

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА ОПАСНОГО ВОЛНЕНИЯ В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ С ПОВЫШЕННОЙ ЗАБЛАГОВРЕМЕННОСТЬЮ

Е.С. Нестеров

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

Введение

Для различных отраслей морской деятельности имеет важное значение диагноз и прогноз ветрового волнения [1]. Особый интерес представляет прогноз опасных ветровых волн, высота которых в прибрежных районах составляет не менее 4 м, в открытом море – не менее 6 м, в открытом океане – не менее 8 м [7].

В мировой практике для воспроизведения ветрового волнения применяется много моделей. Наиболее известными из зарубежных моделей являются спектральные дискретные модели WAM и WAVEWATCH. Для расчета волн в мелководных прибрежных районах морей и океанов разработана модель SWAN. Из моделей, созданных в России, наиболее известны Российская атмосферно-волновая модель (РАВМ), разработанная в Институте океанологии РАН и ГОИНе, и спектральная параметрическая модель AARI-PD2, разработанная в СПО ГОИНа и ААНИИ [1].

В оперативном режиме в Национальной службе погоды США выпускаются прогнозы волнения на 10 суток по модели WAVEWATCH, а в Европейском центре среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) – прогнозы на 7 суток по модели WAM. В последние годы получили развитие системы ансамблевого прогноза волнения, где заблаговременность прогноза может достигать 16 суток [23].

В Гидрометцентре России в оперативном режиме выпускаются глобальные прогнозы ветрового волнения по моделям AARI-PD2 (на 3 суток) и WAVEWATCH (на 5 суток), прогноз волнения в Северной Атлантике по модели РАВМ (на 3 суток) и прогнозы волнения на 5 суток для Черного, Азовского, Каспийского, Баренцева и Балтийского морей по модели WAVEWATCH [8]. Результаты прогнозов размещаются на сайте Гидрометцентра России (<http://hmc.hydromet.ru/sea/index.html>).

Основой для прогноза характеристик волнения является выходная продукция атмосферных гидродинамических моделей, в частности прогноз полей атмосферного

давления или ветра. В настоящее время успешность прогноза траекторий циклонов над акваториями океанов (от которого зависит успешность прогноза поля ветра) на срок более 3 суток низка [12]. Это означает, что заблаговременность надежных прогнозов полей ветра и волнения не превышает трех суток, в то время как для различных видов морской деятельности требуется прогноз опасного волнения с большей заблаговременностью.

Интересные оценки надежности прогнозов характеристик циклонов атмосферными моделями приведены в [13, 14], где выполнено сравнение прогнозов положения, интенсивности и скорости распространения 774 циклонов в северном полушарии в период 1.02.–31.07.2008 г. на основе 9 систем ансамблевых прогнозов. Учитывались только циклоны с временем жизни не менее двух суток и пройденным расстоянием не менее 1000 км. Наилучший результат по всем характеристикам показали прогнозы ЕЦСПП.

Оказалось, что все системы занижают скорость распространения циклонов в разных районах Мирового океана, но более всего (в 2 раза) скорость занижается в Северной Атлантике. В прогнозе на 5 суток это занижение приводит к тому, что прогностическая траектория циклона оказывается на 200–400 км меньше фактической. Возможная причина занижения скорости – большой вертикальный наклон циклона в модели, что усиливает взаимодействие между верхними и нижними слоями в атмосфере и приводит к уменьшению скорости движения циклона.

Северная Атлантика является одним из ключевых районов Мирового океана, где режим ветра и волнения оказывает значительное влияние на морскую деятельность, поэтому здесь особенно важен прогноз опасного волнения (ОВ) с большой заблаговременностью. Рассмотрим некоторые подходы к увеличению заблаговременности таких прогнозов.

Пути увеличения заблаговременности прогноза волнения

В [2] исследовались процессы формирования ОВ в Северной Атлантике для пяти холодных сезонов с октября 2007 по март 2012 года. Было выявлено, что около 80 % всех штормовых циклонов, вызвавших ОВ на акватории океана, зародились над Северной Америкой или над Атлантическим океаном, недалеко от ее побережья. Также было выявлено, что в подавляющем большинстве случаев местом зарождения барических ложбин, вызывающих образование этих штормовых циклонов, является северо-восточная часть Тихого океана. Было высказано предположение, что характеристики этих ложбин на начальных этапах развития могут служить предиктором для прогноза ОВ с большой заблаговременностью.

Были определены количественные характеристики ложбин на начальных стадиях развития (по полям геопотенциала $H500$), а также период времени (4–9 суток) от прохождения ложбины над северо-восточной частью Тихого океана до образования очага ОВ в Северной Атлантике. С учетом этого предполагается, что на основе гидродинамического прогноза метеорологических полей в средней тропосфере над северо-восточной частью Тихого океана с заблаговременностью до 5 суток возможен прогноз ОВ в Северной Атлантике с заблаговременностью до 10–15 суток.

Влияние процессов в атмосфере над северо-восточной частью Тихого океана на циклогенез в Северной Атлантике исследовалось во многих работах. В [9, 15, 19] показано, что это влияние заключается в распространении волновых пакетов из Тихого океана через Северную Америку, с которыми, в частности, связаны ложбины в средней тропосфере, которые в свою очередь способствуют формированию циклонов как над континентом, так и над океаном.

Для характеристики состояния циркуляции атмосферы в северной части Тихого океана часто используется индекс PNA (Pacific – North America), который является количественной характеристикой одноименного колебания. Параметры этого колебания (фаза, интенсивность и др.) могут влиять на циркуляцию атмосферы над Северной Атлантикой, в том числе на процессы циклогенеза [5, 11].

Поскольку наиболее актуален прогноз опасного волнения, то необходимо учитывать результаты работы [6], где показано, что в Северной Атлантике более 80 % экстремальных волн с высотой более 14 м вызывается взрывными циклонами, скорость заглубления которых превышает 1 гПа в час.

Изучению природы формирования взрывных циклонов в Северной Атлантике посвящена обширная литература. В частности, в [17, 18] показано, что возникновению взрывных циклонов предшествует наличие квазистационарного тропосферного гребня над западной частью Северной Америки и ложбина, пересекающая континент и вызывающая адвекцию холода из Канады. Для взрывных циклонов в Северной Атлантике характерна тенденция объединяться в кластеры, т.е. в серии с промежутками между циклонами менее 1 недели (см. также [4]).

Таким образом, учет особенностей атмосферных процессов, предшествующих формированию опасного волнения в Северной Атлантике, так же как и использование ансамблевого подхода, могут повысить заблаговременность прогноза волнения до 15–20 суток. Однако для долгосрочного планирования, например операций на нефтяных и газовых платформах, нужен прогноз с заблаговременностью несколько месяцев.

Один из подходов к разработке подобных прогнозов продемонстрирован в [10], где предложен метод прогноза средних для зимнего периода высот волн в Северном море с заблаговременностью 8 месяцев. Метод основан на прогнозе знака и величины индекса североатлантического колебания (САК) в предстоящую зиму. В качестве предиктора используются значения температуры воды на поверхности в Северной Атлантике в предшествующем мае. На основе множественной линейной регрессии определяются связи между наблюдаемым или прогностическим значением индекса САК и характеристиками волнения. Прогноз дается в вероятностном виде для пороговых значений высот волн 2, 3,5 и 5 м.

Поскольку характеристики волнения в Северной Атлантике тесно связаны с величиной и знаком индекса САК [3], то представляет интерес прогноз индекса САК на основе моделей океан–атмосфера. В этой связи необходимо отметить результаты работы [21], где получено, что наиболее глубокие циклоны (а следовательно, и значительное волнение) развиваются при сильно развитой положительной фазе САК.

В [16] выполнены расчеты САК на месяц и зимний сезон по моделям NCEP и ЕЦСПП для периода 2000–2005 гг. Получены удовлетворительные результаты только для среднего за зиму индекса САК с заблаговременностью 1 месяц, причем успешность таких расчетов сильно меняется от зимы к зиме.

В [20] с использованием двух ансамблевых систем на основе моделей океан–атмосфера для периода 1959–2001 гг. показано, что средний за зиму индекс САК потенциально предсказуем с заблаговременностью 1 месяц. Преимущество над климатическим прогнозом оказалось довольно малым (6 %), но статистически значимым.

Косвенной характеристикой прогноза параметров волнения на сезон может служить сезонный прогноз частоты штормов в Северной Атлантике. Если сезонные прогнозы таких характеристик, как температура воздуха, осадки, среднее давление на уровне моря, уже оперативно выпускаются несколькими метеорологическими центрами, то технологии сезонных прогнозов штормов еще только разрабатываются.

В [22] на основе мультимодельных ансамблей, включающих 11 гидродинамических моделей атмосфера–океан, выполнены расчеты на зимний сезон характеристик штормов в Северной Атлантике для периода 1958–2001 гг. Шторм определялся как область с минимальным размером 150000 км^2 , в которой скорость ветра превышала заданный порог в течение не менее 18 часов. Были получены удовлетворительные результаты для частоты штормов и неудовлетворительные – для их интенсивности.

Заключение

Для увеличения заблаговременности прогнозов опасного волнения в Северной Атлантике (и в других районах Мирового океана) существует несколько подходов.

Первый подход основан на учете особенностей циркуляции атмосферы в регионе, которые важны для формирования и эволюции глубоких циклонов, вызывающих опасное волнение. Для Северной Атлантики такой особенностью является распространение волновых пакетов в атмосфере из Тихого океана через Северную Америку, с которыми связаны ложбины в средней тропосфере, способствующие формированию циклонов как над континентом, так и над океаном.

Использование характеристик этих ложбин на ранних стадиях развития в качестве предикторов позволяет повысить заблаговременность прогноза ОВ в среднем на 5–6 суток, а прогноз характеристик ложбин на основе атмосферной модели позволяет увеличить заблаговременность еще на 5 суток.

Второй путь заключается в применении ансамблевого подхода, когда для атмосферного форсинга используются результаты прогноза по ансамблю (в том числе на основе нескольких моделей), а прогноз характеристик волнения также реализуется на основе ансамбля. Такой подход позволяет повысить заблаговременность прогноза волнения до 15–20 суток.

Третий подход основан на связи между величиной и знаком индекса САК и характеристиками волнения в Северной Атлантике. При наличии прогноза на несколько месяцев индекса САК можно получить прогностические оценки ожидаемого волнения. Выполненные исследования свидетельствуют о возможности прогноза среднего за зимний период индекса САК на основе статистических или гидродинамических моделей.

Список использованных источников

1. *Абузяров З.К., Думанская И.О., Нестеров Е.С.* Оперативное океанографическое обслуживание. – М., Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009. – 287 с.
2. *Лукин А.А.* Циркуляция в средней тропосфере и прогноз опасного ветрового волнения в Северной Атлантике // Труды Гидрометцентра России. – 2012. – Вып. 347. – С. 169–180.
3. *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.
4. *Нестеров Е.С.* О формировании взрывных циклонов в северо-восточной части Атлантического океана // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 10. – С. 44–53.

5. *Нестеров Е.С.* О влиянии обрушения планетарных волн в атмосфере на североатлантическое колебание // Труды Гидрометцентра России. – 2012. – Вып. 347. – С.24– 34.
6. *Нестеров Е.С., Лукин А.А.* Об экстремальном волнении в Северной Атлантике // Метеорология и гидрология. – 2012. – № 11. – С. 46–55.
7. РД 52.88.699-2008. Положение о порядке действий учреждений и организаций при угрозе возникновения и возникновении опасных природных явлений. – М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет), 2008. – 33 с.
8. *Система* прогнозирования характеристик ветрового волнения и результаты ее испытаний для акваторий Азовского, Черного и Каспийского морей / Б.С. Струков, А.А. Зеленко, Ю.Д. Реснянский, С.Л. Мартынов // Информационный сборник № 40. Новые технологии, модели и методы гидродинамических прогнозов и результаты их оперативных испытаний. – 2013. – С. 64–79.
9. *Chang E.K.M., Yu D.B.* Characteristics of wave packets in the upper troposphere: Part I. Northern hemisphere winter // J. Atmos. Sci. – 1999. – Vol. 56, №.11. – P. 1708–1728.
10. *Colman A.W. et al.* The potential for seasonal forecasting of winter wave heights in the northern North sea // Wea. Forecasting. – 2011. – Vol. 26, № 6. – P. 1067–1074.
11. *Cordeira J.M., Bosart L.F.* The antecedent large-scale conditions of the “Perfect storms” of late October and early November 1991 // Mon. Wea. Rev. – 2010. – Vol. 138, № 7. – P. 2546–2569.
12. *Froude L.S.R., Bengtsson L., Hodges K.I.* The predictability of extratropical storm tracks and the sensitivity of their prediction to the observing system // Mon. Wea. Rev. – 2007.– Vol.135, № 2. – P. 315–333.
13. *Froude L.S.R.* Regional differences in the prediction of extratropical cyclones by the ECMWF ensemble prediction system // Mon. Wea. Rev. – 2009. – Vol. 137, No.3. – P. 893–911.
14. *Froude L.S.R.* TIGGE: comparison of the prediction of Northern hemisphere extratropical cyclones by different ensemble prediction systems // Wea. Forecasting. – 2010. – Vol. 25, No.3. – P. 819–836.
15. *Hakim G.J.* Developing wave packets in the North Pacific storm track // Mon. Wea. Rev. – 2003. – Vol. 131, No.11. – P. 2824–2837.
16. *Johansson A.* Prediction skill of the NAO and PNA from daily to seasonal time scales // J. Climate. – 2007. – Vol.20, No.10. – P.1957–1975.
17. *Lackmann G.M., Bosart L.F., Keyser D.* Planetary- and synoptic-scale characteristics of explosive wintertime cyclogenesis over the western North Atlantic ocean // Mon. Wea. Rev. – 1996. – Vol.124, No. 12. – P. 2672–2702.
18. *Lackmann G.M., Keyser D., Bosart L.F.* A characteristic life cycle of upper-tropospheric cyclogenetic precursors during the experiment on rapidly intensifying cyclones over the Atlantic (ERICA) // Mon. Wea. Rev. – 1997. – Vol.125, No.11. – P. 2729–2758.

19. *Li, Y., Lau N.-C.* Contributions of downstream eddy development to the teleconnection between ENSO and the atmospheric circulation over the North Atlantic // *J. Climate.* – 2012. – Vol. 25 (14). – P. 4993–5010.

20. *Muller W.A., Appenzeller C., Schar C.* Probabilistic seasonal prediction of the winter North Atlantic oscillation and its impact on near surface temperature // *Clim. Dyn.* – 2005. – Vol.24. – P.213–226.

21. *Pinto J.G. et al.* Factors contributing to the development of extreme North Atlantic cyclones and their relationship with the NAO // *Clim. Dyn.* – 2009. – Vol. 32. – P. 711–737.

22. *Renggli D. et al.* The skill of seasonal ensemble prediction systems to forecast wintertime windstorm frequency over the North Atlantic and Europe // *Mon. Wea. Rev.* – 2011. – Vol. 139, No.9. – P. 3052–3068.

23. *Wittmann P. et al.* NCEP/FNMOC joint WAVEWATCH III ensemble forecasting system // 12 International workshop on wave hindcasting and forecasting, Hawaii, October 31-November 4, 2011, JCOMM-TR-67. – <http://www.jcomm.info/WW12>.

Поступила в редакцию 15.09.2013 г.