

Анализ причин усиления шквалистого ветра до ураганной силы в Керченском проливе 11 ноября 2007 г.

М.В. Бухаров¹, К.Н. Головлев², Н.С. Миронова¹, Е.А. Сизенова¹

¹ ГУ «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета»,
123242, Москва, Б.Предтеченский пер., 7

E-mail: bmv@planet.iitp.ru;

² ГУ «Гидрометцентр России». 123242, Москва, Б.Предтеченский пер., 9/13

E-mail: golovlev@mecom.ru

На основе комплекта карт, построенных через 15 минут, проведен анализ динамики метеорологических условий в период с 10 по 11 ноября 2007 г. в районе Керченского пролива. Выявлены факторы, которые влияли на возникновение сильного шквалистого ветра в этом районе и его локальные усиления до ураганной силы. Ими являются: максимальная скорость градиентного ветра в период активной стадии циклона, усиление пространственной изменчивости направления приземного ветра, локальные особенности прибрежного рельефа, а также атмосферная конвекция в районах атмосферных фронтальных зон. Отмечена полезность новых карт фронтальных контрастов в полях приземного ветра и температуры воздуха на уровне 850 гПа для оценки времени начала и продолжительности действия шквалистого штормового ветра в Керченском проливе.

Ключевые слова: ветер, шквал, море, циклон, атмосферный фронт, контраст температуры воздуха.

Введение

Одной из проблем, возникающей при оперативном метеорологическом обслуживании судоходства, является сложность распознавания ситуаций, когда максимальная скорость шквалистого ветра может достигать ураганной силы. Несмотря на редкость таких ситуаций, они могут вызывать гибель судов и людей, а также экологические катастрофы на акваториях, как это случилось, например, 11 ноября 2007 г. в районе Керченского пролива. В этот день локальные усиления шквалистого ветра достигали ураганной силы, что привело к гибели более 10 судов и серьезной экологической катастрофе. Поэтому совершенствование методов оперативного распознавания условий, при которых возможно возникновение опасных ветровых ситуаций на море, является важной задачей метеорологии.

К настоящему времени опубликованы работы, в которых рассмотрена специфика синоптических процессов, вызвавших 11 ноября 2007 г. опасные ветры и волнение в Керченском проливе, на северо-востоке Черного моря и на Азовском море [1], а также возможности дистанционного наблюдения и моделирования таких ситуаций [2]. Рекомендации работы [1] по предупреждению о возможности опасных локальных ветров требуют проведения пространственно детального анализа фактической метеорологической информации, что не всегда может быть реализовано в оперативной работе.

Учитывая это, целью данной работы является изучение результативности применения карт текущей погоды [3] для оценки возможности возникновения опасных ветровых ситуаций на акваториях. При проведении анализа использованы следующие карты: радиационной температуры, метеорологических явлений, максимальной скорости и направления приземного ветра, а также специально разработанные карты фронтальных контрастов в поле ветра и температуры воздуха. Экспериментальный выпуск таких карт к настоящему времени освоен в ГУ «НИЦ «Планета».

Поскольку последние усовершенствования карт еще не нашли отражения в публикациях, поясним кратко их особенности.

Карты текущей погоды

Для решения поставленной задачи в ГУ «НИЦ «Планета» выпущена специальная серия карт, которые охватывают побережье и акваторию Керченского пролива, Черного и Азовского морей. Карты позволяют изучить динамику изменения метеорологических условий в период с 10 по 11 ноября 2007 г. с детальностью по времени до 15 минут. При разработке карт учитывалась информация об уходящем тепловом излучении атмосферы и земной поверхности, которое каждые 15 минут регистрировалось с геостационарного спутника Meteosat-8, и синхронные данные гидродинамической модели регионального прогноза (ГМРП) метеорологических полей [4].

Карта радиационной температуры

Карта выпускается по результатам калибровки интенсивности уходящего излучения Земли (в диапазоне 10-11 мкм), регистрируемого с геостационарного спутника Meteosat-8. Перед построением карты проводится коррекция географических координат каждого откалиброванного значения радиационной температуры на верхней границе облачности (пикселя) с учетом геометрических искажений (параллакса), возникающих при наблюдении высокой облачности с геостационарного спутника [5].

Значения радиационной температуры излучения от облачности примерно соответствуют температуре атмосферы на верхней границе облаков. В безоблачных районах – температуре верхнего слоя подстилающей поверхности. Для быстрого визуального распознавания низкой (более теплой) и высокой (более холодной) облачности используются оттенки резко контрастирующего синего и фиолетового цвета.

Для оценки текущей синоптической ситуации на карту нанесены линии изобар (через 5 гПа) давления, приведенного к уровню моря. Дополнительно стрелками нанесены направления переноса атмосферы на изобарической поверхности 500 гПа. Информация о давлении и направлении переноса рассчитана по выходным данным ГМРП [4].

Карта метеорологических явлений

Карта строится по результатам автоматизированного распознавания метеорологических явлений, связанных с облачностью [6]. Методика позволяет в любое время суток, в любой сезон года и над любым типом подстилающей поверхности распознавать: облачность без осадков, слабые и умеренные осадки, ливни, сильные ливни, грозы низкой, средней и высокой вероятности, град в облаках и грозы со шквалами.

Распознавание проводится для каждого пикселя карты, горизонтальные размеры которого (по географической широте и долготе) составляют $0,1^\circ$. Результаты спутникового распознавания метеорологических явлений, связанных с облачностью, послойно наносятся на карту в виде специально подобранной комбинации цветов. На карту также нанесены линии изобар (через 5 гПа) приземного давления на момент спутниковой съемки территории и стрелки направлений ветра на уровне 500 гПа.

Карта максимальной скорости ветра у земли при порывах

Значения скорости и направления ветра рассчитываются по усовершенствованной методике дешифровки информации ГМРП, соответствующей моменту спутниковой съем-

ки [7, 8]. При этом вводится поправка на дополнительное усиление ветра в периоды, когда синоптические условия способствуют возникновению Новороссийской боры и возможно усиление фонового ветра локальными нисходящими потоками в кучево-дождевых облаках. На карту также нанесены изобары давления, приведенного к уровню моря.

Карта фронтальных контрастов

Карта строится по выходным данным ГМРП о значениях поля давления на уровне моря, геопотенциала и температуры воздуха на уровне 850 гПа, а также рассчитанным значениям горизонтальных контрастов температуры на изобарической поверхности 850 гПа и пространственной изменчивости направлений градиентного ветра у земли.

Все параметры рассчитываются на момент спутниковой съемки и последовательно наносятся на карту. Разными оттенками серого цвета выделены контрасты температуры воздуха на уровне 850 гПа, превышающие 1.5°C на 100 км. Значения пространственной изменчивости направления ветра, превышающие 15° на 100 км, нанесены только для зон сходимости ветра в циклонах и барических ложбинах, и представлены в виде квадратов уменьшенного размера. На карту нанесены линии изотерм (через 2°C) и стрелки направлений переноса атмосферы на уровне 850 гПа.

Анализ динамики метеорологических условий

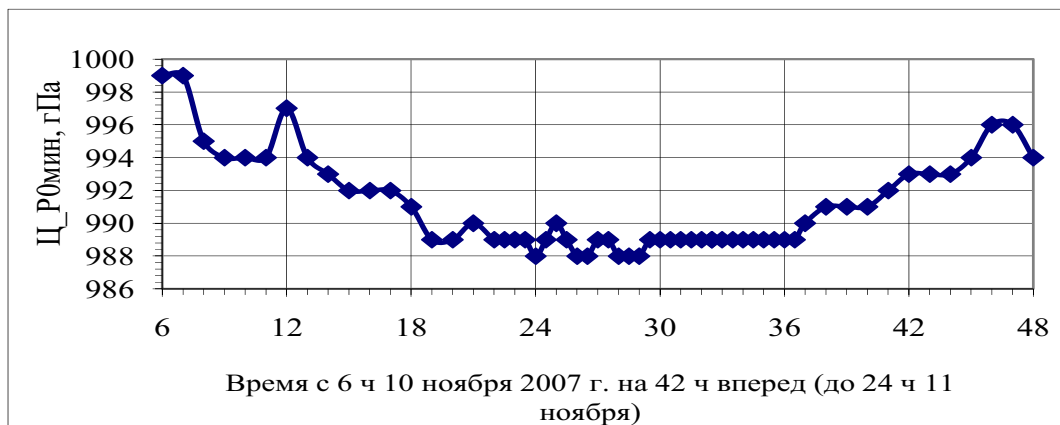
Для получения представления о последовательности изменения во времени метеорологических условий и сроков гибели судов 10-11 ноября 2007 г. в районе Керченского пролива, обратимся к рис.1. На нем представлены данные о минимальном давлении в центре циклона, максимальной фактической скорости ветра, зарегистрированной на метеостанциях побережья Керченского пролива, Черного и Азовского морей, максимальной оценочной скорости ветра, а также данные о моментах гибели судов и времени прохождения через этот район фронтальных зон окклюзии и холодного фронта.

Как видно из графика, представленного на рис.1а, циклон достиг своей максимальной активности в 19 ч 10 ноября 2007 г. (давление упало ниже 990 гПа) и сохранял ее примерно до 13 ч (37 ч на рис.1) 11 ноября. На графиках и далее в тексте принято всемирное скоординированное время (ВСВ). Данные о давлении рассчитаны с помощью ГМРП и взяты с карт радиационной температуры, построенных через каждые 15 минут.

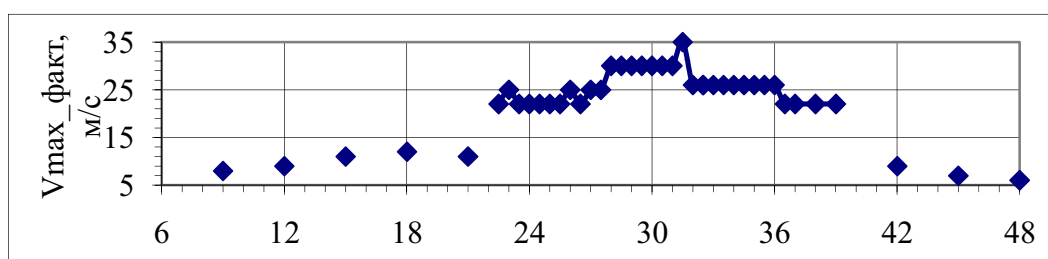
Анализ последовательности карт радиационной температуры и метеорологических условий показал следующее. Облачность теплого фронта над Керченским проливом появилась и усилилась в период с 20 до 21 ч 10 ноября, т.е. примерно за 2.5-3.5 ч до выхода в этот район фронтальной зоны повышенной (>15°/100 км) изменчивости направления ветра у земли.

По графику рис.1б видно, что первые порывы максимальной скорости ветра до 22 м/с зарегистрированы в изучаемом районе в 22 ч 35 мин 10.11.09 г., т.е. через три с половиной часа после максимальной активизации циклона до 989 гПа (рис.1а) и примерно через 3 ч после появления облачности. Время начала штормового ветра в Керченском проливе (22 ч 35 мин) совпало со временем выхода в этот район области повышенной (>15°/100 км) изменчивости направления ветра у земли (круглые точки 2 на рис.1г), которое определено по последовательности карт фронтальных контрастов, рассчитанных по информации ГМРП. Это свидетельствует о возможности применения таких карт для своевременной оценки времени начала штормовых условий.

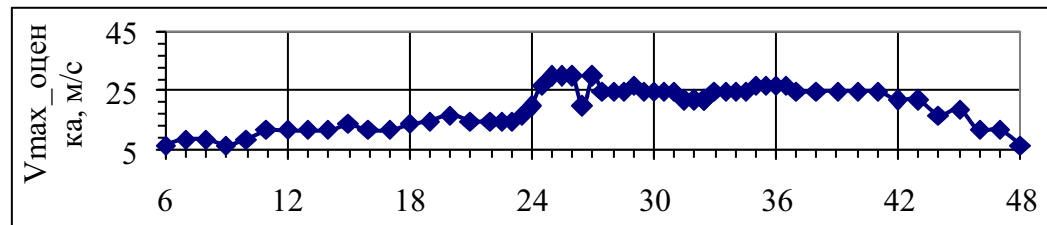
а



б



в



г

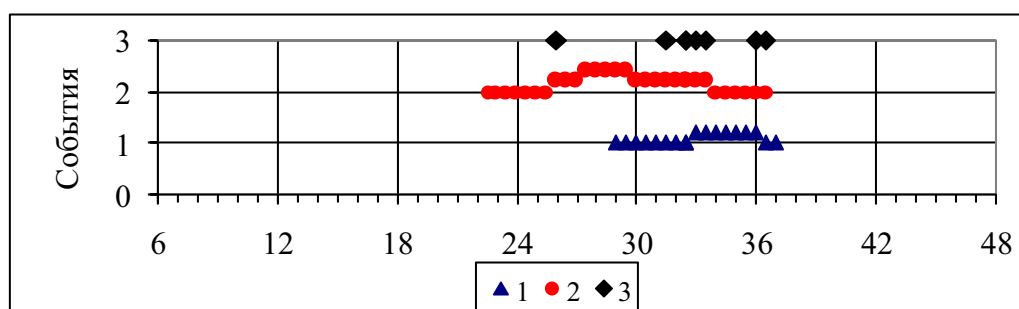


Рис. 1. Графики изменения во времени оценочного значения минимального давления в центре прошедшего циклона (а), максимальной скорости ветра по фактическим измерениям (б) и ее оценке по спутниковой и прогностической информации (в), а также событий (г) в виде: времени существования в изучаемом районе повышенных ($>1.5^{\circ}\text{C}/100\text{ км}$) контрастов температуры воздуха на уровне 850 гПа (1), повышенной ($>15^{\circ}/100\text{ км}$) изменчивости направления ветра у земли (2) и моменты гибели или выброса судов на мель (3). Графики (б)-(г) относятся к акватории и побережью Керченского пролива, а также к ближайшим районам Азовского и Черного морей в период с 6 ч 10 ноября до 24 ч ВСВ 11 ноября 2007 г. (или с 6 до 48 ч по принятой шкале времени)

Первая катастрофа произошла в 1 ч 50 мин 11.11.07 г. (левый ромбик 3 на рис.1.г) с танкером «Волгонефть 139», который находился на рейде 450 якорной стоянки порта «Кавказ» (45.38° с.ш., 37.42° в.д.). Под действием сильного ветра 20-25 м/с (рис.1б) и волнения моря танкер разломился, и из него вылилось около 1000 тонн мазута. Согласно рис.1в, в этот момент времени локальные усиления ветра на акватории порта «Кавказ» могли достигать 30 м/с. Такая ураганная сила ветра явилась следствием одновременного воздействия фонового градиентного ветра до 20 м/с, добавки к ней (примерно на 10 м/с), возникшей под влиянием локальных нисходящих движений в кучево-дождевых облаках, зарегистрированных в этом районе, а также возникновением существенной изменчивости направления ветра (свыше $15^\circ/100$ км) на акватории порта.

Повышенная (и заметно усилившаяся с 24 до 30 ч на рис.1г) изменчивость направления ветра у земли в районе Керченского пролива сохранялась примерно до 12 ч 30 мин 11.11.09 г. (что соответствует $36,5$ ч на рис.1г). Причем, примерно с 3 ч 30 мин до 5 ч 30 мин ($27.5 - 29.5$ ч на рис.1г) по оценкам пространственная изменчивость направления ветра у земли была максимальной и превышала $45^\circ/100$ км. В это же время наземные станции отмечали максимальную скорость ветра до 30 м/с (рис.1б).

Примерно с 5 и до 13 ч 11.11.09 г. (или с 29 до 37 ч на рис. 1г треугольники 1) через район Керченского пролива дополнительно проходила фронтальная зона повышенных ($>1.5^\circ\text{C}/100$ км) контрастов температуры воздуха на уровне 850 гПа, которая обусловлена холодным атмосферным фронтом циклона. В этот же период времени зафиксировано и основное количество катастроф с судами (данные 3 на рис. 1г). При этом оценочные значения максимальной скорости ветра в районе составляли около 25 м/с (рис.1в) и удовлетворительно совпадали с фактическими наблюдениями (рис. 1б).

После того, как в 13 ч 11.11.09 г. через район Керченского пролива завершилось прохождение зон фронтальных контрастов (37 ч на рис. 1г, данные 1 и 2) и циклон начал медленно заполняться (рис. 1а), максимальная скорость порывов градиентного ветра еще несколько часов продолжала оставаться близкой к 22 м/с (рис. 1б). Однако вероятность его локального усиления до опасных значений стала минимальной, что подтверждают и данные об отсутствии катастроф судов в Керченском проливе в этот период.

Следует отметить, что наиболее сильные порывы ветра до 35 м/с (рис. 1б) были зарегистрированы в Анапе 11 ноября 2007 г. в 7 ч 30 мин. В работе [1] это усиление объясняется следующим образом: «порывы до 35 м/с у Анапы возникли за холодным фронтом за счет невысоких (2-4 км) (Сб) над теплой водой и орографической конвекции при натекании и обтекании еще более (по прогнозу до 22 м/с) усилившихся градиентных и суммарных ветров и ветров низко расположенной мезоструи у фронта в слое 925-850 гПа. Около 5-8 м/с "добавка" дало обтекание выступа горной цепи у Анапы, образование здесь плоской волны с местным кратковременным усилением конвекции».

Результаты анализа наших карт не противоречат выводу работы [1]. В дополнение к этому, нами установлено, что передняя часть зоны холодного фронта, проявившегося в повышенных контрастах (более $1.5^\circ\text{C}/100$ км) температуры на уровне 850 гПа, вышла в район Анапы только к 7 ч 30 мин 11 ноября 2007 г., т.е. в момент зарегистрированной максимальной скорости ветра. Учитывая это, можно предположить, что активизация турбулентных процессов в передней части зоны холодного фронта также может быть одной из причин резкого усиления ветра в районе Анапы.

Из сравнения фактических (рис. 1б) и оценочных (рис. 1в) данных о максимальной скорости ветра видно, что в большинстве случаев расхождение между этими данными не превышает ± 4 м/с, и только в отдельные непродолжительные периоды оно достигает 8-13 м/с.

Как показал анализ последовательности карт метеорологических условий, расхождение на 5 м/с и более отмечено в районах с кучево-дождевыми облаками, нисходящие потоки которых по оценкам могли дополнительно усиливать ветер на 5-10 м/с, а также в районах, где скорость ветра может заметно изменяться под влиянием локальных особенностей рельефа.

Таким образом, на основе комплекта карт, построенных через 15 минут, проведен анализ динамики метеорологических условий в период с 10 по 11 ноября 2007 г. в районе Керченского пролива. Выявлены факторы, которые влияли на возникновение сильного шквалистого ветра в этом районе и его локальные усиления до ураганной силы. Ими являются: максимальная скорость градиентного ветра в период активной стадии циклона, усиление пространственной изменчивости направления приземного ветра, локальные особенности прибрежного рельефа, а также атмосферная конвекция в районах атмосферных фронтальных зон. Отмечена полезность новых карт фронтальных контрастов в полях приземного ветра и температуры воздуха на уровне 850 гПа для оценки времени начала и продолжительности действия шквалистого штормового ветра в Керченском проливе.

Авторы выражают благодарность В.М.Лосеву и В.М.Бухарову за подготовку и предоставление выходных данных ГМРП, которые были использованы при анализе рассмотренной метеорологической ситуации.

Литература

1. *Песков Б.Е., Дмитриева Т.Г.* Синоптические процессы, вызвавшие 11 ноября 2007 г. опасные ветры и волнения на северо-востоке Черного моря, в Керченском проливе и на Азовском море. – Метеоспектр, 2009. № 1. С. 91-96.
2. *Кушниц В.М., Федоров С.В., Петренко Л.А.* Реакция Азово-черноморского бассейна на интенсивный циклон 10-11 ноября 2007 г. – Морские испытания, 2008. № 1. С. 62-71.
3. *Бухаров М.В.* Учащенный дистанционный обзор метеорологических условий в регионе. – Морские испытания, 2008. № 3. С. 28-45. (<http://www.seajournal.ru/PDF/3-2008/buharov.pdf>).
4. *Лосев В.М.* Гидродинамическая конечно-разностная модель регионального прогноза на ЭВМ CRAY. – Труды Гидрометцентра России, 2000. Вып. 334. С. 69-90.
5. *Бухаров М.В., Миронова Н.С., Ущико И.Г.* Методические вопросы верификации результатов автоматизированного распознавания осадков и гроз по информации с геостационарных спутников. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сборник научных статей // М.: ООО «Азбука-2000», 2007. Выпуск 4. Т. 2. С. 40-45.
6. *Алексеева А.А., Бухаров М.В., Лосев В.М., Соловьев В.И.* Диагноз осадков и гроз по измерениям уходящего теплового излучения облачности с геостационарных спутников. - Метеорология и гидрология, 2006. № 8. С. 33-42.
7. *Бухаров М.В., Лосев В.М., Песков Б.Е.* Автоматизированная оценка максимальной скорости порывов ветра у земли с учетом информации геостационарного спутника. - Метеорология и гидрология, 2008. № 12. С. 5-14.
8. *Бухаров М.В., Лосев В.М., Бухаров В.М. и др.* Анализ ветровых условий по комплексу учащенных прогностических и спутниковых данных в период наводнения в Санкт-Петербурге 3 февраля 2008 г. - Метеорология и гидрология, 2009. № 4. С. 29-38.

The analysis of the reasons of an amplification of a squally wind up to a storm force in a strait about Kerch of November 11, 2007

M.V. Bukharov ¹, K.N. Golovlev ², N.S. Mironova ¹, E.A. Sizenova ¹

¹ *State Research Center on Space Hydrometeorology PLANETA,
123242 Moscow, Bolshoy Predtechensky Per., 7.*

E-mail: bmv@planet.iitp.ru ;

² *State Research Center on Hydrometeorology 123242, Москва,
123242 Moscow, Bolshoy Predtechensky Per., 9/13.*

E-mail: golovlev@mecom.ru

On the base of package of maps constructed in 15 minutes, the analysis of dynamics of meteorological conditions in period from November 10 till November 11, 2007 in region of a strait about Kerch is conducted. The factors are revealed which the local amplifications up to a storm force influenced origin force of a squally wind in this region and it. There are: a maximum velocity of a wind during an active stage of a cyclone, amplification of a space variability of a direction of a wind, local features of a coastal contour, and also atmospheric convection in regions of atmospheric frontal zones. The usefulness of new maps of frontal contrasts in fields of a wind and temperature of an air at a level 850 gPa for an evaluation of time of a beginning and duration of an operation of a squally storm wind in a strait about Kerch is marked.

Keywords: a wind, squall, sea, cyclone, atmospheric front, contrast of temperature of an air.