

# СОВМЕСТНЫЙ АНАЛИЗ СКОРОСТИ ВЕТРА, ВЫСОТЫ ВОЛН И ИНДЕКСА СЕВЕРОАТЛАНТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЯ В ДИАПАЗОНЕ СИНОПТИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

*З.К. Абузяров, Е.С. Нестеров*

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр  
Российской Федерации  
abusiar@mecom.ru; nesterov@mecom.ru*

## **Введение**

Шторма и штормовое волнение относятся к тем явлениям погоды, которые оказывают негативное влияние на деятельность морских отраслей экономики. Поэтому информация о фактическом и прогностическом состоянии ветрового волнения в Мировом океане является одной из наиболее затребованных со стороны морских потребителей. Среди других характеристик морского волнения с практической точки зрения наиболее важными являются опасные для судоходства высоты волн (ОВВ). Под ОВВ будем понимать высоту волны, превышающую некоторый пороговый уровень, выше которого плавание опасно, т. е. условно за пороговый уровень будем принимать значение перехода волнения к шторму. В соответствии с РД 52.88.699-2008 «Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений» в океане высота волны 8 м и более является критерием опасного явления, и при ее достижении выпускается штормовое предупреждение.

В оперативной практике прогнозов волнения обычно применяются два основных подхода. Первый подход основан на последовательном анализе развития синоптической ситуации (положения

циклонов и фронтов) с использованием расчетных номограмм. На этой основе подготавливается прогноз штормовых зон волнения и их характеристик (положение шторма на момент прогноза, наибольшая высота волн в зоне шторма и т. д.). Успешность такого способа прогноза во многом зависит от опыта прогнозиста.

Другой подход основывается на результатах численных расчетов параметров волн по заданным прогностическим полям ветра по известным спектральным моделям волнения, которые в последние годы достигли достаточно высокого уровня точности. В этом случае выделение на прогностических картах зон с наибольшими высотами волн, по сути, является прогнозом ОВВ. Однако полезная информативность прогнозов, составленных тем или иным способом, ограничивается тремя сутками, далее она резко снижается. В то же время в морской практике зачастую требуются прогнозы ОВВ с большей заблаговременностью, связанной с продолжительностью действия штормов и окон погоды. Несмотря на многочисленность исследований условий зарождения и эволюции штормов и попыток их прогнозирования, эта сложная проблема до сих пор остается нерешенной.

В последние годы в Гидрометцентре России ведутся активные исследования, направленные на разработку метода прогноза ОВВ с заблаговременностью до 10–15 суток [2, 7–11, 16–19]. В этих работах исследуются условия возникновения штормов и на этой основе разрабатывается метод прогноза ОВВ с увеличенной заблаговременностью. Показано, что возникновение ОВВ в Северной Атлантике связано с атмосферными процессами синоптического масштаба.

Сложность проблемы прогноза ОВВ в диапазоне синоптической изменчивости обусловлена значительным разнообразием конфигурации штормов, их размеров, интенсивности, длительности существования и т. д. По сути, прогноз ОВВ с большой заблаговременностью (до 30 суток) сводится к прогнозу высоты волн относительно редкой повторяемости в заданной точке в конкретный момент времени, что представляет трудноразрешимую задачу. В такой ситуации наиболее целесообразным является прогноз вероятности возникновения ОВВ на некоторой акватории в определенном интервале времени. Такая постановка задачи является практически более реализуемой при условии, что для ее решения

имеются объективные физические предпосылки, создаваемые особенностями гидрометеорологического режима конкретных районов Северной Атлантики. К таким особенностям относятся:

- устойчивость в течение некоторого времени знака и величины аномалий атмосферных процессов, обуславливающих шторма;
- инерционность атмосферных и волновых процессов;
- преобладание в развитии атмосферных процессов: образование к некоторому моменту времени аномалий гидрометеорологических факторов, определяющих на длительный срок особенности развития ветро-волновых условий (например, сроки начала шторма, его длительность и интенсивность).

Несмотря на большое количество выполненных исследований по моделированию ветрового волнения, физическая природа максимальных высот волн в шторме во многом до конца не выяснена. Одной из причин этого является недостаточно подробная синоптическая освещенность Северной Атлантики, где возникает и развивается большое количество штормов, особенно в холодный период года. Вследствие недостаточности исходных данных трудно учесть все многообразие причин и их взаимодействие, приводящее к формированию и дальнейшему развитию штормов и ОВВ в них. Во многих работах [1, 3–6, 21, 22] показано, что наиболее общей причиной развития штормового волнения является атмосферная циркуляция над Северной Атлантикой, которая, в свою очередь, зависит от крупномасштабных атмосферных процессов. Также показано, что изменение ветра и давления при смене синоптических процессов проявляется прежде всего в средней тропосфере, а затем уже распространяется в приземный слой, что имеет определенное прогностическое значение.

Существующие модели синоптической изменчивости волнения основываются на имитационном моделировании статистических характеристик штормов и «окон погоды» [12, 15, 20]. Что касается анализа изменчивости волнения синоптического масштаба на основе натуральных данных, то эти вопросы еще слабо изучены и им посвящено не так много работ [3, 14, 23].

Настоящая статья посвящена совместному анализу изменчивости скорости ветра, высоты волн и индекса североатлантического колебания (САК) в диапазоне синоптической изменчивости на

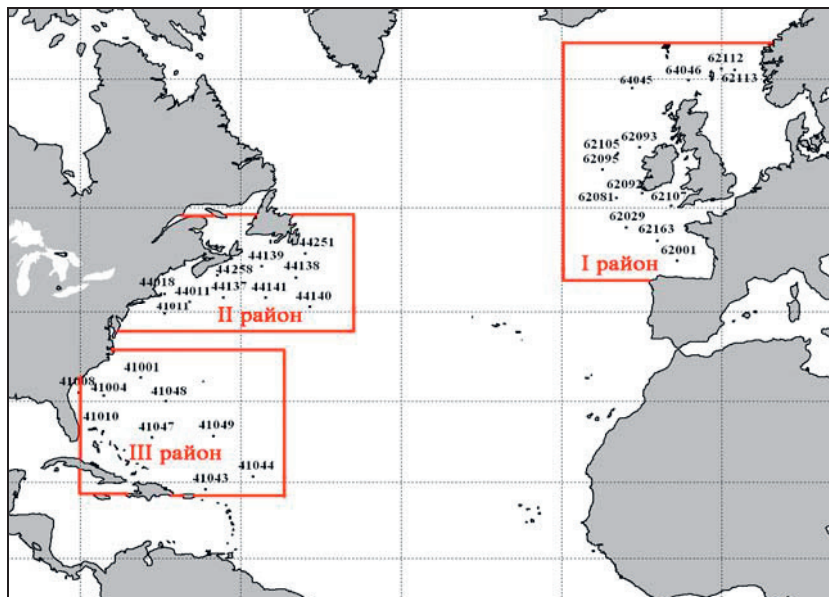
основе натуральных данных. В основу исследования положен пространственно-временной анализ с построением гистограмм, корреляционный и спектральный анализы рядов скорости ветра, высоты волн и индекса САК, позволяющие выявить скрытые структурные различия в рядах и взаимосвязь между ними.

### **Исходные материалы и их анализ**

Исследование изменчивости синоптических колебаний параметров ветра и волн проводилось для холодного периода года. Чтобы сделать задачу статистического анализа временных рядов доступной для практического решения, было сделано допущение, что внутри этого периода колебания ветра и высоты волн являются стационарным случайным процессом и подчиняются закону нормального распределения. В этом случае случайный процесс может быть описан автокорреляционной функцией (АКФ) с заданным частотным спектром  $S(\omega)$  и функцией распределения  $F(V, h)$ . Зная оценки этих функций, можно эффективно изучать особенности внутренней структуры исходных рядов и выявлять ее закономерности.

В качестве исходных материалов использовались данные срочных измерений ветра и высоты волн на автономных буйях, расположенных в различных точках Северной Атлантики, за холодные периоды года (с 1 ноября по 31 марта) 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 и 2012/2013 гг.

Северная Атлантика по ветро-волновым условиям была условно разделена на три района, показанные на рис. 1. В качестве показателя атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой были использованы суточные индексы САК. Поскольку во временных рядах рассматриваемых величин присутствуют колебания различных временных масштабов (от нескольких суток до нескольких месяцев), основное внимание было уделено исследованию процессов синоптического масштаба, связанных со сменой погодных условий и движением барических систем как основных факторов, влияющих на формирование штормов и ОВВ в океане и их взаимную зависимость.



**Рис. 1. Схема расположения стационарных буюв в Северной Атлантике.**

Объем этих данных и охватываемый ими временной интервал позволяет провести анализ полученных наблюдений в рамках процессов синоптического масштаба осреднения.

Достаточно подробный статистический анализ рядов скорости ветра и высоты волн по данным буйковых измерений для холодных периодов 2009–2013 гг. для трех районов Северной Атлантики был выполнен в [3]. Дополнительную информацию, подтверждающую большую пространственно-временную изменчивость ветра, высоты волн и показателей атмосферной циркуляции, может дать совместный спектрально-корреляционный анализ внутренней структуры рассматриваемых рядов. Поэтому в настоящем исследовании в дополнение к ранее полученным результатам выполнен корреляционно-спектральный анализ временных рядов скорости ветра, высоты волн и индекса САК.

Известно, что холодные месяцы года характеризуются частой повторяемостью штормов и экстремальных высот волн. Это

подтверждает таблица, в которой представлены наиболее высокие волны, измеренные на буйках в различные месяцы и в различных районах Северной Атлантики, за холодные сезоны 2009–2013 гг.

*Таблица*

**Максимальные высоты волн (м) по месяцам и по районам для холодных периодов 2009–2013 гг. по данным буйковых измерений**

Районы	Месяцы				
	XI	XII	I	II	III
<b>2009/2010 гг.</b>					
I	11,6	9,1	10,0	10,3	8,2
II	6,2	8,1	7,9	11,1	6,5
III	6,0	8,1	6,4	11,3	7,2
<b>2010/2011 гг.</b>					
I	10,8	12,8	8,7	14,7	10,8
II	8,8	9,1	8,4	8,5	8,1
III	8,9	8,5	7,8	7,1	4,9
<b>2011/2012 гг.</b>					
I	12,6	14,8	11,9	9,1	12,9
II	6,9	6,4	8,8	7,8	6,7
III	7,9	5,0	6,7	6,9	8,5
<b>2012/2013 гг.</b>					
I	7,7	11,1	11,9	14,9	7,9
II	6,1	9,5	8,3	8,9	7,7
III	5,7	7,1	6,0	6,9	8,1

Как видно из таблицы и показано в [3], максимальные высоты волн практически во все месяцы холодного сезона наблюдались в первом и втором районах, расположенных севернее 40-й параллели, однако в отдельные месяцы такие волны отмечались и в третьем районе, расположенном южнее. Самым штормовым месяцем является февраль, когда высоты волн достигали экстремальных величин с очень редкой повторяемостью в 2011 г. (14,7 м) и 2013 году (14,9 м).

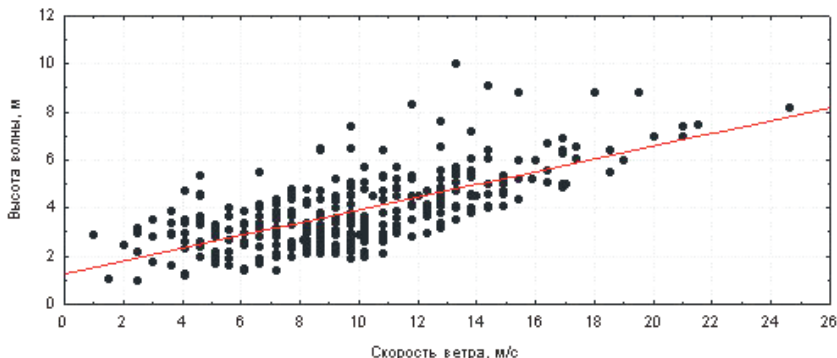
Обычно после того, как штормы затихают, появляются периоды благоприятной погоды, так называемые «окна погоды», прогноз

которых также имеет большое практическое значение. Специалистам, связанным с планированием и осуществлением морских операций в открытом океане, очень важно знать не только время и место возникновения штормов и их продолжительность, но и время наступления и продолжительность «окон погоды».

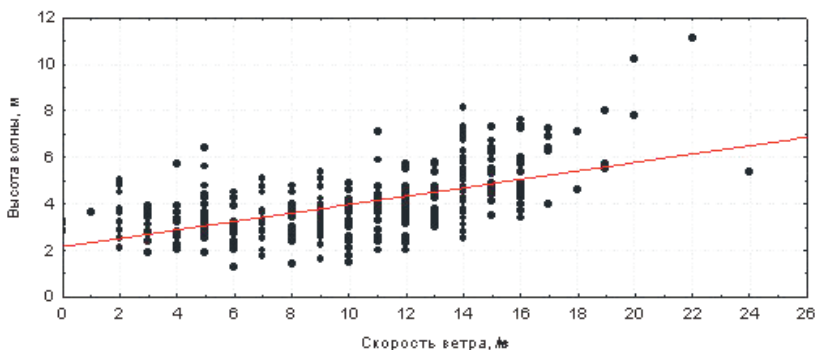
### **Анализ синоптической изменчивости временных рядов**

Наиболее наглядно синоптическую изменчивость можно представить по временным рядам наблюдений за ветром и высотой волн за холодный сезон года. Внутри этого сезона колебания высоты волн с достаточно большим приближением можно рассматривать как стационарный случайный процесс без существенного тренда с заданным частотным спектром и функцией распределения.

Анализ временных рядов скорости ветра и высоты волн в зимний период по данным срочных наблюдений на буях 62095 и 44138, расположенных в восточной и западной частях Северной Атлантики, показывает, что ряды представляют собой типичный пример случайного процесса, для которого характерны нерегулярные смены штормов и «окон погоды». Временной ход скорости ветра и высоты волн показывает их большую изменчивость, при этом высота волн почти синхронно следует за скоростью ветра, иногда с незначительными сдвигами относительно друг друга. Такая изменчивость характерна и для других буев. Статистическая связь между ветром и высотой волн характеризуется довольно высоким коэффициентами корреляции  $R=0,6-0,8$  [4]. Так, для буя 62095  $R=0,69$ , а для буя 44138  $R=0,58$ . Графики связи представлены на рис. 2 и 3. При этом высокие коэффициенты корреляции относятся к зонам с преобладающим ветровым волнением (I район), низкие коэффициенты – к зонам, в которых преобладают волны зыби (II и особенно III район). Максимальная изменчивость отмечается в восточном секторе Северной Атлантики. Дисперсия рассматриваемых характеристик постепенно возрастает от низких широт к высоким.



**Рис. 2. График связи между срочными значениями высоты волн и скорости ветра по данным буя 62095 за период ноябрь 2009 г. – март 2010 г. ( $R=0,69$ ).**

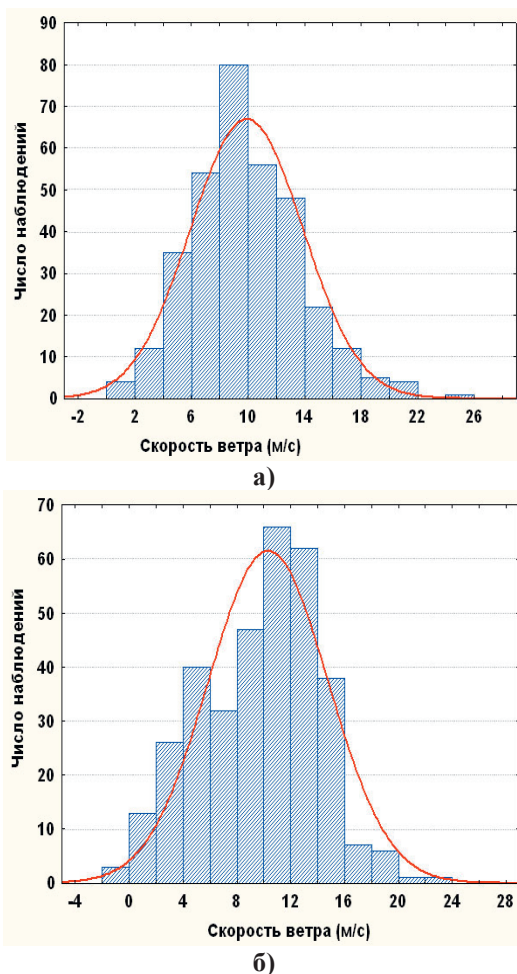


**Рис. 3. График связи между срочными значениями высоты волн и скорости ветра по данным буя 44138 за период ноябрь 2009 г. – март 2010 г. ( $R=0,58$ ).**

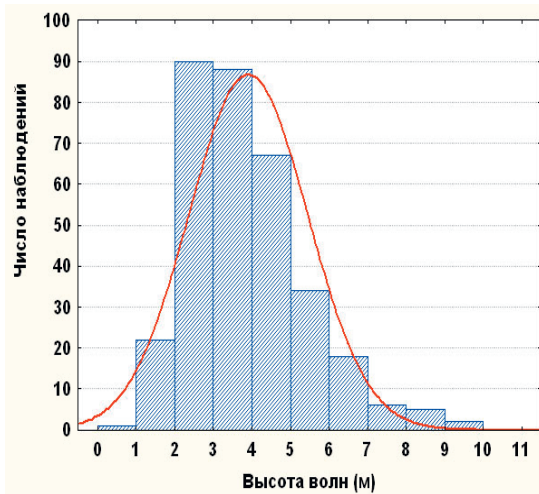
Для временных рядов скорости ветра и высоты волн характерна цикличность, природа которой связана с прохождением циклонов и антициклонов, обуславливая развитие штормов и окон погоды различной продолжительности и интенсивности. Наглядное представление о наличии цикличности можно получить, анализируя гистограммы, поскольку гистограмма показывает эмпирическое частотное распределение исследуемых величин. На



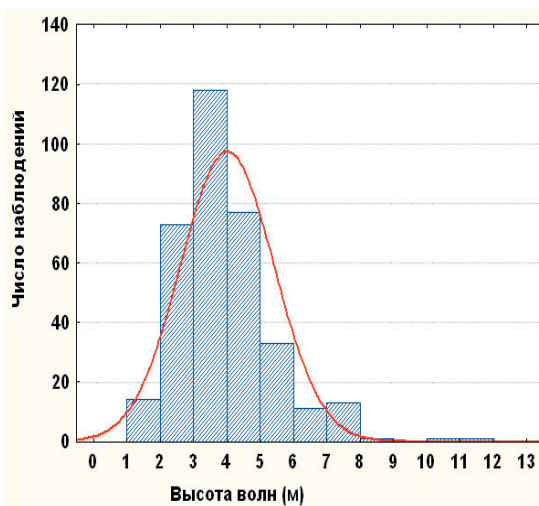
рис. 4 приведен пример гистограмм распределения скорости ветра, а на рис. 5 – высоты волн и их аппроксимация теоретической кривой нормального распределения по данным буев 62095 и 44138 за период ноябрь 2009 г. – март 2010 года.



**Рис. 4. Гистограмма распределения скорости ветра на буях 62095 (а) и 44138 (б) за период ноябрь 2009 г. – март 2010 г. и их аппроксимация кривой нормального распределения.**



а)



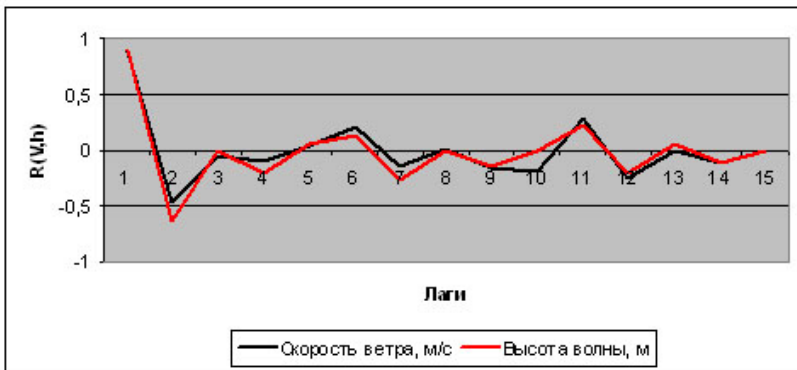
б)

**Рис. 5. Гистограмма распределения высоты волн на буйях 62095 (а) и 44138 (б) за период ноябрь 2009 г. – март 2010 г. и их аппроксимация кривой нормального распределения.**

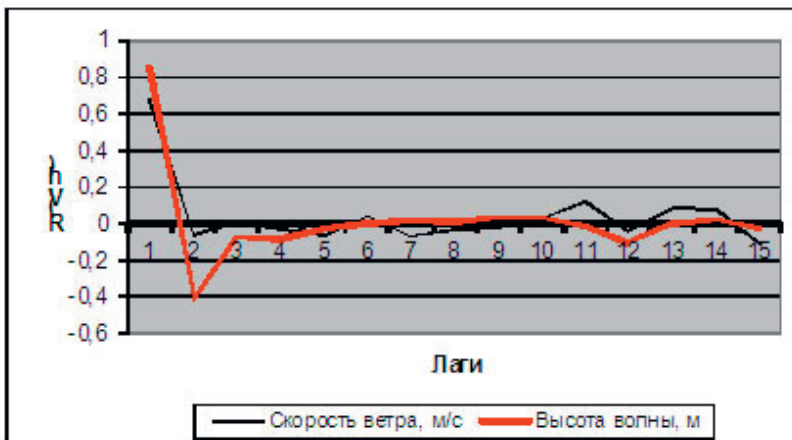
Как видно на рис. 4, гистограмма скорости ветра для буя 62095 довольно близко соответствует нормальному закону, что говорит о стационарности процесса, обусловленной преобладанием в районе этого буя чисто ветрового волнения. Гистограмма ветра для буя 44138 имеет более сложный вид.

Распределение высоты волн синоптической изменчивости представляет собой типичное распределение с длинными «хвостами» с экстремально высокими волнами, находящимися выше порогового значения (рис. 5). Экстремально высокие волны относятся к событиям редкой повторяемости и описываются распределением Парето. Для оценки высоты волн редкой повторяемости обычно используется экстраполяция «хвостов». Статистика экстремальных высот волн изучалась в [5, 13, 24].

Внутреннюю структуру временных рядов рассматриваемых величин удобно изучать с помощью автокорреляционных функций и частных автокорреляционных функций (ЧАКФ). Более детальный анализ внутренней структуры временного ряда дает метод исследования ЧАКФ, который позволяет получить более «чистую» картину периодических зависимостей. Это хорошо демонстрируют кривые ЧАКФ для скорости ветра и высоты волн для буев 62095 и 44138, показанные на рис. 6 и 7.



**Рис. 6. Частная автокорреляционная функция скорости ветра и высоты волн для буя 62095.**



**Рис. 7. Частная автокорреляционная функция скорости ветра и высоты волн для буя 44138.**

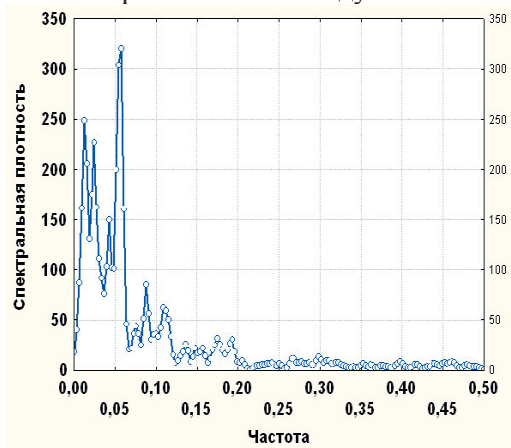
Из рисунков видно, что, несмотря на различия в дисперсии процесса и удаленное расположение буев друг от друга, кривые ЧАКФ однотипны, однако для буя 62095 более четко выражены вторичные максимумы коэффициента корреляции (рис. 6). Высокие значения коэффициентов корреляции на суточном интервале (0,6–0,8) характеризуют инерционность процесса. Вторичный максимум (0,2) для буя 62095 достигается при сдвиге 6 суток и третий максимум (0,3) – при сдвиге 11 суток.

На рис. 8 и 9 представлены спектры скорости ветра и высоты волн, рассчитанные по данным буев 62095 и 44138.

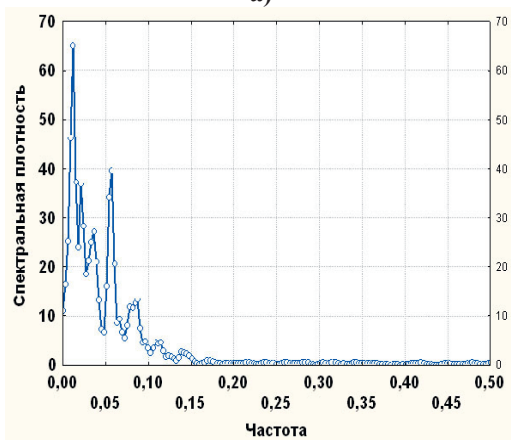
Из рис. 8 и 9 видно, что изменчивость скорости ветра и высоты волн на бую 44138 существенно отличается от изменчивости на бую 62095. Предварительный анализ автокорреляционных функций и функций спектральной плотности указал на наличие в рассматриваемых рядах низкочастотной составляющей, превышающей максимальный сдвиг  $\tau_{\text{макс}} = 15$  суток. Рисунки указывают на тот факт, что колебания высоты волн происходят с теми же частотами, что и колебания ветра.

Низкочастотные составляющие в рассматриваемом случае могут быть отождествлены с синоптической изменчивостью высоты

волн. Существование на спектрах пиков на различных частотах можно объяснить на основании привлечения характеристик атмосферной циркуляции. По мнению многих исследователей [5, 24], пики и их мощность обусловлены прежде всего характером поведения барических образований, их скоростью движения, размерами, интенсивностью и расстоянием между ними.

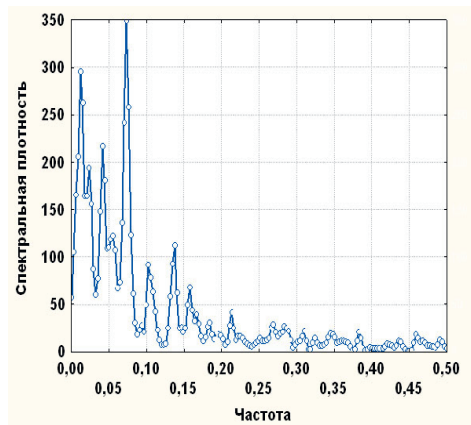


а)

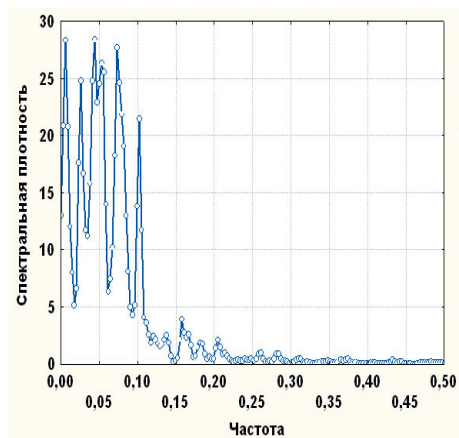


б)

Рис. 8. Спектр скорости ветра (а) и высоты волн (б) по данным буя 62095 за период декабрь 2009 г. – февраль 2010 г.



а)

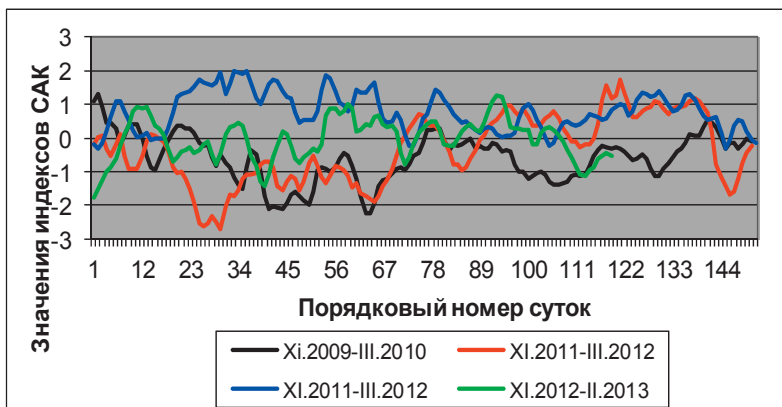


б)

**Рис. 9. Спектр скорости ветра (а) и высоты волн (б) по данным буя 44138 за период декабрь 2009 г. – февраль 2010 г.**

Представляло интерес исследовать связь временного ряда высоты волн и ряда индекса САК. В ряде работ [4, 7, 10] показано, что интенсивность волнения особенно чувствительна к изменениям САК. При положительной фазе САК исландская депрессия

углубляется, а азорский антициклон усиливается. При отрицательной фазе САК взаимодействие рассматриваемых центров ослабляется, а центр азорского антициклона смещается к берегам Африки. Большие градиенты давления при положительной фазе САК образуются зимой. В связи с этим зимний индекс САК рассматривается как основной показатель формирования штормов в Северной Атлантике. Влияние САК на формирование штормов в Северной Атлантике известно давно, однако его влияние на волновые процессы изучено недостаточно. Рис. 10 показывает существенные различия индекса САК в рассматриваемые годы.



**Рис. 10. Временной ход индекса САК в период 2009–2013 гг.**

Проведенный совместный анализ индекса САК, скорости ветра и высоты волн позволяет сделать вывод о том, что цикличность штормов и окон погоды связана с соответствующей цикличностью индекса САК. Рост индекса САК после минимума приводит к усилению штормов, затем после прохождения следующего минимума наступает новый рост индекса САК, что приводит к следующему шторму и т. д. Более короткие штормовые периоды разделяют более длинные «спокойные» периоды (окна погоды), с которыми связаны благоприятные для мореплавания погодные условия. Хотя сделанный в данной работе вывод получен по данным двух буюв,

расположенных в восточной и западной частях Северной Атлантики, можно предположить, что индекс САК в какой-то мере характеризует режим штормов и окон погоды на всей акватории Северной Атлантики.

Подтверждение сделанному выводу о связи индекса САК с чередованием штормов и окон погоды можно найти, например, в работах [5, 14, 20, 23], в которых приведены результаты сопоставления интенсивности штормов с показателями атмосферной циркуляции (скоростью ветра) за продолжительный период времени для средних широт Северной Атлантики. В них отмечается, что интенсивность штормов увеличивается при росте индекса САК.

Штормы более четко выделяются при 5-суточном скользящем сглаживании рассматриваемых исходных рядов. Этот прием позволяет исключить из рассмотрения кратковременные «выбросы» и фиксировать лишь характерные особенности изменчивости высоты волн. Анализ сглаженных рядов показывает более сильное влияние САК на ветер и волнение во II районе (западном), чем в I районе (восточном). Это подтверждается также анализом спектров скорости ветра и высоты волн. Здесь необходимо отметить результаты работ [4, 7], где показано, что характеристики ветра и волнения в восточной части Северной Атлантики больше зависят от восточно-атлантического колебания, чем от САК.

### **Заключение**

1. Анализ данных наблюдений в зимний период на буюх 62095 и 44138, расположенных в восточной и западной частях Северной Атлантики, выявил тесную связь между скоростью ветра и высотой волн. Коэффициент корреляции равен 0,69 для буюа 62095 и 0,58 для буюа 44138.

2. Анализ временных рядов скорости ветра и высоты волн с помощью автокорреляционных функций и частных автокорреляционных функций показал, что, несмотря на удаленное расположение буюев друг от друга, кривые ЧАКФ однотипны, однако для буюа 62095 более четко выражены вторичные максимумы коэффициента корреляции. Высокие значения коэффициентов корреляции в первые сутки (0,6–0,8) характеризуют инерционность процесса.



Вторичный максимум (0,2) для буя 62095 достигается при сдвиге 6 суток и третий максимум (0,3) – при сдвиге 11 суток.

3. Совместный анализ индекса САК, скорости ветра и высоты волн позволяет сделать вывод о том, что цикличность штормов и окон погоды связана с соответствующей цикличностью индекса САК. Рост индекса САК приводит к усилению штормов. Более короткие штормовые периоды чередуются с более длинными «спокойными» периодами (окнами погоды), с которыми связаны благоприятные для мореплавания погодные условия.

4. Предварительный анализ автокорреляционных функций и функций спектральной плотности указывает на наличие в анализируемых рядах низкочастотной составляющей с периодом, превышающим максимальный сдвиг (15 суток), которая может быть связана с атмосферными процессами более крупного масштаба.

#### Список использованных источников

1. *Абузяров З.К.* Морское волнение и его прогнозирование. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 166 с.

2. *Абузяров З.К.* К вопросу о прогнозе аномальных высот волн в Северной Атлантике на средние сроки // Труды Гидрометцентра России. – 2013. – Вып. 350. – С. 47–57.

3. *Абузяров З.К.* Статистика ветра и волн в Северной Атлантике по данным буйковых измерений // Труды Гидрометцентра России. – 2013. – Вып. 350. – С. 28–46.

4. *Абузяров З.К., Нестеров Е.С.* О связи ветра и волнения в Северной Атлантике с колебаниями атмосферной циркуляции // Метеорология и гидрология. – 2014. – № 7. – С. 63–71.

5. *Бухановский А.В., Лопатухин Л.И.* Экстремальные и необычные ветровые волны: измерения, расчет, прогноз // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. – 2011. – Т. 4, № 4. – С. 5–17.

6. *Вязилова Н.А.* Циклоническая активность и колебания циркуляции в Северной Атлантике // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 7. – С. 5–14.

7. *Красюк Т.В., Нестеров Е.С.* О характеристиках глубоких циклонов и экстремального волнения в Северной Атлантике по данным реанализа ERA-Interim // Метеорология и гидрология. – 2015. – № 3. – С. 65–74.

8. *Лукин А.А., Мысленков С.А., Нестеров Е.С.* Особенности термодинамической структуры атмосферы при формировании интенсивного волнения в океане // Труды Гидрометцентра России. – 2013. – Вып. 350. – С. 13–27.

9. *Лукин А.А.* Типизация штормовых циклонов, вызывающих опасное волнение в Северной Атлантике // Труды Гидрометцентра России. – 2011. – Вып. 345. – С. 40–55.

10. *Лукин А.А., Нестеров Е.С.* Опасное ветровое волнение в Северной Атлантике при разных режимах атмосферной циркуляции // Метеорология и гидрология. – 2011. – № 12. – С. 36–44.

11. *Лукин А.А.* Опасное ветровое волнение в Северной Атлантике // Труды Гидрометцентра России. – 2009. – Вып. 343. – С. 23–28.

12. *Мастрюков С.И.* Имитационное моделирование временных рядов штормов и окон погоды по ветровым условиям // Метеорология и гидрология. – 2013. – № 4. – С. 58–67.

13. *Матушевский Г.В.* Расчет максимальных высот ветровых волн в океанах и морях // Метеорология и гидрология. – 1978. – № 5. – С. 63–69.

14. *Матушевский Г.В., Надеев В.В.* Статистические закономерности распределения характеристик устойчивости ветрового волнения // Метеорология и гидрология. – 1987. – № 9. – С. 70–76.

15. *Надеев В.В.* Имитационное моделирование рядов высот волн для определения штормовых циклов // Проблемы исследования и математического моделирования ветрового волнения / под ред. И.Н. Давидана. – СПб.: Гидрометеиздат, 1995. – 432 с.

16. *Нестеров Е.С.* О возможности прогноза опасного волнения в Северной Атлантике с повышенной заблаговременностью // Труды Гидрометцентра России. – 2013. – Вып. 350. – С. 5–12.

17. *Нестеров Е.С.* Североатлантическое колебание: атмосфера и океан. – М.: Триада лтд, 2013. – 144 с.

18. *Нестеров Е.С., Лукин А.А.* Об экстремальном волнении в Северной Атлантике // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 11. – С. 46–55.

19. Режим, диагноз и прогноз ветрового волнения в океанах и морях / под ред. Е.С. Нестерова. – М.: Триада лтд, 2013. – 295 с.

20. *Рожков В.А., Лопатухин Л.И., Лавренов И.В. и др.* Моделирование штормового волнения // Изв. РАН. ФАО. – 2000. – Т. 36, № 55. – С. 689–699.

21. Руководство по анализу и прогнозированию волнения // ВМО-№ 702. – 1998. – 178 с.

22. *Abuzyarov Z.K.* A study on relationship between the fields of sea and atmospheric pressure fields in the North Atlantic // VERBAUX. – 1971. – № 12. – P. 133–134.

23. *Gulev S.K., Grigorieva V.G.* Variability of the Winter Wind Waves and Swell in the North Atlantic and North Pacific as Reveled by the Voluntary Observing Ship Data // Amer. Meteor. Soc. – 2006. – P. 5667–5685.

24. *Lopatukhin L.J., Rozhkov V.A., Ryabinin V.E. et al.* Estimation of extreme wind wave heights // WMO/TD-№ 1041. – Geneva, 2000. – 71 p.

*Поступила в редакцию 30.03.2015 г.*