МОРСКИЕ ВОДЯНЫЕ СМЕРЧИ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ, НАБЛЮДЕНИЕ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

Ю.Ю. Ткаченко¹, В.И. Денисов², Е.А. Перов¹

¹Территориальный центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, г. Краснодар

²Институт наук о Земле Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону
yuyut23@mail.ru, denisovgeo@yandex.ru, gistcmp@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены условия формирования смерчей на черноморском побережье Краснодарского края, наблюдавшихся в российской акватории Черного моря в период 2000–2018 гг. Представлено описание крупных ЧС, вызванных смерчами. Определены характеристики температуры и влажности воздуха на различных высотах в периоды, когда отмечались смерчи. Установлена зависимость частоты возникновения смерчей над морем от разницы температур воздуха и дефицита точки росы на высотах 1.5 км и 3 км. Установлено, что наиболее часто смерчи над морем возникают при условии, когда разница температур на высотах 1.5 км (AT 850) и 3 км (AT 700) находится в диапазоне 9–12°C, а разница дефицита точки росы на высотах 1.5 км (D 850) и 3 км (D 700) составляет от – 0,5 до 1,4°C. Для высот 1.5 км (AT 850) и 5.5 км (AT 500) благоприятная для возникновения смерча разница температур (T850– T500) воздуха находится в диапазоне 23–29°C. Разница дефицита точки росы (D850–D500) на высотах 1.5 км (AT 850) и 5.5 км (AT 500) в этом случае составляет от 2°C до –12°C. Выполнен анализ повторяемости смерчей в прибрежной зоне по месяцам и временам суток и в зависимости от температуры поверхностного слоя моря. В годовом ходе наибольшая повторяемость смерчей приходится на теплый период года, с пиком в июле–августе–сентябре. Наибольшее количество смерчей образовывается в прибрежной зоне Черного моря МО Туапсинский район и МО г-к Сочи, т.е. в районах, где отмечается максимальный прогрев поверхностных вод моря. Этим условиям соответствуют 100 % наблюдавшихся над морем смерчей. Таким образом, наиболее благоприятной синоптической ситуацией для образования смерчей является наличие на нижнем уровне влажной теплой воздушной массы и, сухой и холодной на верхнем.

Ключевые слова: смерч, условия формирования, температура, точка росы, повторяемость.

Введение

На Черноморском побережье Краснодарского края в силу его физико-географических особенностей (горы и очень теплое море) при поступлении холодного воздуха с севера во второй половине лета и начале осени, создаются благоприятные условия для значительной конвективной неустойчивости атмосферы и возникновения над морем смерчей, порой серии смерчей. Смерчам подвержена вся территория Черноморского побережья и в меньшей степени Азовское побережье. Исследование смерчей чрезвычайно затруднено из-за того, что образуются они неожиданно, захватывают небольшую территорию и быстро исчезают. Сложно оценить истинное число смерчей над морем: они могут возникать и исчезать в стороне от основных судоходных трасс, вне зоны визуальной наблюдаемости. Поэтому описания морских смерчей более редки, чем сухопутных. Морские водяные смерчи обычно возникают группами из одного материнского облака. Чаще всего они образуются и достигают наибольшей силы у грозовых кучево-дождевых облаков.

Однако по описаниям удалось установить, что средние размеры смерчевого «материнского» обла-

ка сравнительно невелики: от 5–10 до 15 километров в поперечнике, высотой от 5–6 километров до 10–15 километров. Ширина воронки у маленьких смерчей иногда не превышает и трех метров, но у больших ее диаметр может достигать более 300 метров. Смерчи над морем могут возникать группами из одного материнского облака. Чаще всего они образуются и достигают наибольшей силы в грозовых кучево-дождевых облаках, вертикальной мощностью 14–15 км. Жизнь морского водяного смерча, сформировавшегося над акваторией Черного моря в большинстве случаев коротка – до 10–15 минут [1]. Исключения составляют смерчи, которые выходят на сушу.

Вихревое облако, порождающее смерчи, является мощным транспортирующим агентом. Вес воды, которая в нем оказывается может достигать миллиона тонн [2]. Поэтому большую опасность представляют смерчи, которые возникают в открытом море и затем выходят на побережье. Как следствие в прибрежной полосе отмечаются осадки очень сильной интенсивности, которые приводят к внезапным наводнениям. Это происходит в считанные минуты.

Крупные ЧС и происшествия, связанные со смерчами

Самые первые упоминания о смерчах на побережье края относятся к 1924 году.

14 июля 1924 г. смерч прошел через Кубанские плавни и Курчанский лиман на Тамани в степь. Там он подхватил трех мальчиков-пастухов, одного из которых вскоре нашли мертвым. Судьба двух других неизвестна. По данным метеоролога Д. Старова, 20 сентября 1927 г. в Керчи, в районе Еникале, смерчевый вихрь поднял в воздух и отбросил на 150 м баркас и байду, превратив их в щепки. Несколько баркасов разбито у берега.

1–4 августа 1982 г. в Туапсинском районе прошли сильные ливни со смерчами. Были затоплены дома. Нарушено электро- и водоснабжение, связь.

1 августа 1991 г. в районе Туапсе, «накачанная» смерчем из моря облачная масса большой мощности, перемещавшаяся вглубь суши, дойдя до Главного хребта, «разгрузилась» в верховьях рр. Пшенахо и Мал. Псеушхо, частично перевалив на северный его склон в бассейн р. Пшиш (в районе поста с. Гойтх за период с 1:30 мин до 6:00 01.08.91 г. выпало 244 мм. осадков). Наложение смерчевых осадков на общий фон ливневых осадков и сформировало резкий и высокий паводок [1].

26 сентября 2001 г. в Адлерском районе г. Сочи шириной 400 м и на глубину до 4 км прошел смерч, вызвавший значительные разрушения.

Паводки в районе г. Новороссийска 8 августа 2002 г. развивались по такому же сценарию. По данным метеостанции, в Новороссийске в период с 11:20 по 12:30 08.08.02 наблюдалось шквалистое усиление западного ветра до 20 м/с. Ливни и грозы сопровождались формированием смерчей. 8 августа в результате выпадения очень сильных осадков, склоновые потоки воды залили улицы западной части города. Стихия нанесла огромный материальный ущерб городу и пригородам, повлекла человеческие жертвы. В окрестностях г. Новороссийска прошли очень сильные ливни, вызванные выходом серии смерчей с моря на сушу, что привело к резким подъемам уровня воды в реках и наводнениям [1].

Характеристика исходных данных.

В данной статье рассмотрены смерчи, наблюдавшиеся в российской акватории Черного моря в период 2000–2018 гг. по данным Европейской базы данных об опасных метеоявлениях ESWD (European Severe Weather Database, <http://www.eswd.eu>), которая уточнялась и дополнялась данными морских метеорологических станций, единых дежурных диспетчерских служб МО Анапа, Новороссийск, Геленджик, Туапсе, Сочи и очевидцев событий в сети Интернет (рис. 1). Этот период взят за основу также по причине того, что с развитием сотовой телефонии, значительное количество случаев формирования смерчей подтверждается фотографиями очевидцев (рис. 2, 3).

Рис. 1. Повторяемость смерчей по годам за период 2000–2018 гг.

До 2000 г., сведения разрознены и носят эпизодический характер и редко имеют фотографическое подтверждение (рис. 4). К задокументированным сведениям о смерчах за этот период относятся:

- выходы смерчей на сушу с нанесением ущерба;
- наблюдения на морских метеорологических станциях, но они выполнялись с дискретностью один раз в три часа;

Системы обнаружения опасных атмосферных явлений на базе отечественных метеорологических радиолокаторов, типа МРЛ-5, которые активно работали в ЦГМС до 2014 года, а в подразделениях противоградовой службы работают до настоящего времени, уверенно контролируют грозовые и градовые процессы, но решить проблему мониторинга смерчей они не могут.

Но данные радиолокационных наблюдений были использованы для подтверждения информации о смерче. С этой целью данные о месте регистрации смерча сравнивались с расположением грозовой облачности в этот же временной интервал. При этом облачность классифицировалась как материнское облако смерча, если по данным радиолокационного зондирования, его отражаемость соответствовала «гроза» или «гроза плюс шквал».

Пространственно – временная характеристика водяных смерчей

В годовом ходе наибольшая повторяемость смерчей приходится на теплый период года, с пиком в июле-августе-сентябре (67 случаев в июле, 74 случая в августе, 72 случая в сентябре за последние 18 лет), когда происходит интенсивный прогрев подстилающей поверхности (суша, море), отмечается высокая испаряемость влаги с морской поверхности, что при поступлении на акваторию Черного моря холодных воздушных масс приводит к развитию мощной кучево-дождевой облачности и формированию смерчей (рис. 5).

Как правило смерчи отмечаются в светлый период суток с 8–00 до 19–00 с пиком – 12–00 – 14–00 (рис. 6).

Наибольшее количество смерчей образовывается в прибрежной зоне Черного моря МО Туапсинский район и МО г-к Сочи, т.е. в районах, где отмечается максимальный прогрев поверхностных вод моря (рис. 7). Именно в этой зоне при вторжении холодных воздушных масс на акваторию Черного моря, формируются максимальные температурные градиенты, обеспечивающие формирование мощной кучево-дождевой облачности, которая способна породить смерч. Это сильно развитые по вертикали кучево-дождевые облака, несущие в себе огромные запасы избыточной тепловой энергии, выделяющейся при конденсации водяного пара.

Рис. 2. Смерч в районе порта Туапсе
16.09.2010 г.

Рис. 3. Смерч в районе п. Архипо-Осиповка
03.08.2013 г.

Рис. 4. Повторяемость смерчей по годам за период 1954–2000 гг.

Рис. 5. Повторяемость смерчей по месяцам, за период 2000–2018 гг.

Рис. 6. Повторяемость смерчей по времени суток, за период 2000–2018 гг.

Подавляющее количество смерчей образуется в прибрежной зоне Черного моря – 94 %, но 6 % смерчей за период 2000–2019 гг. наблюдались в Керченском проливе – 8 случаев, и южной части Азовского моря (район Темрюка) – 7 случаев. Единичные случаи отмечались в районе Должанской косы и в Бейсугском лимане (рис. 7, 8).

Прогностические признаки

С целью выявления условий необходимых для формирования смерчей проведен анализ всех случаев возникновения смерчей в восточной части Черного моря (Краснодарский край). В эти дни определены характеристики температуры и влажности воздуха на высотах 1.5 км, 3 км и 5.5 км. Установлено, что наиболее часто смерчи над морем возникают при условии, когда разница температур на высотах 1.5 км (AT 850) и 3 км (AT 700) находится в диапазоне 9–12°C, а разница дефицита точки росы на высотах

1.5 км (D 850) и 3 км (D 700) составляет от – 0,5 до 1,4°C. (рис. 9). Для высот 1.5 км (AT 850) и 5.5 км (AT 500) благоприятная для возникновения смерча разница температур (T850- T500) воздуха находится в диапазоне 23–29°C. Разница дефицита точки росы (D850-D500) на высотах 1.5 км (AT 850) и 5.5 км (AT 500) в этом случае составляет от 2°C до -12°C. (Рис. 10). Этим условиям соответствуют 100 % наблюдавшихся над морем смерчей. Таким образом, наиболее благоприятной синоптической ситуацией для образования смерчей является наличие на нижнем уровне влажной теплой воздушной массы и, сухой и холодной на верхнем.

Необходимо отметить, что это скорее необходимые, но необязательные условия для формирования смерчей. Исследования показали, что при сочетании данных условий смерчи возникают в среднем в 10 случаях из 100.

Рис. 7. Места возникновения смерчей в акватории Черного и Азовского морей в период 2000–2018 гг.

Заключение

На основании сформированной базы данных о смерчах, отмечаемых на побережье Краснодарского края (Черное и Азовское моря) определены пространственно-временные характеристики условий возникновения смерчей. Необходимо отметить, что повторяемость смерчей в последние 7 лет увеличилась и расширилась зона их формирования. Единичные случаи смерчей отмечаются на севере Азовского моря. Определены метеоусловия, которые соответствуют 100 % наблюдавшихся над морем смерчей. При этом подтвержден вывод, что при

существующих метеонаблюдениях можно лишь определить наличие условий, благоприятных для образования смерчей.

По оценкам ВМО, повторяемость сезонных смерчей в России к 2050 году превысит сто случаев за сезон. Связано это с климатическими изменениями, обусловленными глобальным потеплением. В условиях резкой смены воздушных масс и столкновения теплого и холодного воздуха, вероятность образования смерчей на черноморском побережье Краснодарского края будет сохраняться на высоком уровне.

Рис. 8. Распределение смерчей по Черному и Азовскому морям

Рис. 9. Необходимые диапазоны ΔT ($T_{850} - T_{700}$) и ΔD ($D_{850} - D_{700}$) для случаев формирования смерчей

Рис. 10. Необходимые диапазоны ΔT ($T_{850} - T_{500}$) и ΔD ($D_{850} - D_{500}$) для случаев формирования смерчей

Список литературы

1. Ткаченко Ю.Ю. Опасные гидрометеорологические явления на черноморском побережье, связанные с выпадением сильных осадков // Природные и социальные риски в береговой зоне Черного и Азовского морей /Под ред. проф. К.П. Колтерманна, С.А. Добролюбова, Н.И. Алексеевского. – М.: Изд-во Триумф, 2012. – 96 с.
2. Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. Л.: Наука, 1969. 487 с.

SEA WATERSPUNS ON THE BLACK SEA COAST OF KRASNODAR REGION, OBSERVATION, FORECASTING

Yu.Yu. Tkachenko¹, V.I. Denisov², E.A. Perov¹

¹Territorial center for monitoring and forecasting natural and man-made emergencies, Krasnodar,

²Institute of Earth Science of the Southern Federal University, Rostov-on-Don

yuyut23@mail.ru, denisovgeo@yandex.ru, gistcmp@mail.ru

Abstract. Conditions of forming of the tornadoes on the Black Sea coast of Krasnodar Krai observed in the Russian water area of the Black Sea during 2000–2018 are considered. The description of the large emergencies caused by tornadoes is submitted. Characteristics of temperature and air humidity at different heights during the periods when tornadoes were noted are defined. The dependence of frequency of emergence of tornadoes over the sea from a difference of air temperatures and deficit of a dew point at the heights of 1.5 km and 3 km is set. It is established that most often tornadoes over the sea arise under a condition when the difference of temperatures at the heights of 1.5 km (AT 850) and 3 km (AT 700) is in range of 9–12 °C, and the difference of deficit of a dew point at the heights of 1.5 km (850) and 3 km (D 700) makes D from – 0.5 up to 1.4 °C. For heights of 1.5 km (AT 850) and 5.5 km (AT 500) the difference of temperatures (T850-T500) of air, favorable for tornado emergence, is in range of 23–29 °C. The difference of deficit of a dew point (D850-D500) at the heights of 1.5 km (AT 850) and 5.5 km (AT 500) in this case makes from 2 °C to -12 °C. The analysis of recurrence of tornadoes in a coastal zone on months and times of day and depending on temperature of a surface layer of the sea is made. In the annual course the greatest recurrence of tornadoes falls on the warm period of year, with peak in July-August-September. The greatest number of tornadoes is formed in a coastal zone of the Black Sea by MO Tuapsinsky District and MO Sochi Group, i.e. in areas where the maximum warming up of surface waters of the sea is noted. To these conditions there correspond 100 % of the tornadoes observed over the sea. Thus, an optimum synoptic situation for formation of tornadoes is existence at the bottom level of wet warm air mass and, dry and cold on upper.

Keywords: tornado, formation conditions, temperature, dew point, repeatability.

References

1. *Tkachenko Yu.Yu.* Hazardous hydrometeorological phenomena on the Black Sea coast associated with heavy precipitation // Natural and social risks in the coastal zone of the Black and Azov Seas / Ed. prof. K.P. Koltermann, S.A. Dobrolyubova, N.I. Alekseevsky. – M.: Publishing house Triumph, 2012. – 96 s.
2. *Nalivkin D.V.* Hurricanes, storms and tornadoes. L.: Science, 1969. 487