



### Идентификация случаев возникновения смерчей в лесной зоне, смерчегенез, торнадо

Особый интерес вызывает возможность увеличения частоты возникновения такого редкого и разрушительного явления, как воздушные смерчи (торнадо).

По причине своего локального характера смерчи крайне редко фиксируются наблюдательной сетью. В настоящее время информация о факте прохождения смерча чаще всего поступает от непосредственных очевидцев явления, а также на основе анализа нанесенного ущерба. Возникновению смерчей вблизи Уральского хребта способствует известный эффект усиления конвекции над пересеченным рельефом.

Шихов А.Н., Быков А.В. Изучение двух случаев сильных смерчей в Предуралье // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 3. С. 124–133.

Beck V., Dotzek N. Reconstruction of near-surface tornado wind fields from forest damage // J. Appl. Meteor. Climatol. 2010. Vol. 49. P. 1517–1537.

Чернокульский А.В. Изменение смерчегенеза / А. В. Чернокульский, М. В. Курганский, И. И. Мохов // Интенсивные атмосферные вихри и их динамика. М., 2018. С. 434 - 438.

Репрезентативных оценок повторяемости смерчей на территории России не существует, поскольку частота наблюдения смерчей напрямую зависит от плотности населения.

Идентификация случаев возникновения смерчей в лесной зоне по многолетним рядам данных дистанционного зондирования Земли

Ключевые слова: смерчи, ветровалы, данные дистанционного зондирования Земли, снимки LANDSAT, Global Forest Change Map

DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-3-84-94

[http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/sb2016t3/84-94.pdf](http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2016t3/84-94.pdf)

Одним из видов ущерба от смерчей являются ветровалы в лесных массивах.

В регионах с высокой лесистостью и низкой плотностью населения (таких как север Европейской части России и Урала) данные о ветровальных нарушениях лесного покрова являются единственным доступным источником получения информации о случаях смерчей.

По данным о ветровалах может быть определена траектория смерча, ширина воронки,

направление вращения, сделаны предположения об интенсивности смерча.

Основными преимуществами такого подхода являются объективность и независимость получаемых оценок от плотности населения. Смерчевые ветровалы в большинстве случаев имеют явные отличительные признаки, позволяющие отделить их от ветровалов, вызванных шквалами (Петухов, Немчинова, 2014; Peterson, 2000).

Важную информацию для определения характеристик смерча (в частности, направление его вращения и характер распределения скорости ветра у поверхности земли) можно получить на основе анализа высокодетальных снимков ветровальных участков (в том числе аэрофотосъемки). С их применением производится верификация моделей пространственного распределения скорости ветра в зоне смерча (Beck, Dotzek, 2010).

Данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) представляют ценный информационный ресурс для изучения случаев смерчей в лесной зоне. Для территории России это особенно актуально в связи с низкой плотностью населения и отсутствием систематизированной информации о частоте возникновения смерчей.

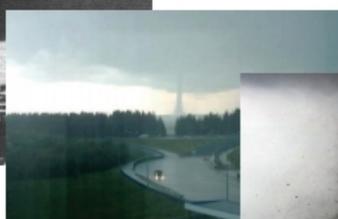
<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/94217.pdf>

На территории России встречается более 30 опасных природных явлений и процессов, среди которых наибольшие разрушения приносят наводнения, штормовые ветры, ливни, ураганы, смерчи, землетрясения, лесные пожары, оползни, сели, снежные лавины.

## Смерчегенез в России



Иваново (1984)  
смерч (торнадо)  
в СССР (F4)



Ханты-  
Мансийск (2012)  
Один из самых  
северных  
смерчей  
(широта 61°с.ш.)



Благовещенск  
(2013)  
Один из самых  
сильных смерчей  
последнего  
времени на  
Дальнем Востоке.



Янаул (2014)  
Самый разрушительный смерч  
России в 21 в. (EF3).



Курганский и др. (2013)  
Чернокульский и др. (2015)

Большая часть социальных и экономических потерь связана с разрушением зданий и сооружений из-за недостаточной надежности и защищенности от опасных природных воздействий. Наиболее частыми на территории России становятся природные катастрофические явления атмосферного характера бури, ураганы, смерчи, шквалы (28%), далее идут землетрясения (24%) и наводнения (19%). Опасные геологические процессы — оползни и обвалы — составляют 4%. На оставшиеся природные катастрофы, среди которых лесные пожары наиболее частые, приходится 25% { DOI: 10.12737/8228 }.

Кожевников В.Н., Еланский Н.Ф., Моисеенко К.Б. Вариации содержания озона и двуокси азота в поле орографических волн над приполярным Уралом // ДАН. 2017. Т. 475. № 6. С. 691–696.

Условия формирования и характеристики сильного смерча на Южном Урале 29 августа 2014 г. Авторы: А. В. Чернокульский, М. В. Курганский, Д. И. Захарченко, И. И. Мохов.

Рассмотрены условия образования сильного смерча на Южном Урале (в Башкирии) 29 августа 2014 г. Отмечено, что смерч был связан с суперъячейкой, и синоптические условия его образования соответствовали типу 1 в классификации, предложенной Снитковским в 1987 г.

Определены основные характеристики смерча: ширина вихревой воронки оценена в 150 — 200 м, максимальная скорость ветра — 65 м/с. Установлено, что смерч относился к категории EF3 по усовершенствованной шкале Фуджиты. Предложен простой индекс

конвективной неустойчивости, основанный на данных наземных наблюдений, для диагностики условий смерчегенеза.

Ключевые слова: динамическая метеорология, динамика атмосферы, мезомасштабные процессы, турбулентность, прогноз погоды, тропосфера, средняя и верхняя атмосфера, климат, экология, математическое моделирование. { DOI: 10.31857/S0002-35155566-47 }. <http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/47559.pdf>

История знает много примеров, когда ущерб природе и человеческие жертвы могут быть соотнесены к возможному воздействию мощных локальных вихрей торнадо, в районах которые населены мало и идентификация случаев возникновения смерчей в лесной зоне, спустя значительное время, могут предполагаться по косвенным признакам старых фото.

*У берега -  
Суворов Борис      Аскинадзе Владислав      Ефимов  
01.02.89г*



<https://funkyimg.com/i/356GN.jpg>

(Урал, 1959 год, локальный вывал леса)

<https://funkyimg.com/i/356Gu.jpg>

(Урал, 1959 год, поваленный ствол дерева)

<https://funkyimg.com/i/356GB.jpg>

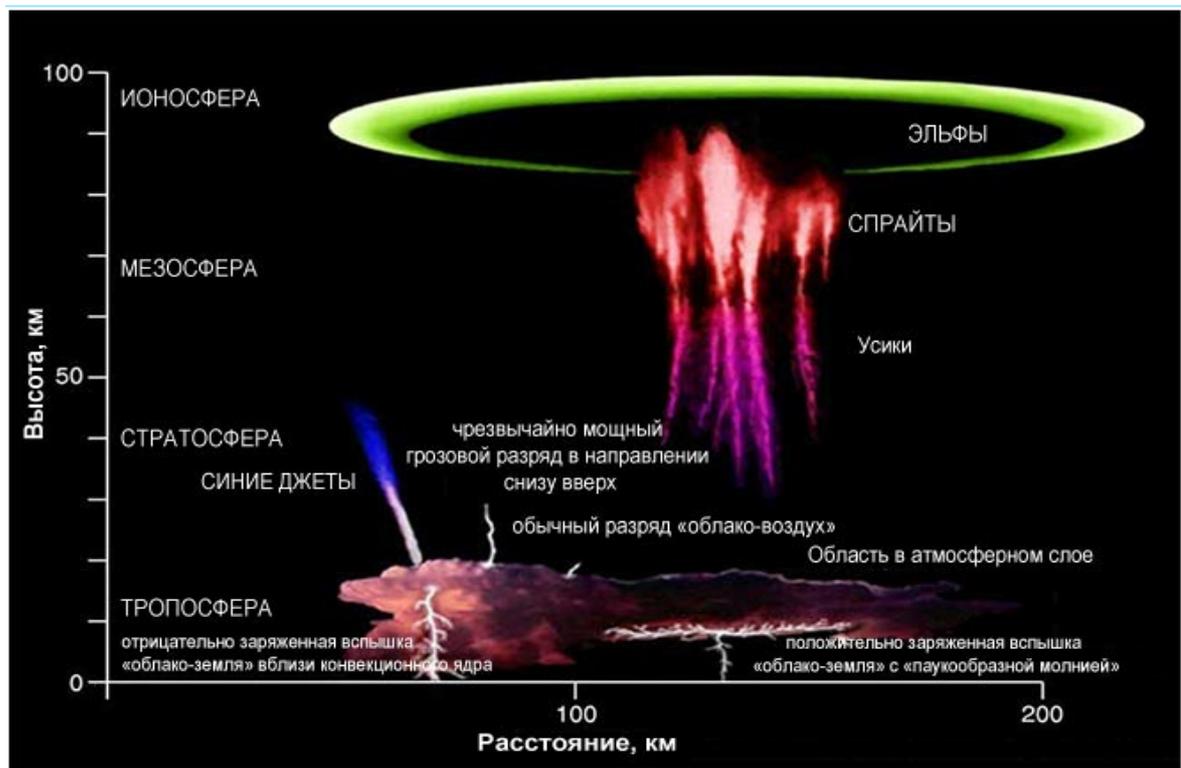
(Урал, 1959 год, голый бок кедра с отломами)

Современный уровень мониторинга, новая приборная база, аэрофотосъемка, спутниковое наблюдение, значительно улучшили возможности для наблюдений и прогноза смерчей. Все явления в природе многогранны и взаимосвязаны между собой сложными связями. Происходящее в нижних слоях атмосферы имеет тесную связь с более высокими слоями.

#### **Радиоизотопные торнадо :**

в физике плазмы известны объекты, движущиеся с очень большой (более 1000 км/час) скоростью, эффект этот характерен для плазмоидов, в которых заметная часть энергии запасена на внутренних степенях свободы, такие плазмоиды могут двигаться очень быстро за счет нелинейной диффузии, аналогичные механизмы увеличения скорости движения воздушного потока работают и в торнадо.

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/49362.pdf>



Фотоснимок предоставлен [Национальной лабораторией исследования ураганов \(NSSL\)](#), по материалам исследований Карлоса Миралеса (AeroVironment) и Тома Нельсона (FMA).

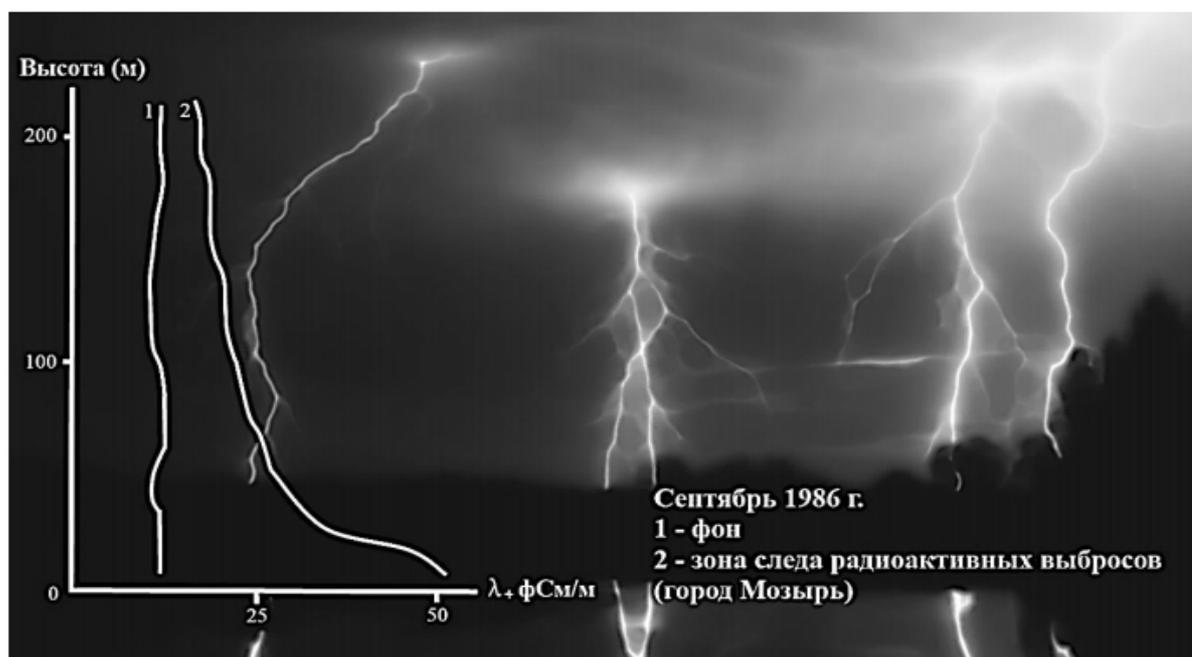


Рис. 8. Электрическое состояние пограничного слоя атмосферы под воздействием радиоактивного выброса при аварии на Чернобыльской АЭС

Сила тока в разряде молнии на Земле достигает 10 — 500 тысяч ампер.  
 Напряжение — от десятков миллионов до миллиарда вольт.  
 Самая длинная молния была зафиксирована в Оклахоме в 2007 году. Её протяжённость составила 321 км.  
 Самая продолжительная молния была зафиксирована в Альпах. Её длительность составила 7,74 секунды.

Молния — электрический искровой разряд в атмосфере, обычно может происходить во время грозы, проявляющийся яркой вспышкой света и сопровождающим её громом.

Молнии также были зафиксированы на Венере, Юпитере, Сатурне, Уране и др. В 1989 году были обнаружены особые виды молний в верхней атмосфере: эльфы и спрайты. В 1995 году был открыт другой вид молний в верхней атмосфере — джеты. Запуск молнии происходит от высокоэнергетических частиц, вызывающих пробой на убегающих электронах

(«спусковым крючком» процесса при этом являются космические лучи).

Водород, Метан, Радон и молниевые разряды Облако-Земля :

[http://oilgasjournal.ru/issue\\_22/shuleikin.pdf](http://oilgasjournal.ru/issue_22/shuleikin.pdf)

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/38233.pdf>

&

Нелинейные явления в ионосферной плазме

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/87748.pdf>

Механизм притяжения молнии и проблема лазерного управления молнией :

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/44950.pdf>

Радиоизотопные торнадо :

в физике плазмы известны объекты, движущиеся с очень большой (более 1000 км/час) скоростью, эффект этот характерен для плазмоидов, в которых заметная часть энергии запасена на внутренних степенях свободы, такие плазмоиды могут двигаться очень быстро за счет нелинейной диффузии, аналогичные механизмы увеличения скорости движения воздушного потока работают и в торнадо.

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/49362.pdf>

ЭМП Электромагнитное излучение дождя, до 5 MHz

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/90943.pdf>

смерчегенез

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/25660.pdf>

## Редки ли смерчи в Московской агломерации?

Чернокульский А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН,  
Москва, Россия  
[a.chernokulsky@ifaran.ru](mailto:a.chernokulsky@ifaran.ru)

Смерч – одно из наиболее опасных гидрометеорологических явлений конвективного характера. При этом, в России как у общества, так и у профессиональных метеорологов присутствует недооценка угрозы смерчей. На основе новой базы данных смерчей (собранных по различным данным для регионов Северной Евразии [1-3]) показано, что смерчи в Средней полосе России в целом и в Московской агломерации в частности не являются редким событием. Показано, что в Москве и Московской области с 2005 по 2016 г. (наиболее обеспеченные данными годы) прошло 34 смерча. Таким образом, в регионе образуется в среднем 3 смерча за 1 год. Плотность смерчей составляет 4 смерча на 10000 км<sup>2</sup>.

Всего в новой базе содержится информация о 59 смерчах высокой достоверности за период с начала 20 века (и ещё о нескольких де-

сятках событий меньшей достоверности с XII века). Из 59 смерчей 23 имели интенсивность F0 (по шкале Фудзиты) или неопределённую категорию, 25 – интенсивность F1, шесть – интенсивность F2, четыре – интенсивность F3 (в 1904, 1945, 2009 и 2016 гг.), один – интенсивность F4 (в 1904 году). Основное направление движения смерчей в Московской агломерации – с юго-востока на северо-запад.

Учитывая достаточно частое образование смерчей в Московской агломерации (и в целом на большей части Европейской территории, юге Сибири и юге Дальнего Востока) и ожидаемый рост риска возникновения смерчей в XXI веке в условиях глобального потепления [4] целесообразным представляется внедрять прогноз возникновения подобных явлений в практику оперативного прогнозирования структурами Росгидромета.

Гравитационно-сдвиговые волны в атмосферном пограничном слое  
<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/79866.pdf>

Физика молнии: новые результаты и нерешенные проблемы  
<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/10017.pdf>

Потоки метана в тундровых экосистемах по модельным оценкам и данным наблюдений  
<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/94762.pdf>

Стохастическое моделирование турбулентной электродинамики пограничного слоя атмосферы.

Наблюдения вариаций электрической проводимости приземного слоя атмосферы.

Расчет электрических параметров грозового облака в численных моделях высокого разрешения.

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/24576.pdf>

## Гравитационно-сдвиговые волны в атмосферном пограничном слое

*М.А. Каллистратова<sup>1</sup>, Р.Д. Кузнецов<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

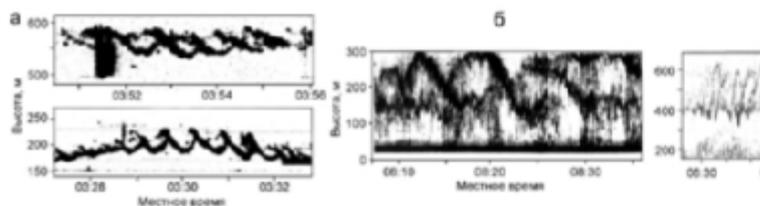
<sup>2</sup> Финский метеорологический институт, Хельсинки

Существование в нижней тропосфере мезомасштабных волнообразных структур (с длинами волн от сотни метров до нескольких километров) известно с позапрошлого века по наблюдениям облаков необычной формы.



**Рис. 1.** Волны Кельвина-Гельмгольца (ВКГ) в атмосфере. а) – схематическое изображение «валов», «кошачьих глаз» и «наклонных полос». б) и с) – примеры облаков с ВКГ, Воскресенский район Московской области, октябрь 2013 г.

С развитием средств наземного дистанционного зондирования (радаров, содаров, лидаров) инверсионные слои с такими структурами были обнаружены в поле интенсивности эхо-сигнала (Рис.2) и в поле ветра (Рис. 3).



**Рис. 2.** Визуализация волн на эхограммах. а – ЧМ радар (Сан Диего, 1970); б – содар (Оклахома, 1971); в – содар (Колорадо, 1971); г – минисодар (Звенигород, 1991).

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/79866.pdf>

# Оценки риска смерчегенеза в 21 веке

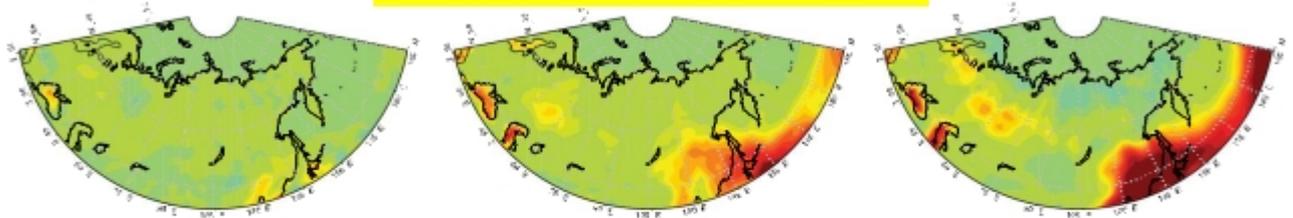
по расчетам с 3 моделями при сценарии антропогенных воздействий RCP 4.5

INM-CM4

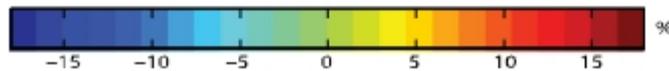
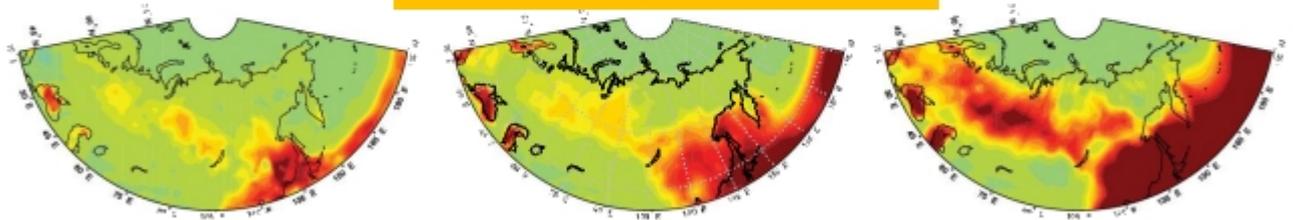
IPSL-CM5

GFDL-CM3

(2026–2045 гг.) – (1986–2005 гг.)



(2081–2100 гг.) – (1986–2005 гг.)



**Относительные изменения повторяемости критических значений индекса, характеризующего риск смерчегенеза**

(Чернокульский и др., 2017)

<http://forumstatic.ru/files/001a/87/44/25660.pdf>