

АНАЛИЗ СЛУЧАЕВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СМЕРЧЕЙ В ЛЕСНОЙ ЗОНЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

А. Н. Шихов, А. В. Тарасов

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский
университет»

e-mail: and3131@inbox.ru

Предложена методика картографирования случаев смерчей в лесной зоне по спутниковым снимкам LANDSAT и карте изменений лесного покрова Земли Global Forest Change Map. Методика основана на выявлении узких и протяженных сплошных ветровалов, с последующей их верификацией по снимкам высокого разрешения, полученным с открытых картографических сервисов. С применением данной методики выявлено 93 случая смерчей, прошедших на Европейской территории России в период с 2001 по 2015 г.

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

Введение

На фоне происходящих климатических изменений представляет большой интерес возможность роста повторяемости такого редкого и опасного природного явления, как воздушные смерчи (торнадо). По причине своего локального характера, смерчи крайне редко фиксируются метеостанциями. Информация о факте прохождения смерча чаще поступает от очевидцев явления, а также на основе анализа нанесенного ущерба. Репрезентативных оценок повторяемости смерчей в России не существует, поскольку частота их наблюдения напрямую зависит от плотности населения.

Первая систематизация сведений о случаях смерчей на территории бывшего СССР была выполнена А.И. Снитковским в 1987 г. [1]. Им были проанализированы данные о 248 случаях смерчей (начиная с XIX века) и определена вероятность появления смерча в расчете на 1000 км² территории. База данных, созданная А.И. Снитковским, была дополнена при разработке рекомендаций по оценке характеристик смерча для объектов использования атомной энергии [2]. В данном документе приведен каталог случаев смерчей на территории России за период 1987–2001 гг. (всего 103 случая). На основе обобщения данных многолетних наблюдений было проведено зонирование территории бывшего СССР по вероятности возникновения смерча и создана карта-схема районирования в масштабе 1:50 000 000 [3]. Однако работы по ее уточнению с учетом актуальных данных не проводились.

Одним из видов ущерба от смерчей являются ветровалы в лесных массивах, мониторинг и ретроспективный анализ которых проводится на основе снимков со спутников серии LANDSAT [4, 5]. В регионах с высокой лесистостью и низкой плотностью населения 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 является объективность и независимость получаемых оценок от плотности населения. Смерчевые ветровалы в большинстве случаев имеют явные отличительные признаки, позволяющие отделить их от ветровалов, вызванных шквалами [4, 6]. Однако задача выделения ветровалов, вызванных именно смерчами, ранее не ставилась.

В Северной Америке смерчи ежегодно уничтожают тысячи гектаров леса, по этой причине изучение вызванных ими нарушений лесного покрова весьма актуально [6]. Национальная служба погоды США (National weather service) ведет систематический сбор данных обо всех случаях смерчей и документирование нанесенного ими ущерба, в том числе и ущерба для лесного хозяйства. Это позволяет получить объективные оценки повторяемости смерчей. С середины 2000-х гг. для оперативного определения траекторий смерчей в США используются также снимки прибора MODIS [7]. Таким образом, 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.

Анализ случаев смерчей в лесной зоне Европейской части России

В настоящей статье представлены результаты ретроспективного анализа случаев возникновения смерчей в лесной зоне на основе анализа многолетних рядов данных ДЗЗ LANDSAT и Terra/Aqua MODIS, а также карты изменений лесного покрова Земли Global Forest Change на территории лесной зоны Европейской части России.

Проект Global Forest Change был реализован группой специалистов Мэрилендского университета. На основе анализа временного ряда снимков LANDSAT (всего было обработано 654 178 сцен) были получены данные о лесопокрытой площади по состоянию на 2000 и 2014 гг., участках нарушений лесного покрова (forest loss) и лесовосстановления (forest gain) в глобальном масштабе, с пространственным разрешением 30 м [8].

Данные Global Forest Change находятся в свободном доступе в Интернете. Данные о нарушениях лесного покрова, классифицированные по годам (Forest Loss Year), предоставляются в виде целочисленных растров в формате GeoTIFF. В ряде случаев год появления нарушения определен неверно, что обусловлено влиянием облачности, а также тем, что в проекте использованы только сцены LANDSAT, полученные в течение вегетационного периода.

В проекте Global Forest Change не проводилось определение причин нарушений лесного покрова. Однако использование геометрических признаков и дополнительных данных (включая исходные снимки LANDSAT, а также снимки сверхвысокого разрешения с открытых картографических сервисов) позволяет достаточно надежно выделить ветровалы, вызванные прохождением смерчей, среди других типов нарушений. Такими характерными признаками смерчевых ветровалов являются значительная протяженность (длина, как правило, превышает ширину более чем в 10 раз), сплошное повреждение древостоя и вихревой характер повала деревьев. Характер повала деревьев и направление вращения смерча определялись по высокодетальным спутниковым снимкам, полученным с открытых картографических сервисов. Участки ветровальных нарушений, удовлетворяющие всем перечисленным критериям, были классифицированы как смерчевые ветровалы.

Методика идентификации смерчевых ветровалов была реализована для территории лесной зоны Европейской части России. Всего на данной территории выявлено 93 смерчевых ветровала, произошедших в период 2001–2015 гг. Их пространственное распределение показано на рис. 1. В двух случаях значительная ширина ветровала (более 1000 м) не позволяет утверждать, что причиной ветровала был именно смерч, а не сильный шквал (но остальные признаки указывают на смерчевую природу ветровала).

Определение дат прохождения смерчей производилось на основе совместного анализа спутниковых снимков MODIS, LANDSAT, данных реанализа, а также сведений из Европейской базы данных опасных явлений погоды ESWD [9]. Наибольшее число

случаев смерчей зафиксировано в 2007 и 2009 гг. (рис. 2, а). В эти годы наблюдалась активная циклоническая деятельность над Европейской частью России в теплый период. В то же время в наиболее жаркое лето 2010 г., когда над Европейской частью России господствовал блокирующий антициклон, зафиксировано только 6 случаев смерчей (из них 4 – в течение одного дня 12.06.2010 г.).

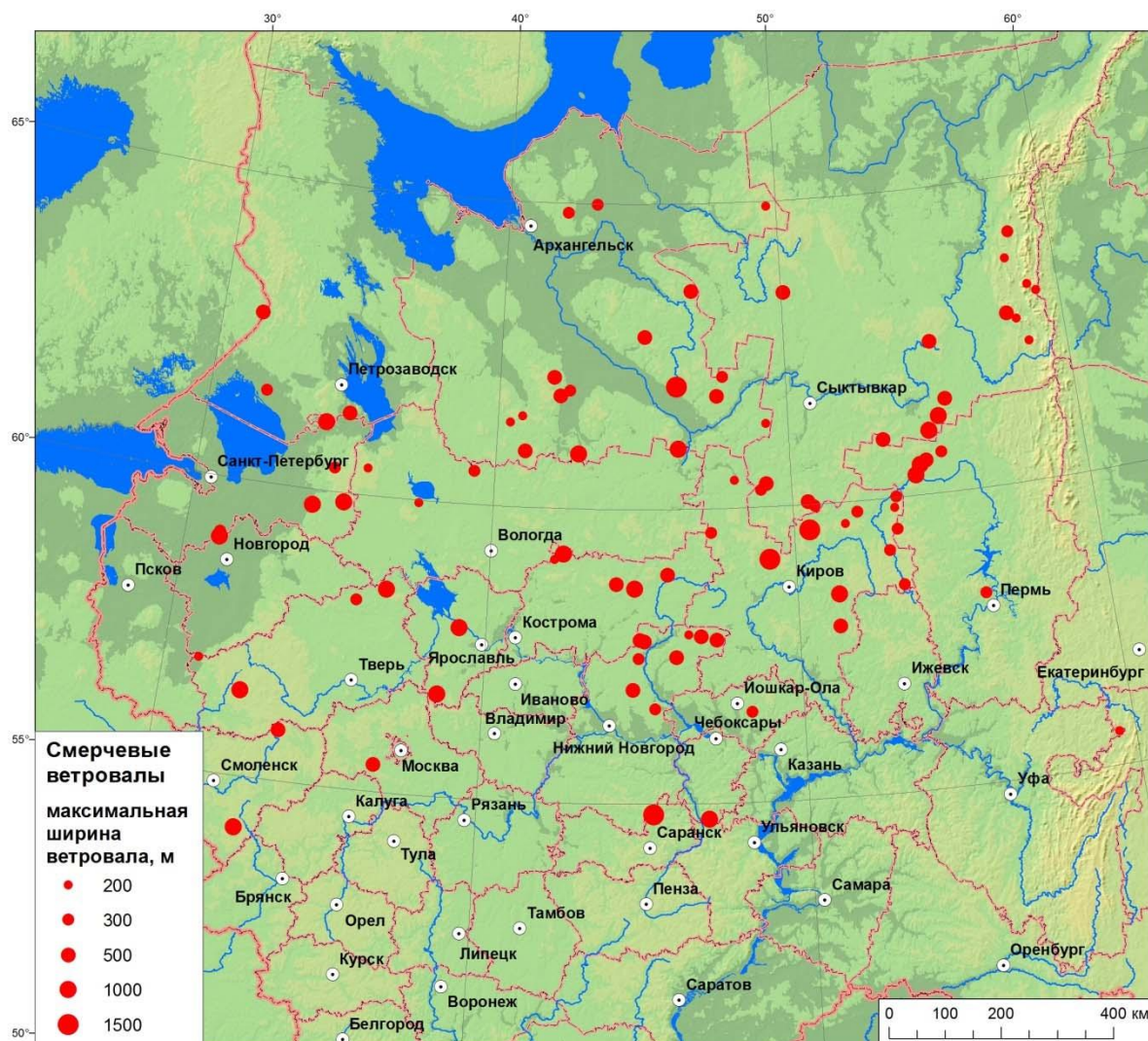


Рис. 1. Пространственное распределение смерчевых ветровалов в лесной зоне Европейской части России

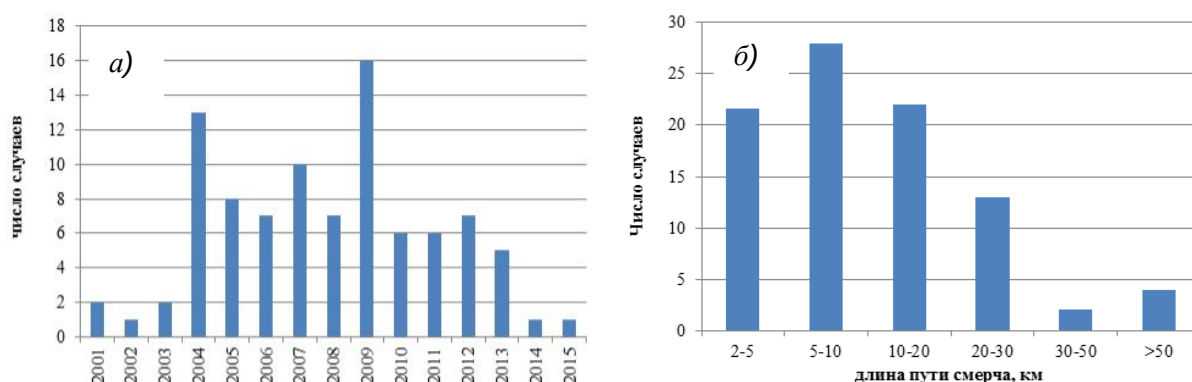


Рис. 2. Распределение выявленных случаев смерчей по годам (а) и по длине пути (б)

Большинство выявленных смерчевых ветровалов характеризуются протяженностью от 5 до 10 км (рис. 2, б) и максимальной шириной 100–200 м. У наиболее сильных смерчей длина пути превышала 50 км, а максимальная ширина смерчевых ветровалов достигала 1000 м и более. Наибольшую длину пути (80 км) имел смерч, прошедший в ночь с 7 на 8 августа 2012 г. через территорию Ленинградской и Вологодской областей. Наибольшей шириной полосы разрушений (до 1600 м) отличался смерч, прошедший 26.06.2008 г. через южные территории Архангельской области.

Заключение

Результаты идентификации смерчевых ветровалов в лесной зоне Европейской части России по данным Global Forest Change и многолетним рядам снимков LANDSAT показывают, что на их основе возможно получение объективной оценки пространственно-временного распределения случаев смерчей (в пределах лесной зоны). С применением предлагаемой методики планируется изучить пространственно-временное распределение смерчевых ветровалов в пределах всей лесной зоны Европейской части России и выполнить районирование изучаемой территории по повторяемости и возможной интенсивности смерчей. Кроме того, использование данных ДЗЗ позволит выявить приуроченность возникновения смерчей к элементам рельефа, ландшафтной структуры территории и типам землепользования.

Исследование проведено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-05-00245-а).

Список литературы

1. Снитковский А.И. Смерчи над территорией СССР // Метеорология и гидрология. 1987. № 9. С. 12–25.
2. Руководство по безопасности РБ-022-01. Рекомендации по оценке характеристик смерча для объектов использования атомной энергии. М.: Госатомнадзор РФ, 2001. 29 с.
3. Брюхань Ф.Ф., Ляхов М.Е., Погребняк В.Н. Смерчеопасные зоны в СССР и размещение атомных станций // Известия АН СССР. Сер. географическая. 1989. № 1. С. 40–48.
4. Петухов И.Н., Немчинова А.В. Ветровальные нарушения лесного покрова в Костромской области и на сопредельных территориях в 1984–2011 гг. // Лесоведение. 2014. № 6. С. 16–24.
5. Шихов А.Н. Оценка последствий стихийных природных явлений для лесных ресурсов Пермского края по многолетним рядам данных космической съемки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса. 2014. Т. 11. № 1. С. 21–30.
6. Peterson C.J. Catastrophic wind damage to North American forests and the potential impact of climate change // Science of the Total Environment. 2000. Vol. 262. P. 287–311.
7. Jedlovec G.J., Nair U. and Haines S.L. Detection of storm damage tracks with EOS data // Weather and Forecasting. 2006. Vol. 21. P. 249–267.
8. Hansen M.C., P.V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S.A. Turubanova, I.A. Tyukavina, D. Thau, S.V. Stehman, S.J. Goetz, T.R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C.O. Justice and J.R.G. Townshend. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // SCIENCE. 2013. Vol. 342. P. 850–853.
9. European severe weather database. URL: <http://www.eswd.eu/>