

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ФГБУ «ГГО»
В.М.Катицов
«15» января 2020 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Калмыковой Ольги Вячеславовны **«Оценка смерчеопасности вблизи Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Крым»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Диссертационная работа Калмыковой О.В. посвящена обобщению сведений о смерчах на акватории Черного моря, созданию комплексной базы данных, изучению характеристик смерчей и их материнских облаков, а также разработке и оценке методики прогноза водяных смерчей. Смерчи – сложное метеорологическое явление, представляющее опасность для человека и различных объектов его хозяйственной деятельности. Разработка новых методов прогноза смерчей, нацеленных на повышение качества предупреждений об их возможном формировании, безусловно, является крайне важной и практически значимой задачей. Диссертационная работа Калмыковой О.В. ориентирована на решение данной задачи применительно к черноморскому региону, являющемуся наиболее смерчеопасным регионом России по количеству смерчей на единицу площади. Следует подчеркнуть, что заявленная тематика исследований представляет большой интерес, ввиду отсутствия до недавнего времени систематических результатов анализа Черноморских смерчей.

Целью работы является разработка новой методики оценки смерчеопасности вблизи Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Крым и ее программная реализация для повышения качества предупреждений о возможном формировании смерчей.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи**:

- организация автоматизированного мониторинга смерчеопасных ситуаций, а также создание архива смерчей у Черноморского побережья Краснодарского края и

Республики Крым, определение характеристик смерчей с использованием архивных данных;

- разработка алгоритма использования известных методов диагностики и прогнозирования смерчей на прибрежной акватории Черного моря, программная реализация методов и их тестирование;
- разработка метода определения регионального индекса для прогноза водяных смерчей немезоциклонного происхождения и получение формулы расчета нового индекса смерчеопасности для прибрежной акватории Черного моря;
- разработка автоматизированной методики оценки смерчеопасности вблизи Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Крым и оперативной технологии расчета по данной методике;
- тестирование автоматизированной методики в непрерывном режиме счета и оценка ее эффективности.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и 5 приложений. Список использованной литературы включает 135 наименований без учета 15 работ, опубликованных самим автором. Суть работы последовательно изложена на 188 страницах, включая 98 рисунков и 49 таблиц.

Во *введении* указаны цель и основные задачи диссертации, обосновывается актуальность выбранной темы исследований и научная новизна работы, аргументируется теоретическая и практическая значимость полученных результатов, выдвинуты основные положения, выносимые на защиту, указан личный вклад автора, описано возможное использование результатов работы.

Первая глава содержит общие сведения о смерчах, а также обзор современных подходов, используемых в мировой практике для их диагноза и прогноза. Достаточно подробно представлена информация об индексах конвективной неустойчивости, используемых для прогноза смерчеопасных ситуаций. Рассмотрены конкретные алгоритмы и примеры решения задач диагноза смерчей и других опасных явлений, предложенные метеослужбами различных стран. Упомянуты работы отечественных авторов, посвященные исследованию смерчей. Справедливо отмечается, что все имеющиеся на сегодняшний момент достижения в вопросах диагноза и прогноза смерчей есть результат обработки накопленного за много лет массива данных об этих явлениях и о тех условиях, при которых они обычно возникают.

Во *второй главе* представлены результаты анализа созданного архива черноморских смерчей за период 2014-2016 гг. Дается обзор наблюдательной сети, развернутой в черноморском регионе, описывается работа реализованной технологии мониторинга смерчеопасных ситуаций, с использованием которой был сформирован архив данных наблюдений за вышеуказанный период, использовавшийся впоследствии для анализа различных характеристик смерчей и их материнских облаков. Подчеркивается, что в основной своей массе результаты, полученные в ходе анализа архива смерчей, на качественном уровне согласуются с уже имеющимися данными о черноморских смерчах, однако представляет большой интерес уточнение этих данных в количественном плане, которое для рассматриваемого региона на выборке данных достаточно большого объема (118 случаев смерчей) дается впервые.

В *третьей главе* описывается методика оценки смерчеопасности вблизи Черноморского побережья Краснодарского края и Республики Крым. В ее основу были положены результаты проведенной оценки успешности прогноза смерчей за период 2014-2016 гг. по известным индексам конвективной неустойчивости, в ходе которой были выбраны наиболее информативные индексы для черноморского региона. Кроме того, в методику были включены результаты реализации предложенного метода определения регионального индекса смерчеопасности, а именно, новый индекс для прибрежной акватории Черного моря. Даются сведения о модели WRF, выбранной в качестве базовой модели для получения метеорологических полей, необходимых для расчета индексов. Приводится схема использованной параметризации физических процессов, пространственное и временное разрешение модели. Представлена схема работы оперативной технологии, в рамках которой осуществляется расчет по вышеупомянутой методике, с указанием состава ее входных и выходных данных. Некоторым отступлением от изложения результатов по Черному морю является описание проведенной работы по оценке эффективности прогноза сухопутных смерчей на Европейской территории России, свидетельствующее о возможности распространения выбранного подхода к построению прогноза на более обширную территорию России.

Четвертая глава посвящена вопросам обоснования возможности использования разработанной методики в прогностической практике. Анализируется качество предупреждений о смерчах, сформированных по методике в теплый период 2017 и 2018 гг., а также точность работы заложенных в нее алгоритмов выявления смерчевых облаков. Интересным дополнением является рассмотрение работы методики в холодный период, когда смерчи, как правило, не наблюдаются и использование различных моделей (WRF и COSMO-Ru2) для построения прогноза. Дается сопоставление качества предупреждений о

смерчах, выданных синоптиками за указанный период, и предупреждений по методике. Подчеркиваются ее преимущества по ряду показателей. Описывается возможная модификация методики для уменьшения ложных тревог.

В *заключении* представлены ключевые результаты диссертации.

Научная новизна работы. В диссертации впервые на достаточно большом объеме выборки проведен детальный анализ случаев смерчей над Черным морем, определены условия характерные для их возникновения, получены количественные оценки этих условий, в том числе представлены разносторонние параметры смерчевых облаков, позволившие предложить алгоритм для их возможного распознавания. Предложен алгоритм верификации сообщений о смерчах.

Введен новый индекс смерчеопасности для прибрежной акватории Черного моря, базирующийся на известных особенностях образования водяных смерчей, выраженных в форме их предикторов и на установленных для них порогах, учитывающих особенности смерчегенеза в исследуемом регионе. Доказана высокая прогностическая значимость нового индекса.

Впервые для российской практики предложена методика, позволяющая в автоматическом режиме формировать предупреждения о смерчах и выявлять смерчевые облака.

Степень достоверности результатов и апробация работы. Достоверность результатов исследований обуславливается корректным использованием общеизвестных методов прогнозирования смерчей и статистической обработки данных, проведенной валидацией разработанной методики. Выводы, полученные в диссертации, не противоречат результатам исследований других авторов в данном направлении. Основные результаты диссертации обсуждались на семинарах и конференциях, на одной из них работа получила первую премию в конкурсе работ молодых ученых. По теме диссертации опубликовано 15 работ.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты диссертации способствуют получению новой информации о смерчах и о возможностях их прогноза. Разработанная методика оценки смерчеопасности позволяет с большой заблаговременностью оповещать о возможных смерчах и минимизировать риск появления непредупрежденных случаев. Наличие программной реализации методики сокращает затраты времени на ее внедрение.

Использование результатов. Результаты диссертационной работы, несомненно, будут востребованы в региональных гидрометцентрах, выпускающих предупреждения о смерчах над Черным морем. Кроме того, они могут найти свое применение и при описании климатических характеристик российских смерчей, а также при разработке методик прогноза смерчей для других регионов нашей страны.

Замечания

Имеется ряд замечаний по диссертационной работе:

1. На рисунках 2.14 – 2.25 в тексте работы отсутствуют подписи осей, что затрудняет их понимание.
2. Автор диссертационной работы приводит сведения о существующих методах прогноза смерчей. Было бы полезно показать оценки успешности этих методов по результатам деятельности других исследователей, чтобы оценить выполненную автором работу на мировом фоне.
3. Исходные данные, на которых основывается диссертационная работа, получены наблюдателями, которые во многих случаях не являются профессиональными метеорологами. Учитывая это обстоятельство, необходимо было более критически фильтровать данные. В диссертации показано, что повторяемость смерчей на порядок больше той, которая фиксировалась ранее. Это косвенно может указывать на плохое качество исходных данных. Кроме того, наличие смерчей фиксировалось в 25% случаев из неконвективных ячеек. Надо полагать, что в эти 25% входят случаи, когда смерчи отсутствовали. По данным автора, смерчи фиксировались при отражаемости облака 20 dBZ, что вызывает сомнения.
4. Автор в разделе *1.2.2 Смерчи немезоциклонного происхождения* указывает, что формирование таких смерчей происходит под быстро развивающимися кучевыми облаками. В то же время полученные результаты говорят о том, что только около 35% материнских облаков были явно идентифицированы как кучевые. Также указано, что среднее расстояние от смерча до зафиксированных грозовых разрядов (в случае их наличия в материнском облаке) составило (в среднем) около 23 км, что говорит о значительных горизонтальных размерах облаков. Было бы полезно прокомментировать полученные результаты относительно существующих представлений о физических процессах, приводящих к формированию водяных смерчей.
5. Использование спутниковых данных для фиксации облаков со смерчами плохо обосновано. Автор рассматривает разность радиационных температур в пределах

