

УДК 551.515.3«1997.09.20»(57Ь63)

## Смерчи во Владивостоке 20 сентября 1997 г.

В. П. Тунеголовец\*, Т. Д. Михайленко\*\*

*Приводится описание смерчей, наблюдавшихся во Владивостоке 20 сентября 1997 г., и аэросиноптических условий в период их возникновения. Кратко излагается вопрос слежения и предупреждения о локальных мезомасштабных вихревых образованиях.*

20 сентября 1997 г. непосредственно по территории г. Владивостока с 13 ч 5 мин до 14 ч 20 мин прошли три смерча по официальной шкале 12J смерчей Метеорологической службы США (1973) интенсивностью F2 (скорость ветра 50—69 м/с) и F3 (скорость ветра 70—92 м/с), еще один смерч наблюдался в районе о. Попова. Траектории смерчей напоминали дугу и были направлены с юга на северо-восток. Их появление и исчезновение были неожиданными. На метеорологической станции Владивосток-гора это метеорологическое явление не зарегистрировано, но с 13 «с 55 мин до 14 ч 55 мин на метеостанции зарегистрирован южный, юго-западный шквалистый ветер (до 20 м/с). В районе ст. Се-данка — ст. Амурский залив прошел град, на аэрологической станции Сад-Город в 14 ч 39 мин отмечен град диаметром 13 мм.

Метеорологическими наблюдениями с 1881 г. на территории Приморского края и, в частности, во Владивостоке смерчи не зарегистрированы. Однако по свидетельству очевидцев, один смерч наблюдался в селе Войском Пограничного района в течение трех минут 28 августа 1987 г., второй — на территории Ольгинского района 30 лет назад. Свидетельством прохождения крупного смерча у восточного побережья Приморского края может служить факт выпадения в середине 30-х годов в пос. Кавалерово из грозового облака морских медуз. Поселок Кавалерово расположен более чем в 50 км от побережья. Данный случай приведен в книге академика Д. В. Наливкина [5].

Во Владивостоке в начале 30-х годов после выпадения крупного града в черте города обнаруживалась выброшенная с дождем и градом морская рыба. Это может служить косвенным подтверждением прохождения над акваторией залива Петра Великого небольшого смерча. По воспоминаниям инженера-гидролога шхуны "Вестник", принадлежащей Дальневосточному научно-исследовательскому гидрометеорологическому институту, в конце 50-х — начале 60-х годов к югу от о. Попова (залив Петра Великого) в конце августа наблюдался в течение нескольких минут смерч, своим "хоботом" достигший поверхности воды, о чем было записано в журнале наблюдений.

♦ Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт,  
♦ Приморское территориальное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

В трехсуточном и в суточном прогнозах по краю и г. Владивостоку на 20 сентября 1997 г. синоптиками Гидрометцентра Приморского УГМС прогнозировались дождь, гроза, ветер от умеренного до сильного. В уточненном суточном прогнозе ожидался временами дождь с грозой.

Первое штормовое предупреждение с наблюдательной сети поступило со станции Астраханка в 12 ч 3 мин о начале грозы. В дальнейшем грозы отмечались почти по всему краю, они сопровождалась шквалистым ветром и ливнями. Во Владивостоке порывы ветра достигали 20 м/с\* в Находке и в Партизанске 15 м/с, на остальных станциях 12 м/с. Количество осадков составило от 1 до 14 мм, на станциях Каменушка и Артем 23—28 мм. Во Владивостоке, на ст. Владивосток-гора, 20 сентября выпало 4,9 мм осадков, на аэрологической станции Сад-Город 13 мм. В целом в сентябре 1997 г. во Владивостоке выпало 7% среднемноголетней нормы осадков — абсолютный минимум за 107 лет метеорологических наблюдений.

В с. Павло-Федоровке Кировского района около 16 ч местного времени наблюдался шквал (20—24 м/с). Затем начался ливневой дождь с грозой. Ветром снесло шиферное покрытие с крыш школы, зернотока, детского сада и клуба, будку автобусной остановки перебросило через дорогу\* Повреждено 1,5 км ЛЭП и линий связи. В периодической печати было одно сообщение о наблюдавшемся здесь смерче.

Общий ущерб от стихийных явлений 20 сентября 1997 г. (смерчи, град, шквалистый ветер), по данным штаба Гражданской обороны Приморского края, составил около 17 млрд. рублей.

Стихийные явления 20 сентября 1997 г. в Приморском крае и во Владивостоке наблюдались в период выхода западного циклона с хорошо развитыми фронтами. Во Владивостоке приближение холодного фронта сопровождалось появлением на юго-западе облачного вала с довольно низкой верхней границей, который "дымился и клубился". Временами появлялись выбросы облачности на вершине вала в виде куполов или перьев. Облачность смещалась к городу. В 12 ч 45 мин метеостанция Гора отметила начало грозы, а в 13 ч 5 мин над Амурским заливом появился смерч.

Вот как описывали очевидцы образование первотго смерча, пронесшегося над городом.

На юго-западе от Владивостока, над Амурским заливом, появилась темная облачная полоса, надвигающаяся от о. Русский к п-ву Эгершельд. У одного из облаков образовался воронкообразный выступ, который узкой трубкой начал опускаться к морской поверхности. Впечатление было такое, как будто облачная воронка некоторое время оставалась на месте. По наблюдениям профессора В. А. Абрамова [1], этот темный воронкообразный выступ перед п-овом Эгершельд втянулся в тучу и исчез. Через несколько минут на переднем фронте этого облака как-то вдруг, почти вертикально, воронка появилась вновь, постепенно расширяясь и темнея. Смерч пересек полуостров, вышел на акваторию Амурского залива и сразу распался. В 13 ч 30 мин в бухте Новик о\* Русский этот смерч поднял 12-местный пассажирский катер на 3—4 м над морем. Люди, находившиеся на борту, полетели в воду, а катер несколько минут крутило над волнами, прежде чем швырнуло вниз. Людям удалось спастись.

Чуть позже смерч проявил себя уже в одном из районов Владивостока, на полуострове Шкота. Сначала он приподнял на несколько метров повалившийся на пути металлический гараж, перенес его по воздуху на несколько метров, поднял в воздух 5-футовый контейнер и бросил его на землю на значительном расстоянии. На автозаправочной станции куски жести с крыши здания отбросило на 300—400 л\*, а некоторые и на 1000 м. Был погнут столб электропередачи, порваны провода, повредило заправочные колонки. По свидетельству очевидцев, недалеко от этого района смерч выбросил на сушу около центнера рыбы.

Продолжительность жизни смерча была около получаса — над изрезанной местностью п-ова Муравьев-Амурский происходило его быстрое разрушение. По шкале интенсивности смерчей [2] скорость ветра внутри смерча по значительным разрушениям на п-ове Эгершельд можно оценить в 50—69 м/с.

Второй смерч, нанесший более существенные разрушения, проявил себя между 14 ч 00 мин и 14 ч 20 мин в районе Второй Речки вблизи объездной дороги Балево — Русская. Его формирование связано с темным кучевым облаком, имевшим вихревую спиральную структуру и смещавшимся с Амурского залива [1]. Края облака вращались против часовой стрелки (если смотреть снизу вверх). В его середине возник серый провал (или "глаз"), из которого вскоре появилась вихревая воронка, которая начала закручиваться по часовой стрелке, а затем под углом стала опускаться вниз. Воронка достигла земли только в районе улицы Русской. В тылу смерча шел стеной сильный ливень в виде отдельных зарядов.

Полоса поваленных и вывернутых с корнем деревьев шириной 50 м и длиной около 1000 м отметила путь смерча. Ущерб около 1 млрд. рублей нанесен заводу "Дальприбор". Здесь разрушено остекление основных производственных корпусов, сорваны крыши с четырех цехов, разрушены стены трех металлоборных зданий, около 100 м пролетел в воздухе козловой кран грузоподъемностью в 10 т. Пострадала женщина — охранник, находившаяся в 5-метровой вышке на железных сваях. Вышку отбросило в овраг на расстояние 7 м. Женщина с тяжелыми переломами и сотрясением мозга была доставлена в больницу. Ветер в смерче при подобных разрушениях достигает скорости 70—92 м/с.

Формирование третьего смерча происходило также над акваторией Амурского залива и связано с грозвым (черным) облаком, вращающимся против часовой стрелки. Хобот смерча опускался по полого-наклонной плоскости и достиг поверхности еще над заливом. Смерч вышел на сушу в районе ст. Санаторная, пересек автотрассу и распался в предгорьях п-ова Муравьев-Амурский Ш.

На участке автотрассы вблизи ст. Океанская смерч порвал провода электросети и контактной троллейбусной сети. Движение по автотрассе и на железной дороге было прервано на 1,5 ч. Вековые деревья на территории санатория "Приморье" были вывернуты с корнем (появился смерч на территории санатория в 14 ч 10 мин). Интенсивность смерча, видимо, была между F2 и F3.

Профессором В. А. Абрамовым отмечен еще один интересный момент, связанный с вращающимися облачными массивами П. Между вторым и третьим смерчами он наблюдал в районе м. Фирсова (район Второй Речки) внезапное появление над Амурским заливом темного, как бы

кипевшего облака, которое двигалось вдоль побережья на север, а при этом его края закручивались по часовой стрелке. Из этого облака, накрывшего побережье, сплошной стеной пошел град, сопровождавшийся порывами шквалистого ветра. Размер градин был от одного до трех сантиметров. Одна из градин достигла 5 см. Эта градина В. А. Абрамовым зафиксирована на фотографии. В цветовой палитре присутствовали прозрачные, голубоватые, зеленоватые, серые, белые и жемчужные горошины. Преобладали круглые и яйцевидные, но встречались и плоские, дискообразные и даже в форме "Сатурна с кольцами" (летающие блюдечки) градины.

ЦИКЛОН, на холодном фронте которого образовались грозы, ливни и смерчи во Владивостоке, возник над западной Якутией 17 сентября на арктическом фронте как волновой циклон. Он "нырнул" со скоростью 35—40 км/ч с севера на юг вдоль ПО\* в. д., 18 сентября над районами северо-восточного Китая он повернул на восток, а 19 сентября вышел к Желтому морю. Движение его над Читинской областью, Монголией и Китаем сопровождалось выпадением слабых и умеренных дождей обложного и ливневого характера, сильными ветрами и понижением температуры воздуха.

За сутки до стихийного явления во Владивостоке циклон находился в районе Пекина, его теплый сектор пополнялся влажным воздухом с прогретой за лето поверхности Желтого моря. Скорость перемещения циклона уменьшилась до 25—30 км/ч, а направление с юго-восточного сменилось на северо-восточное. Утром 20 сентября циклонический вихрь располагался уже над южными районами Приморья (рис. 1) и, вновь увеличив скорость до 50 км/ч, быстро пересек территорию края с юго-запада на северо-восток. В конце суток над восточными районами Хабаровского края началось его быстрое заполнение.

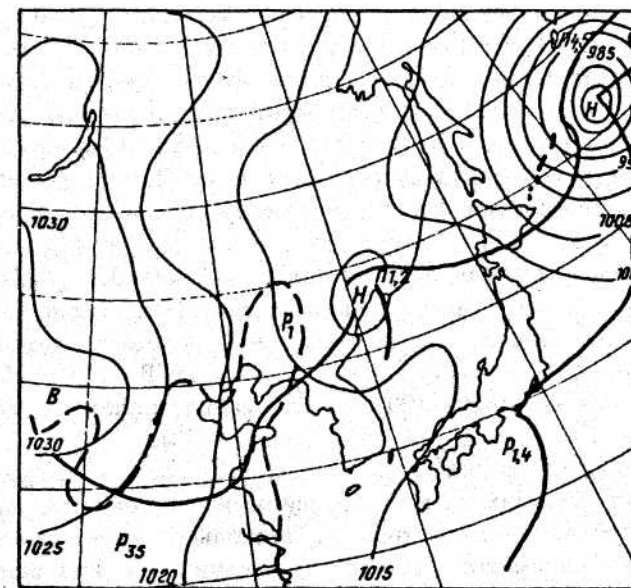


Рис. 1. Карта приземного анализа в 0 ч МСВ 20 сентября 1997 г.

На снимках с ИСЗ 18 сентября в 19 ч 41 мин МСВ хорошо видна облачная система циклона в виде маломасштабной компактной яркой запятой, состоящая из массивов кучево-дождевой и слоисто-кучевой облачности. Особенностью же облачного вихря через сутки на снимке со спутника в 17 ч 48 мин МСВ 19 сентября является подковообразный вид облачности с четкими границами мощной кучево-дождевой облачности вдоль холодного фронта. "Подковообразность" является хорошим признаком возможности появления в системе циклона мезомасштабных вихрей. В тылу циклона серые полосы вторичных фронтов, В первой половине дня 20 сентября при подходе фронтальных систем к Приморью произошло слияние облачности вторичного холодного фронта с облачностью основного холодного фронта циклона и ее интенсивное развитие. Это выразилось в расширении зоны облачности, образовании волн на фронте и усилении восходящих вертикальных движений в нижних слоях тропосферы.

Падение давления в передней части циклона в это время (0 ч МСВ 20 сентября) составляло  $1,2 \text{ гПа}/3 \text{ ч}$  минимальное давление в центре циклона было  $1008 \text{ гПа}$ . Эти данные не позволили судить об исключительности процесса. Например, давление в циклоне, с которым связаны смерчи 8—9 июня 1984 г. на европейской территории России, интенсивно падало до  $979 \text{ гПа}$ \* Такое давление является для лета необычайно низким [2].

Смерчи — это суперконвективные явления, по структуре и силе ветра напоминающие тайфуны [31]. Принято считать, что для их зарождения в нижних слоях атмосферы должны складываться особо благоприятные условия для возникновения сильно неустойчивой стратификации.

По данным аэрологического зондирования на аэрологической станции Сад-Город 19—21 сентября 1997 г. (зондирование в сроки 0 и 12 ч МСВ, за исключением 12 ч МСВ 20 сентября, когда выпуск не состоялся в связи со стихийным явлением), развитие конвекции было отмечено только 20 сентября в 0 ч МСВ (11 ч местного времени). Мощность слоя конвекции равнялась всего  $1169 \text{ м}$ , тогда как мощность запирающего слоя —  $1918 \text{ м}$ , т. е. условия для развития глубокой конвекции отсутствовали даже при подходе холодного фронта к Владивостоку. К сожалению из-за отсутствия наблюдения в 12 ч МСВ оценить параметры конвекции при прохождении фронта невозможно. Слой с положительной энергией неустойчивости 20 сентября располагался между 850 и 400 гПа, но суммарная положительная энергия едва достигала  $300 \text{ Дж}/\text{м}^2$ . Отрицательная энергия неустойчивости нижнего слоя была около  $80 \text{ Дж}/\text{м}^2$ . Важно отметить наличие слоя со значительной положительной энергией неустойчивости по данным зондирования в 12 ч МСВ 19 сентября (23 ч местного времени) в слое 450—300 гПа (суммарная положительная энергия —  $2000 \text{ Дж}/\text{м}^2$ ), т. е. за 14 ч до начала СГЯ.

По определению академика Д. В. Наливкина, смерч является продуктом атмосферного мезовихря, т. е. первичным оказывается наличие в средней атмосфере вихря диаметром от нескольких километров до нескольких десятков километров. При формировании сужения вниз происходит образование смерча, вверх — интенсивное градообразование [51].

В США в 70-е годы с помощью доплеровских локаторов инструментально подтверждено наличие во вращающихся мощных кучево-дождевых облаках мезовихрей (мезоциклонов) и описаны их характеристики [21 •

Так, за 40—50 мин до образования смерча в кучево-дождевом облаке в средней тропосфере образуется мезоциклон диаметром 4—8 км, который затем суживается вверх и вниз. В его правой передней части примерно в 60—70% случаев возникает смерч.

К сожалению, из-за отсутствия на территории Приморского края не только доплеровского, но даже обычного радиолокатора (последний МРЛ-5, расположенный на территории аэропорта г. Артем, был выведен из эксплуатации в июле 1995 г.) инструментально зафиксировать наличие мезовихрей при прохождении циклона 20 сентября 1997 г. над югом Приморского края не удалось. Косвенным подтверждением образования тропосферных мезовихрей в период стихийного явления 20 сентября 1997 г. может служить вращение облаков, из которых происходило формирование смерчей и выпадение крупного града, отмеченные профессором В. А. Абрамовым [1].

Остается открытым вопрос о наличии в средней тропосфере мезоциклонов, так как в описываемом случае над Владивостоком циклонический мезовихрь отмечался только в период выпадения очень крупного града в черте города (вращение обычного массива по часовой стрелке, если смотреть на мезовихрь снизу или, наоборот, против часовой стрелки, если смотреть на этот же облачный массив сверху). Характерно, что во всех трех случаях формирования смерчей облачные массивы имели антициклоническую завихренность (имели вращение против часовой стрелки, если смотреть на них снизу).

В Национальном центре по прогнозу сильных штормов в США для прогноза смерчей используются полученные на большом статистическом материале пять синоптических признаков атмосферных процессов, способствующих образованию интенсивных конвективных явлений, в том числе и смерчей:

1) наличие динамического фактора, обеспечивающего подъем теплого и влажного воздуха нижней тропосферы, что наблюдается в волновых возмущениях, циклонах, на фронтах и на разделах воздушных масс с различной влажностью;

2) большая конвективная неустойчивость атмосферы, характеризующаяся вертикальными градиентами температуры значительно больше влажноадиабатических;

3) сильные, с большим вертикальным сдвигом юго-западные ветры в средней и верхней тропосфере (наличие мощного струйного течения) и существование в пограничном слое атмосферы струйного течения нижних уровней, имеющего юго-восточное или южное направление;

4) приток с юга и юго-востока влажного воздуха в слое земля — 1000 м и сухого воздуха с запада и юго-запада в слое 1000—2500 м;

5) наличие задерживающего слоя выше пограничного, вследствие чего образование мощных кучево-дождевых облаков происходит взрывным образом.

Типичная синоптическая ситуация, при которой возникают смерчи, приведена на рис. 2 (по [2]).

Все пять синоптических признаков в той или иной мере отмечались при формировании стихийного явления в г. Владивостоке 20 сентября 1997 г.

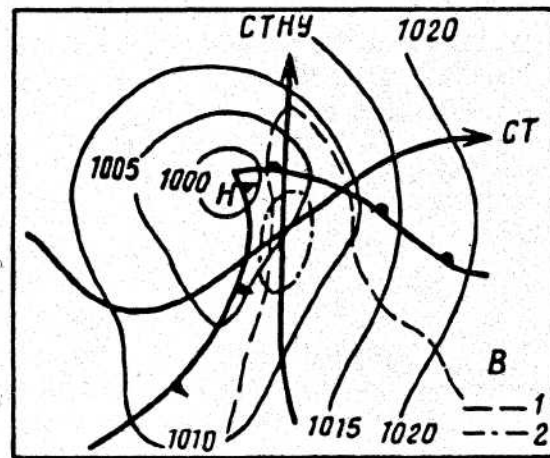


Рис. 2. Синоптическая ситуация, благоприятная для образования смерчей (по [2]).

СТ — стрийное течение, СТНУ — стрийное течение нижних уровней, 1 — язык влажного воздуха, 2 — район наиболее вероятного образования смерчей.

1. Достаточно интересным в синоптическом процессе 18—20 сентября является сама траектория перемещения приземного циклона: сначала резко с севера на юг, а затем с  $40^\circ$  с. ш. на восток с небольшой северной составляющей. В систему циклона таким образом был вовлечен холодный арктический воздух  $60^\circ$  с. ш. и теплый воздух значительно более южных широт. Градиент температуры в зоне холодного фронта 19 сентября на высоте изобарической поверхности 850 гПа достигал  $8-10^\circ\text{C}$  на 300 км, способствуя возникновению большой термической неустойчивости атмосферы.

2. Только 20 сентября по данным аэрологической станции Сад-Город энергия неустойчивости атмосферы выше пограничного слоя была положительной.

3. Важной особенностью является появление стрийного течения в нижней тропосфере вблизи Владивостока примерно за сутки до появления смерчей. Скорость ветра на  $\#_{850}$  возросла с 7 до 18 м/с. Ось стрийного течения располагалась на высоте 900 м с максимальной скоростью ветра 18 м/с и направлением  $205^\circ$ . В то же время на высоте 9—10 км прослеживалось верхнетропосферное стрийное течение, ветер вблизи его оси достигал 58 м/с, направление  $250^\circ$ .

4. При выходе циклона в район Пекина 19 сентября в его теплый сектор начался заток теплого влажного воздуха с Желтого моря, что увеличивало неустойчивость воздушной массы. В дальнейшем смыкание влажного морского воздуха в слое земля — 600 м с юго-востока и сухого воздуха в слое 1000—2000 м с юго-запада поддерживало сильную неустойчивость воздушной массы.

5. Наличие задерживающего слоя мощностью 1918 м в атмосфере по крайней мере за два часа до появления первого смерча.

Важно отметить, что при возникновении смерчей 9 июня 1984 г. в центральной части России отмечались абсолютно аналогичные синопти-

ческие условия [2]. Единственным отличием было резкое углубление циклона, что в Приморском крае не зафиксировано.

#### Выводы

1. Возникновение смерчей, шквалов, града и гроз 20 сентября 1997 г. в г. Владивостоке и в Приморском крае произошло во фронтальных зонах циклона, характеризующегося необычной траекторией перемещения и очень сильными ветрами в верхней тропосфере.

2. Взаимодействие воздушной массы арктического воздуха, не успевшей значительно трансформироваться при смещении в умеренные широты, и субтропического влажного морского воздуха способствовало, видимо, интенсивному развитию турбулентности с горизонтальными масштабами порядка нескольких километров.

3. Формирование смерчей во Владивостоке 20 сентября 1997 г. происходило при наличии тех же аэросиноптических признаков, что и при формировании смерчей 9 июня 1984 г. в Подмосковье, и абсолютно соответствовало пяти синоптическим признакам атмосферных процессов, используемых для прогноза смерчей в Национальном центре по прогнозу сильных штормов в США.

4. При возникновении<sup>1</sup> смерчей 20 сентября во Владивостоке имелось несколько аэросиноптических особенностей в отличие от других районов земного шара:

— смыкание зоны вторичного фронта с холодным фронтом циклона и волнообразование на этом фронте, вызвавшее быстрый подъем теплого и влажного воздуха в пограничном слое;

— перемещение линии шквалов над теплой морской поверхностью, что, видимо, способствовало увеличению энергии неустойчивости.

5. Без восстановления наблюдательной радиолокационной сети Приморского края, ее перевода в доплеровский режим, вопросы наблюдения, а тем более предупреждения о локальных мезомасштабных вихревых образованиях, определяющих шквалы, град и смерчи, рассматриваться вообще не могут.

#### Литература

1. Абрамов В. А. И померк белый свет... — Владивосток, Ежедневник "Завтра России", № 45, 13—20 ноября 1997 г., с. 11.
2. Васильев А. А., Песков Б. Е., Снитковский А. И. Смерчи 9 июня 1984 г. — Л., Гидрометеоздат, 1985, 40 с.
3. Казанцев Ю. В. Теория атмосферных вихрей и ее применение для задач прогноза. — Л., Гидрометеоздат, 1988, 62 с.
4. Климат Владивостока. /Под ред. П. В. Свищушкин. — Л., Гидрометеоздат, 1984, 248 с.
5. Наливкин Д. В. Ураганы, бури и смерчи. Географические особенности и геологическая деятельность. — Л., Наука, 1969, 487 с.