

ШТОРМОВЫЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ ОПАСНОМ ВОЛНЕНИИ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ

А.А. Лукин

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации;
lukin@metcom.ru*

Технология прогноза опасного волнения (ОВ) с повышенной заблаговременностью (до 10–15 суток) была разработана и реализована в отделе морских гидрологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России» [1].

Согласно типового перечня опасных природных явлений, к опасным явлениям (ОЯ) относятся волны, высота которых в прибрежных районах составляет не менее 4 м, в открытом море – не менее 6 м, в открытом океане – не менее 8 м. В [1] получены оценки качества экспериментальных прогнозов ОВ.

Заключительным этапом технологии прогноза опасного волнения с повышенной заблаговременностью является преобразование результатов прогноза в штормовые предупреждения о возникновении ОВ. На основе разработанной технологии была реализована схема штормовых предупреждений об ОВ на акватории Северной Атлантики.

Для этого на основе полученных в [1] данных о возникающих ошибках прогнозов была разработана автоматизированная схема штормовых предупреждений, для которой потребовалась доработка методики оценки качества. В данной статье описана методика оценки качества штормовых предупреждений об ОВ и результаты ее применения.

Методика оценки качества штормовых предупреждений об ОВ

Метеорологические явления, приводящие к экстремальным ситуациям, могут быть различного масштаба и продолжительности: области штормовых и ураганных ветров и возникающие из-за их воздействия на акватории океана очаги опасного волнения в начальной стадии развития представляют собой области, размеры которых имеют характерный масштаб в несколько сотен км. Оценку качества штормовых предупреждений об очагах ОВ с высотой волн 8 м и более целесообразно производить в соответствии с оценкой качества прогнозов опасных явлений, а именно зон штормовых и ураганных ветров, с которыми они непосредственно связаны.

Так как методика оценки качества прогнозов ОВ для штормовых предупреждений с заблаговременностью до 10–15 суток отсутствует, была разработана собственная методика в соответствии с основными положениями Наставления [2], включающего методику оценки успешности штормовых предупреждений.

Штормовые предупреждения включают в себя, в частности, район вероятного возникновения ОВ, разделенный на 2 зоны: область наиболее вероятного образования очага ОВ и область 50%-ной вероятности образования очага ОВ. Параметры области наиболее вероятного возникновения очага ОВ в форме эллипса рассчитаны на основе статистического анализа параметров очагов ОВ в начальной стадии образования.

Размеры очага ОВ в момент достижения высоты волн 8 м и более непосредственно соответствуют зоне штормовых и ураганных ветров в сочетании с необходимым разгоном для волн. Поэтому в соответствии с горизонтальными размерами зон штормовых и ураганных ветров параметры области с наибольшей вероятностью образования очага ОВ вписываются в эллипс с размером 500×1000 км, который с учетом необходимого минимального разгона ветровых волн располагается к востоку в среднем на удалении 1000 км от расчетной точки выхода ложбины в средней тропосфере на Северную Атлантику [1].

На основе полученных данных ошибок прогноза положения очага ОВ [1] была дополнительно определена зона 50%-ной

вероятности возникновения очагов ОВ. Эта зона была рассчитана на основе ранее полученной систематической ошибки прогноза положения очага ОВ, которая составила 6° по широте, что примерно соответствует зоне с радиусом 600 км вокруг области наиболее вероятного возникновения очага ОВ.

Штормовые предупреждения об ОВ в соответствии с технологией прогноза ОВ не имеют фиксированной заблаговременности. В данном случае заблаговременность зависит от скорости перемещения атмосферной ложбины, которая, в свою очередь, определяется термодинамическими параметрами атмосферы над Северной Америкой. Интервал времени, в пределах которого прогнозируется ОВ, также меняется в зависимости от заблаговременности прогноза. Чем больше заблаговременность штормового предупреждения, тем больше интервал времени, в котором наиболее вероятно образование очага ОВ.

Для определения вышеуказанных критериев оценки успешности штормовых предупреждений об ОВ были использованы данные заякоренных океанских буев и судовых наблюдений за ветровым волнением. Дополнительно из-за недостаточного покрытия Атлантического океана наблюдениями за высотой волн были использованы данные анализа волнения по модели WAVEWATCH III.

Оценка качества штормовых предупреждений производилась по данным с дискретностью 6 часов в сроки, кратные 00, 06, 12, 18 ч ВСВ в соответствии с дискретностью анализа волнения по модели WAVEWATCH III. В соответствии с Наставлением [2], ОЯ считается спрогнозированным в штормовом предупреждении, если время возникновения явления, площадь распространения и интенсивность были спрогнозированы в соответствии с принятыми критериями.

Оценка качества прогноза времени возникновения очага ОВ

В соответствии с Наставлением [2], время возникновения опасного явления определяется моментом, когда явление (метеорологическая величина) достигло на первом пункте наблюдений соответствующего критерия ОЯ или определенного значения (величины) неблагоприятных явлений, составляющих комплекс.

Для возникновения очага опасного волнения таким моментом является время образования на акватории океана очага с высотой преобладающих волн 8 м и более.

В результате тестирования технологии было выявлено, что минимальная заблаговременность прогноза ОВ может составлять 184 ч, а максимальная 393 ч. В связи с большой и изменяющейся заблаговременностью прогноза допустимые отклонения времени возникновения ОВ от крайних границ прогнозируемого интервала времени были заданы на основе функциональной зависимости.

За основу расчета допустимого отклонения времени была взята заблаговременность прогноза в часах. Расчет допустимого интервала времени возникновения ОВ производится по формуле:

$$\tau = (t_{np} / 48) \times 6,$$

где τ – допустимый интервал отклонения времени возникновения ОЯ; t_{np} – заблаговременность прогноза.

Допустимый интервал определяет отклонение времени возникновения ОВ в обе стороны от прогнозируемого времени (крайние границы прогнозируемого интервала времени). При возникновении ОВ в пределах допустимых отклонений времени от крайних границ прогнозируемого интервала времени в соответствии с Наставлением [2] считается, что штормовое предупреждение оправдалось ($P_{оя} = 100\%$), иначе – не оправдалось ($P_{оя} = 0\%$).

Оценка качества прогноза положения очага ОВ

Для оценки качества прогноза положения очага было принято, что если в прогнозируемом районе акватории Северной Атлантики возникло опасное волнение, достигшее интенсивности ОЯ (8 м и более), то такое явление относится к спрогнозированному ($P_{оя} = 100\%$).

Как указывалось выше, район с наибольшей вероятностью образования очага ОВ представляет эллипс с размером 500×1000 км, Дополнительно вокруг эллипса на расстоянии 600 км [1] была проведена зона 50%-ной оправдываемости прогноза. При образовании

очага ОВ вне эллипса, но в указанной зоне, считается, что прогноз оправдался на 50 %, так как очаг ОВ возник вблизи прогнозируемой зоны. Очаги ОВ, образовавшиеся вне 50%-ной зоны, считаются не спрогнозированными ($P_{\text{оц}} = 0 \%$).

Оценка качества прогноза интенсивности явления

Согласно Наставлению [2], штормовое предупреждение считается успешным, если фактическая скорость ветра составляла не менее 90% от установленного критерия ОЯ. Поскольку высота волн существенно зависит от скорости ветра, то принимается, что штормовое предупреждение об ОВ считается успешным, если фактическая высота волн была не менее 7 м.

В соответствии с вышеуказанными критериями была получена оценка успешности штормовых предупреждений об опасном волнении в январе–апреле 2015 г. (таблица). В таблице знак «-» означает, что ОВ возникло раньше, чем по прогнозу; знак «+» – позже. Прочерк означает, что очаг ОВ не был спрогнозирован.

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. В двух случаях из 31 прогноз ОВ не был составлен в результате ошибок в прогнозе характеристик атмосферной ложбины [1].

2. Время возникновения очагов ОВ было успешно предсказано в 23 случаях из 31 (74,2 %).

3. Положение очагов ОВ было предсказано в 21 случае из 31 (67,7 %). В результате анализа было выявлено, что в 5 случаях образование очагов ОВ произошло за пределами прогнозируемых зон (прогнозы № 19, 20, 21, 29, 30). В этих случаях в прогнозируемой зоне образовывался очаг с высотой волн 3–4 м. После выхода очага к востоку из прогнозируемой зоны начиналось увеличение высот волн и формирование очага ОВ с высотой волн 8 м и более.

4. Оценка качества прогноза интенсивности явления (высота волн) показала, что из 31 случая возникновения очагов ОВ в 28 случаях прогноз был успешным (90,3 %).

**Оценка качества штормовых предупреждений об опасном волнении в Северной Атлантике
в январе–апреле 2015 г.**

№ прогноза	Заблаговременность прогноза, ч	Время возникновения очага ОВ (дата/время ВСВ)	Ошибка прогноза по времени, ч	Допустимый интервал времени, ч	Качество прогноза времени образования ОВ, %	Высота волн в момент образования очага, м	Качество прогноза высоты волн, %	Качество прогноза положения очага, %
1	232	21.01 18 ч	-24	29,0	100	6,7	0	100
2	225	23.01 12 ч	18	28,1	100	8,0	100	100
3	212	25.01 00 ч	18	26,5	100	10,9	100	100
4	215	27.01 12 ч	12	26,9	100	9,1	100	100
5	302	31.01 18 ч	18	37,8	100	8,2	100	100
6	-	03.02 00 ч	-	-	-		-	-
7	263	06.02 06 ч	18	32,9	100	8,2	100	100
8	296	07.02 12 ч	66	37,0	0	3,7	0	100
9	393	11.02 06 ч	96	49,1	0	8,2	100	100
10	326	14.02 00 ч	36	40,8	100	8,2	100	100
11	-	15.02 12 ч	-	-	-		-	-
12	220	17.02 18 ч	-12	27,5	100	8,0	100	100
13	209	20.02 06 ч	-57	26,1	0	8,8	100	100
14	290	25.02 06 ч	18	36,3	100	8,2	100	0
15	184	27.02 00 ч	-12	23,0	100	8,2	100	100
16	311	01.03 00 ч	96	38,9	0	8,0	100	0

№ прогноза	Заблаговременность прогноза, ч	Время возникновения очага ОВ (дата/время ВСВ)	Ошибка прогноза по времени, ч	Допустимый интервал времени, ч	Качество прогноза времени образования ОВ, %	Высота волн в момент образования очага, м	Качество прогноза высоты волн, %	Качество прогноза положения очага, %
17	216	03.03 12 ч	-12	27,0	100	9,0	100	100
18	295	05.03 18 ч	36	36,9	100	9,1	100	100
19	296	09.03 06 ч	-24	37,0	100	8,0	100	0
20	298	10.03 18 ч	-6	37,3	100	8,0	100	0
21	361	12.03 06 ч	42	45,1	100	8,0	100	0
22	205	12.03 18 ч	-6	25,6	100	7,3	100	100
23	217	16.03 06 ч	-6	27,1	100	8,0	100	100
24	230	18.03 12 ч	-24	28,8	100	8,0	100	100
25	323	22.03 12 ч	0	40,4	100	8,0	100	100
26	223	29.03 06 ч	24	27,9	100	8,2	100	100
27	240	02.04 00 ч	0	30,0	100	8,0	100	0
28	203	06.04 00 ч	12	25,4	100	8,0	100	100
29	272	11.04 00 ч	78	34,0	0	8,0	100	0
30	277	13.04 18 ч	42	34,6	0	8,0	100	0
31	192	16.04 12 ч	-12	24,0	100	8,0	100	100

Заключение

Оценка качества штормовых предупреждений об опасном волнении в Северной Атлантике в январе–апреле 2015 г. показала, что наибольшие ошибки связаны с прогнозом положения возникновения очага ОВ. Наиболее типичен случай, когда в прогнозируемом районе очаг штормового волнения возникает в прогнозируемом интервале времени, но критерия высоты опасного волнения (8 м) он достигает за пределами прогностических зон. Это указывает на пути усовершенствования технологии прогноза опасного волнения с повышенной заблаговременностью.

Список использованных источников

1. *Нестеров Е.С., Лукин А.А., Мысленков С.А., Красюк Т.В.* Технология оперативного прогноза опасного волнения в Северной Атлантике с заблаговременностью до 10–15 суток // Труды Гидрометцентра России. – 2015. – Вып. 354. – С. 36–48.

2. РД 52.27.724-2009. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения – М.; Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009. – 50 с.

Поступила в редакцию 21.09.2016 г.