (рис. 8). Так на МГ «Евпатория» (26,1 %), МГ «Херсонесский маяк» (20,6 %) преобладающим направлением является северо-восточное, а на МГП Алушта (41,5 %), МГ «Ялта» (21,3 %) – северо-западное. В период развития бризовой циркуляции для большинства пунктов увеличивается повторяемость ветров южной четверти.

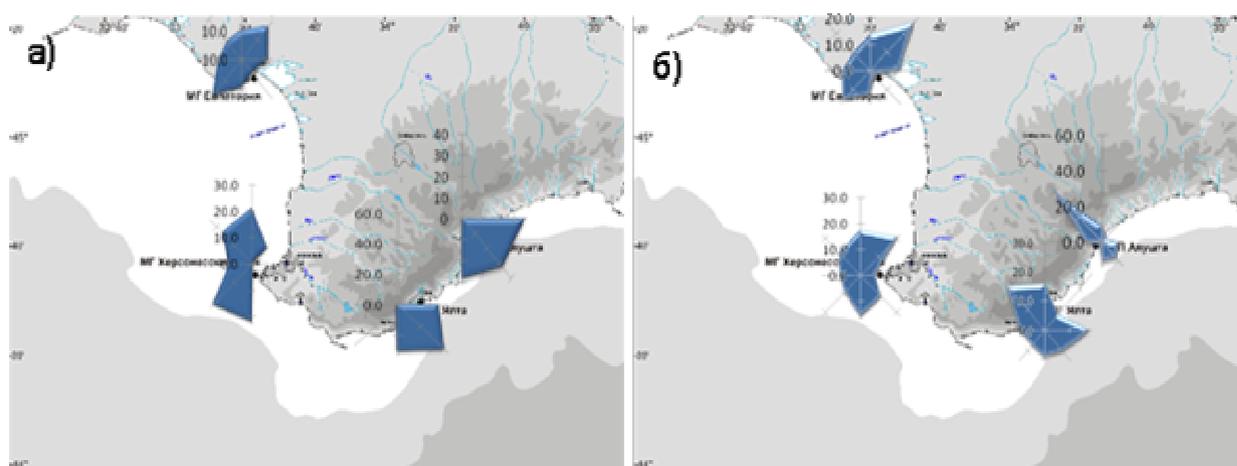


Рис. 8. Повторяемость (%) волнения (а) и ветра (б) по направлениям по данным пунктов наблюдения Крымского района

В отличие от Северо-западного района, на побережье Крымского района ветровое волнение является преобладающим только на МГ «Евпатория» (83,3 %). При этом наибольшая повторяемость как ветра, так и волнения приходится на северо-восточное (22,8 %) и юго-западное (24,9 %) направления. Отметим, что конфигурация берега и значительная глубина моря создают благоприятные условия для деформации и экранирования волн у мысов при подходе к берегу. По данным МГ «Херсонесский маяк», расположенной на мысе Херсонес, наблюдаются два основных типа волнения: **ЗВ** – более 51 %; **ВВ** – около 38 % (табл. 1).

Таблица 1

Повторяемость (%) типов волнения по пунктам наблюдения Крымского района за период 1954-2009 гг.

№ п/п	Тип волнения	ВВ	ЗБ	МЗ	ВЗ	ЗЗ	ЗВ	ШТ
1	МГ «Евпатория»	83,3	0,03	0,03	0,1	0,02	15,7	0,8
2	МГ «Херсонесский маяк»	37,9	8,0	2,8	0,004	-	51,2	0,1
3	МГ «Ялта»	8,2	73,3	7,2	0,4	0,6	10,3	-
4	МГП «Алушта»	3,2	82,9	7,8	0,1	0,02	6,0	0,02

ВВ – ветровое волнение; ЗБ – зыбь; МЗ – мёртвая зыбь; ВЗ – ветровое волнение/зыбь; ЗЗ – зыбь двух разных направлений; ЗВ – зыбь/ветровое волнение; ТО – толчея; ШТ – отсутствие волнения (штиль)

На ЮБК основным типом волнения является зыбь с повторяемостью в течение года от 73,3 % (на МГ «Ялта») до 82,9 % (на МГП «Алушта»). При этом типе чаще всего наблюдается волнение восточного, юго-восточного или южного направления. Суммарная повторяемость этих направлений составляет по данным МГ «Ялта» – 96 %, на МГП «Алушта» – 98,3 %.

Наибольшая повторяемость ветра в Керчь-Туапсинском районе приходится на северо-восточное и северное направления и составляет от 16 % до 25 %. Исключением является Феодосийский залив, где наибольшая повторяемость приходится на северо-западное направление (рис. 9). Поскольку основным типом волнения является ветровое (88-94,1 %), преобладающие направления волнения и ветра в Керченском проливе различаются незначительно.

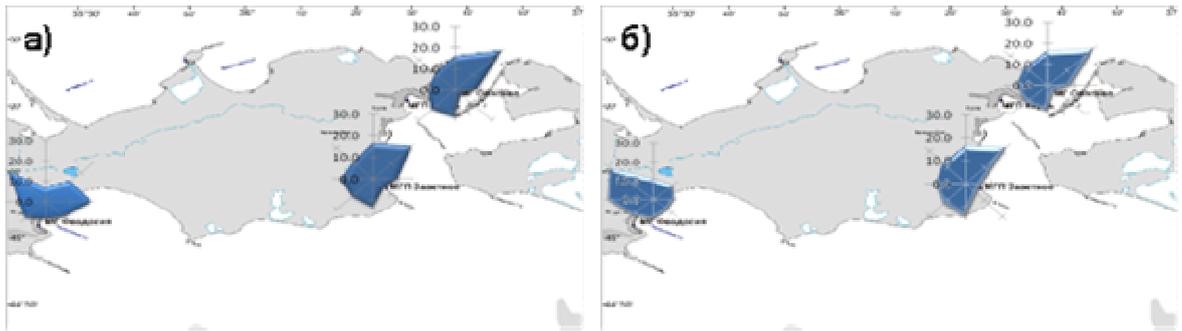


Рис. 9. Повторяемость (%) волнения (а) и ветра (б) по направлениям по данным пунктов наблюдения Керчь-Туапсинского района

Преобладающее направление ветра и волнения на Азовском море – восточное, повторяемость которого колеблется от 22 % до 30 % (рис. 10). Как было указано выше, в тех случаях, когда основным типом волнения является ветровое, повторяемости направлений ветра и волнения близки по величине.

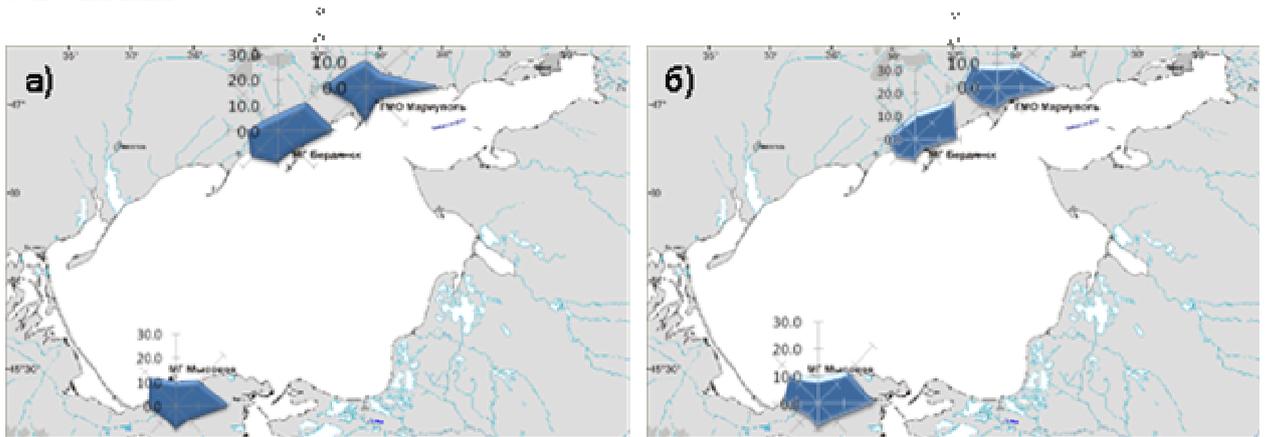


Рис. 10. Повторяемость (%) волнения (а) и ветра (б) по направлениям по данным пунктов наблюдения Азовского моря

Основным типом волнения является ветровое, повторяемость которого составляет: 92,8 % – Мариупольская ГМО, 94 % – МГ «Бердянск». Вклад других типов незначительный.

### **Опасная и стихийная высота волн и их повторяемость на Азово-Черноморском побережье Украины**

Согласно принятым критериям [16] опасным явлением (ОЯ) является высота волн 1,5 м, а стихийным гидрометеорологическим явлением (СГЯ) – 6,0 м для Черного моря и 3,5 м для Азовского моря.

Проведенный анализ характеристик ветро-волнового режима Азово-Черноморского региона показал, что повторяемость волн, достигших критерия ОЯ, по разным районам значительно различается (рис. 11). Чаще всего высота волн достигает критерия опасного явления на побережье Крымского района. Максимальная среднегодовая повторяемость таких волн наблюдается на МГ «Херсонесский маяк» и составляет 13,7 %.

Опасная высота волн, как и штормовой ветер, наблюдается в течение всего года преимущественно в холодное полугодие, в период наиболее активных синоптических процессов. В теплое полугодие высота волн достигает критерия опасного явления не по всем пунктам. Максимальная повторяемость таких волн по юго-западу Крыма, как и в работе [11], приходится на холодный период года, но в отличие от результатов, полученных в этой работе, когда максимум был отмечен в феврале, по нашим данным – это январь и декабрь. При этом максимальная средняя скорость ветра в обоих случаях приходится на январь и декабрь. Тем не менее, с авторами работы [11] можно согласиться в том, что в период развития шторма наиболее опасными являются ветры западной четверти.

Несколько меньше повторяемость волн ОЯ в Северо-западном районе Черного моря (по данным пунктов наблюдения «открытое море» и «Одесский залив») и не превышает 3 %. На мелководных участках побережья Черного моря (МГ «Очаков», МГ «Хорлы», МГ «Черноморское»), на побережье Азовского моря и в Керченском проливе, опасная высота наблюдается крайне редко, ее повторяемость менее 1 %.

Одним из основных факторов, оказывающих влияние на развитие волн, является ветер. На рис. 11 представлена повторяемость скорости ветра 12 м/с и более (критерий опасного морского гидрометеорологического явления). В отличие от волнения максимум повторяемости скорости ветра (ОЯ) смещен на юго-западное побережье Азовского моря (МГ «Опасное»). Повторяемость такой скорости ветра отмечается несколько меньше и по другим подрайонам. Аналогичные результаты были получены в работах [2-8].

Необходимо отметить, что в большинстве случаев максимальная повторяемость волн по направлениям, достигших критерия ОЯ, значительно отличается от преобладающих направлений штормового ветра. Максимальная повторяемость волнения по направлению

соответствует тем направлениям ветра, при которых длина разгона волны максимальна для каждого из пунктов. Так, для МГ «Херсонесский маяк» это ветры юго-западного направления.

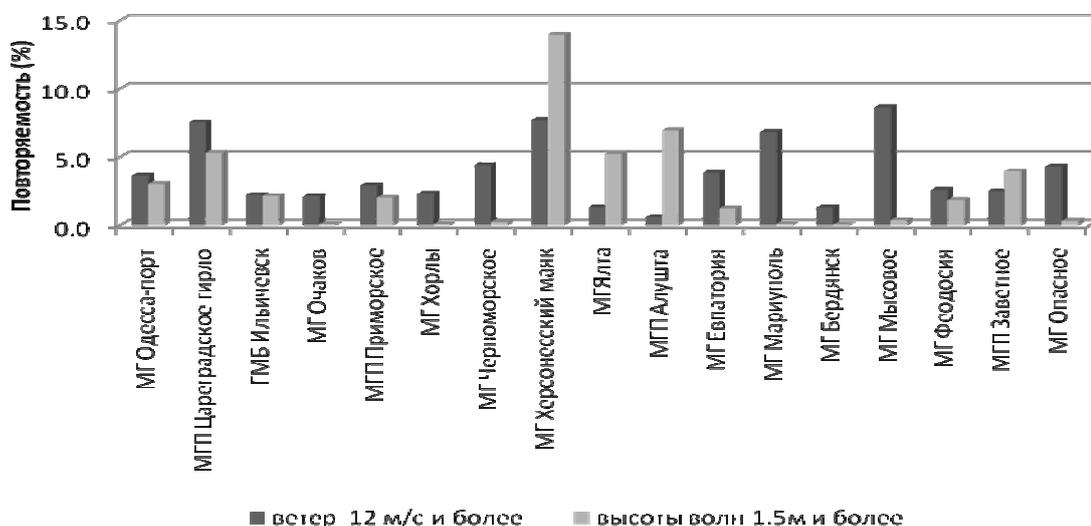


Рис. 11. Повторяемость скорости ветра (12 м/с и более) и высоты волн (1,5 м и более), достигших критерия ОЯ

Повторяемость штормового ветра по направлениям, в основном, для всех пунктов наблюдения в Азово-Черноморском регионе отражает преобладающие синоптические процессы. Исключением являются пункты наблюдения МГ «Херсонесский маяк», МГ «Ялта», МГП «Алушта», МГ «Феодосия», где Крымские горы создают благоприятные условия для сильных кататических ветров (рис. 12). На Южном берегу Крыма довольно часто наблюдаются сильные северо-западные ветры, которые за холодными фронтами имеют признаки, характерные для боры. В теплых же секторах циклонов с гор на побережье обрушивается очень теплый и сухой воздух – фен [17]. Такой же характер имеют ветры юго-восточного направления на юго-западном побережье Крымского района, которые вносят значительный вклад в повторяемость штормовых ветров. Их скорость может достигать 40 м/с (19 марта 1981 года).

Наибольшую опасность представляют волны, высота которых достигает экстремальных значений, т.е. критерия СГЯ. Высота волн в Азово-Черноморском регионе крайне редко достигает критерия СГЯ. За период наблюдений абсолютных значений высот волн (с 50-х гг. XX века) на Черном море было отмечено лишь 8 случаев СГЯ на двух пунктах наблюдения: это на МГ «Херсонесский маяк» – 6 случаев и на МГ «Ялта»

– 2 случая. По другим пунктам наблюдений Черноморского побережья и на Азовском море высота волн не достигала критерия СГЯ.

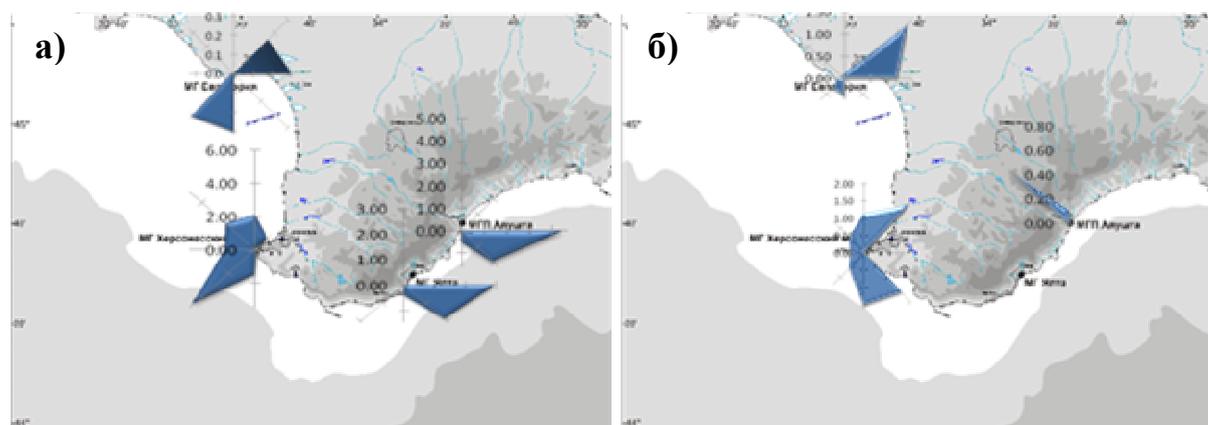


Рис. 12. Повторяемость направлений (%): а) высоты волн (1,5 м и более); б) скорости ветра (15 м/с и более) по данным морских береговых наблюдений

Половина экстремальных штормов на юго-западном побережье Крымского полуострова (МГ «Херсонесский маяк») наблюдалась в ноябре, когда высота волн достигала максимальных значений (7,3 м и 7,0 м). Шесть штормов из восьми были обусловлены усилением ветров западной четверти. Наиболее часто (шесть из восьми) экстремальные штормы (СГЯ) наблюдались в период 1960-1970 гг. Эта повторяемость подтверждена и другими авторами [9, 11]. В то же время следует отметить, что к значительному ущербу могут привести и те штормы, при которых высота волн не достигает критерия СГЯ. Так, в период развития шторма 11 ноября 2007 года высота волны по данным МГ «Херсонесский маяк» достигала 5,0 м, а при шторме 14-15 ноября 1992 года не превышала 4,0 м, но ущерб был значительный [9, 11, 18, 19].

### **Межгодовая изменчивость максимальной высоты волны на Азово-Черноморском побережье Украины**

В ходе работы была рассмотрена многолетняя изменчивость аномалий максимальной высоты волн по месяцам и сезонам по данным наблюдений МГ «Херсонесский маяк», МГ «Ялта» и МГ «Одесса-порт» (рис. 13), наиболее полно отражающих характер волнения на Черном море [18, 19]. Анализ результатов позволяет сделать вывод о том, что в многолетнем ходе аномалий максимальных высот волн (1954-2009 гг.) на

исследуемых пунктах прослеживается чередование периодов устойчивых положительных и отрицательных аномалий максимальных высот волн с точкой перехода, приходящейся примерно на 1983 год. Наиболее четко квазипериодический характер изменчивости максимальных высот волн проявляется в зимний и летний сезоны. В осенние и весенние месяцы характер изменчивости сохраняется, но ход аномалий несколько сглажен. Это, по-видимому, связано с менее устойчивыми синоптическими процессами в переходные сезоны.

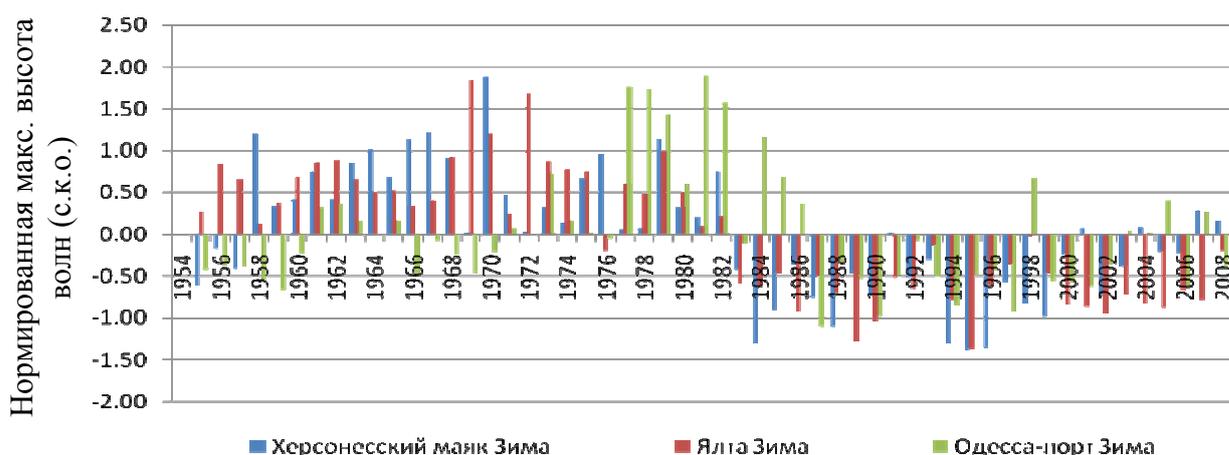


Рис. 13. Изменчивость аномалий максимальных высот волн для зимнего сезона по данным наблюдений МГ «Ялта», МГ «Одесса-порт», МГ «Херсонесский маяк» за период 1954-2009 гг.

Ранее [2, 6] было установлено, что максимальная высота волн на МГ «Херсонесский маяк», МГ «Ялта» и МГ «Одесса-порт» развивается при разных синоптических ситуациях у поверхности земли. Несмотря на значительное отличие синоптических процессов, при которых развивается максимальная высота волны, одновременное чередование положительных и отрицательных аномалий на трех исследуемых пунктах дает основание предположить наличие влияния крупномасштабных синоптических процессов на формирование штормовых условий в Азово-Черноморском бассейне. Классификация крупномасштабных синоптических процессов, основанная на объективном методе кластерного анализа, позволила выявить четыре типа меридиональной циркуляции, приводящих к штормовым условиям в Азово-Черноморском бассейне [18].

В целом, обнаруженная в настоящей работе низкочастотная изменчивость максимальных высот волн является важным элементом

полной картины ветро-волнового режима и требует обязательного учета при составлении режимной справочной информации.

## **Выводы**

В настоящей работе представлено наиболее полное описание ветро-волнового режима Азово-Черноморского побережья Украины за период 1954-2009 гг. по действующим станциям данного региона. Рассмотрены среднегодовые, среднемесячные высоты волн, повторяемость ветра и волнения по величине и направлениям, повторяемость типа волнения, проанализированы максимальные высоты волн в контексте опасных и стихийных гидрометеорологических явлений.

К основным результатам можно отнести следующее:

1. Критичными для изучения штормового волнения на побережье Азово-Черноморского побережья по данным морских береговых пунктов являются не только продолжительность и непрерывность ряда наблюдений, но и объект наблюдения, глубина в месте наблюдений, сектор обзора, метод наблюдения. Наиболее полно таким условиям соответствуют следующие пункты: МГ «Херсонесский маяк», МГ «Ялта» и МГ «Одесса-порт». Каждый из этих пунктов характеризует условия волнения определенного района Черного моря: МГ «Одесса-порт» – северо-запад Черного моря, МГ «Херсонесский маяк» – юго-западное и западное побережье Крымского полуострова, МГ «Ялта» – ЮБК.

2. Анализ ветро-волнового режима в прибрежной части Азово-Черноморского региона Украины позволил выявить, что среднегодовая высота волн колеблется в диапазоне 0,3-0,8 м. Наиболее часто наблюдаются волны высотой 0,5 м и ниже, повторяемость которых составляет 70-96 %. При этом несколько больше в лиманах, мелководных заливах, проливе и бухтах (90-96 %). На побережье Крымского района такие волны наблюдаются реже и их повторяемость составляет: МГ «Херсонесский маяк» – не более 42 %, а на ЮБК – около 60 %.

3. За период 1954-2009 гг. наблюдалось 8 случаев СГЯ. Из них 6 – на МГ «Херсонесский маяк» и 2 – на МГ «Ялта». Максимальная высота волн (7,3 м) была отмечена на МГ «Херсонесский маяк» 10.11.1981 г.

4. Среднегодовая повторяемость волн, достигших критерия ОЯ, составляет 6-13,7 %. Максимальная повторяемость таких волн отмечается на побережье Крымского района. На мелководных участках побережья Черного моря, на побережье Азовского моря и в Керченском проливе

опасная высота наблюдается крайне редко и ее повторяемость составляет менее 1 %.

5. Сезонная изменчивость высоты волн для большинства пунктов слабо выражена. В теплое и холодное полугодия она существенно не различается и составляет 0,2-0,4 м. Наибольшая изменчивость среднемесячной высоты волн прослеживается на МГ «Херсонесский маяк», МГ «Ялта», МГП «Алушта», МГ «Одесса-порт».

6. Общей характеристикой многолетней изменчивости аномалий высоты волны для трех исследуемых пунктов является наличие квазипериодических колебаний.

Полученные результаты могут быть использованы в качестве справочного материала по ветро-волновому режиму Азово-Черноморского региона и при составлении морских гидрометеорологических прогнозов.

\* \*

1. *Скворцов Г.* Стратегия развития морских портов Украины на ближайшее десятилетие (<http://www.blackseatrans.com/article.php?articleID=1850>).
2. Справочник по климату Черного моря. – М.: Гидрометеиздат, 1974. – 405 с.
3. Справочник по климату СССР. Вып. 10. Ч. III. Ветер. – Л.: Гидрометеиздат. – 1967. – 679 с.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. – Л.: Гидрометеиздат. – 1990. – Вып. 10. Кн.1. – 604 с.
5. Атлас волнения и ветра Черного моря / Под ред. *Г.В.Ржеплинского*. – Л.: Гидрометеиздат. – 1969. – 111 с.
6. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.IV. Черное море – С.Пб.: Гидрометеиздат. – 1991. – С. 354-366.
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.V. Азовское море. – С.Пб.: Гидрометеиздат. – 1991. – С. 88-91.
8. *Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б.* Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 1. Азовское море // МЧС и НАН Украины, Морское отделение УкрНДГМИ. Севастополь. – 2009. – 402 с.
9. *Горячкин Ю.Н., Репетин Л.Н.* Штормовой ветро-волновой режим у Черноморского побережья Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – МГИ НАНУ, Севастополь. – 2009. – С. 56-69.
10. *Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н.* Режим ветра над побережьем и шельфом Северо-восточной части Черного моря // Тр. УкрНИГМИ. – Вып. 257. –

2008. – С. 84-105

11. *Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н., Липченко М.М.* Ветры и волнение в прибрежной зоне юго-западной части Крыма // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – МГИ НАНУ, Севастополь «ЭКОСИ-Гидрофизика». – 2003. – Вып. 9. – С. 13-28
12. *Полонский А.Б.* Роль океана в изменениях климата. – К.: Наук. думка. – 2008. – 183 с.
13. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат. – 1984. – Ч. 1. – Вып. 9. – 312 с.
14. *Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я.* Климатологическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат. – 1978. – 295 с.
15. *Евстигнеев В.П., Наумова В.А., Евстигнеев М.П.* Комплекс автоматизированных систем сбора, обработки, контроля, анализа и хранения данных гидрометеорологических наблюдений – АССОКА // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины. – 2009. – С. 157-162.
16. Положення про порядок складання та передачі попереджень і донесень про виникнення стихійних явищ, різких змін погоди, поєднання небезпечних явищ та випадків екстремально високого забруднення природного середовища. – К.: ДОД Держкомгідромет. – 1994. – 32 с.
17. *Бурман Э.А.* Местные ветры. – Л.: Гидрометеиздат. – 1969. – 341 с.
18. *Воскресенская Е.Н., Наумова В.А., Евстигнеев М.П., Евстигнеев В.П.* Классификация синоптических процессов штормов в Азово-Черноморском бассейне // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2009. – Вып. 258. – С. 189-200.
19. *Воскресенская Е.Н., Наумова В.А., Евстигнеев М.П., Евстигнеев В.П.* Низкочастотная изменчивость повторяемости экстремальных штормов в Азово-Черноморском бассейне // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2009. – Вып. 19. – С. 386-394.

*Севастопольская ГМО,  
Севастопольський національний  
технічний університет*

**В.А. Наумова, М.П. Євстігнєєв, В.П. Євстігнєєв, К.П. Любарєць**

**Вітро-хвильові умови Азово-Чорноморського побережжя України**

*Виконано аналіз вітро-хвильового режиму Азово-Чорноморського регіону за даними морських берегових пунктів спостережень України за період 1954-2009 рр. Виявлено особливості режиму окремих районів досліджуваного регіону. Результати аналізу було порівняно з прийнятими довідниками по клімату Азово-Чорноморського регіону. Встановлено низькочастотну мінливість багаторічного ходу максимальних висот хвиль.*

**Ключові слова:** вітро-хвильовий режим, шторми, Азово-Чорноморський регіон, низькочастотна мінливість максимальної висоти хвиль.

**V.A. Naumova, M.P. Evstigneev, V.P. Evstigneev, E.P. Ljubarec**

**Wind and wave forming conditions in Azov-Black Sea coast region**

*Analysis of the wind-wave regime of Azov-Black Sea region on the basis of standard hydrometeorological observations has been made for the period of 1954-2009 years. For a few areas of the region under investigation some peculiar features of wind-wave regime have been shown. The results were compared to well-known reference-books on a climate of the region. A low-frequent variability of the maximum wave heights has been established.*

**Keywords:** wind-wave regime, storms, Azov-Black Sea region, low-frequent variability of maximum wave heights.