

Исследование последствий сильных шквалов и смерчей в Пермском крае с применением данных ДЗЗ

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 8

Эта страница опубликована в основном списке статей сайта по адресу <http://gis-lab.info/qa/windfalls-perm.html>

Шихов А.Н., географический факультет Пермского государственного университета.

Содержание

- [1 Введение](#)
- [2 Методы дешифрирования](#)
- [3 Результаты и их обсуждение](#)
- [4 Выводы](#)
- [5 Геоданные](#)

Введение

Смерчи и сильные шквалы относятся к числу опасных метеорологических явлений (ОЯ), способных повлечь значительный материальный ущерб. Как и все конвективные явления, смерчи и шквалы имеют локальный характер, и часто не фиксируются наблюдательной сетью, поэтому получение дополнительной объективной информации о них остается весьма актуальным. В первую очередь, это касается смерчей (в связи с их малой предсказуемостью и особой разрушительной силой). Каждый подтвержденный факт прохождения смерча в Уральском регионе представляет определенный научный интерес, прежде всего, для определения величины риска их возникновения.

За период с 1981 по 2012 гг. в Пермском крае наблюдалось не менее 59 случаев шквалов со скоростью ветра ≥ 24 м/с. Из них 36 случаев были зафиксированы сетью метеостанций и гидропостов. Не менее 23 случаев шквалов, нанесших материальный ущерб, не были отмечены наблюдательной сетью. Кроме того, подтверждено не менее трех случаев смерчей, которые нанесли ущерб, но также не были зафиксированы метеостанциями.

1. 29.06.1993 г. в Большесосновском районе прошел смерч со скоростью ветра 31 м/с (по косвенным оценкам). В результате были повреждены крыши домов, линии связи и электропередач, десятки гектаров леса, 4 человека получили травмы.
2. 24.05.2007 г. смерч (со скоростью ветра 31-33 м/с) наблюдался в с. Русский Сарс. Были частично разрушены кровли административных зданий и жилых домов, ущерб составил 494 т.р.
3. 30.08.2008 г. смерч прошел через дачный кооператив Алешиха в Краснокамском районе края, факт смерча подтвержден видеозаписью очевидцев. В результате были повреждены дачные домики, отключалась электроэнергия, был повалены деревья и опоры ЛЭП, был повален лес на площади 60 га.

Одним из основных видов ущерба от шквалов и смерчей в лесной зоне Европейской России и Урала являются массовые ветровалы, ущерб от которых часто превышает ущерб от лесных пожаров. Ниже в таблице 1 приведены данные о нескольких случаях шквалов и смерчей на Европейской территории России в период 2007-2012 г., в результате которых был нанесен ущерб лесным ресурсам. Исходя из этих данных, можно утверждать, что массовые сплошные ветровалы на больших площадях обычно связаны с особо сильными шквалами ≥ 28 м/с, или со смерчами.

Дата ОЯ	Место наблюдения ОЯ	Характеристика ОЯ	Данные о ветровалах
01.06.2007 г.	Башкортостан (Бирский, Дюртюлинский районы)	Шквал 30 м/с (МС Бирск), смерч	Площадь ветровала 8 тыс. га
13.06.2010 г.	Костромская, Ивановская области	Шкалы ≥ 28 м/с	Площадь ветровала 4,9 тыс. га
27.06.2010 г.	Костромская, Ярославская области	Шкалы 25-32 м/с (МС Нюксеница)	Длина ветровала 280 км, ширина до 30-40 км
30.07.2010 г.	Приозерский район Ленинградской области	Шквал 30 м/с (МС Сосново)	Площадь ветровала 50 тыс. га
18.07.2012 г.	Пермский край	Шкалы 24-28 м/с	Площадь ветровала более 8 тыс. га

Таблица 1. Некоторые случаи сильных шквалов, приведших к массовым ветровалам в лесах Европейской части России.

Ветровалы (прежде всего сплошные) эффективно дешифрируются по разновременным космическим снимкам среднего и высокого разрешения. Таким образом, существует возможность применения данных ДЗЗ в качестве источника актуальной и достоверной информации для выявления случаев прохождения смерчей и сильных шквалов, а также оценки их повторяемости в регионах с высокой залесенностью.

В данной работе рассмотрены методы и представлены предварительные результаты выявления и анализа случаев сильных шквалов и смерчей на территории Пермского края в период с 2001 по 2012 гг., выполненного на основе дешифрирования участков массовых ветровалов по данным ДЗЗ.

Методы дешифрирования

Целью данного исследования было выявление массовых ветровалов, связанных с прохождением сильных шквалов и смерчей на территории Пермского края в период с 2001 по 2012 гг. по данным ДЗЗ среднего и высокого разрешения; определение дат шквалов и смерчей; анализ выявленных случаев.

В качестве исходных данных использованы космические снимки LANDSAT-5 TM и LANDSAT-7 ETM+ за период с 1999 по 2012 гг., а также снимки высокого разрешения SPOT-4 и SPOT-5 за 2011-2012 гг. На основе снимков LANDSAT было выполнено выявление участков массовых сплошных ветровалов. Данные высокого разрешения использованы для уточнения контуров и пространственной структуры ветровалов, а именно для верификации результатов дешифрирования снимков LANDSAT.

Выбор исходных данных и методов дешифрирования должен выполняться с учетом специфики решаемой задачи. Для оперативного выявления крупных повреждений достаточно данных LANDSAT или UK-DMC2, для мониторинга ограниченной площади особо ценных лесов (с выявлением мелких контуров повреждений) может возникнуть необходимость заказа снимков сверхвысокого разрешения 1. В данном случае необходимость выполнения анализа за 10-ти летний период времени предопределяет выбор данных среднего разрешения LANDSAT TM/ETM+.

Для дешифрирования были использованы малооблачные снимки LANDSAT TM/ETM+ за периоды 1999-2002 гг., 2006-2007 гг. и 2010-2012 гг. При выявлении ветровалов 2012 года возникли проблемы с получением качественных (безоблачных) данных на ряд участков территории. Дешифрирование ветровалов по снимкам LANDSAT TM/ETM+ проведено с использованием двух методик:

1. Пороговая методика на основе разности коротковолнового вегетационного индекса с предварительным созданием маски леса. Данная методика имеет высокую эффективность при сопоставлении разновременных снимков с временным интервалом съемки не более 5 лет. Эффективность методики обусловлена тем, что при повреждении растительности, наряду со снижением фотосинтеза и уменьшением отражения в ближней инфракрасной (ИК) области спектра, происходит значительный рост отражательной способности в среднем ИК канале, связанный с

уменьшением содержания влаги в листьях (хвое). Индекс SWVI рассчитывается по формуле: $SWVI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$. Где NIR — спектральная яркость в ближней ИК зоне, SWIR — спектральная яркость в коротковолновой ИК-зоне. Для выявления ветровалов использовался пороговый критерий разности индекса SWVI ($\Delta SWVI$), равный 1,5 стандартных отклонений. Предварительно с помощью неуправляемой классификации IZODATA создавалась маска лесов. Полученные результаты подвергались фильтрации по минимальному значению площади (0,5 га) и автоматически векторизовались.

2. Создание мультитременных композитов из ближнего и среднего ИК-каналов разновременных снимков с последующей неуправляемой классификацией и выделением классов изменений. Данная методика в ряде случаев дает менее надежные результаты (возможен пропуск объектов), однако она более эффективна для снимков с разностью в дате съемки более 5 лет, так как обеспечивает выявление изменений вне зависимости от их давности.

Предварительно, вышеописанные методики были протестированы для участка, на котором факт наличия массовых ветровалов был известен априорно. В качестве такого участка рассмотрена территория Бирского и Дюртюлинского районов Башкортостана, где 1 июня 2007 г. прошел сильный шквал (30 м/с по данным метеостанции Бирск), в результате которого были повреждены тысячи гектаров леса. Использованы снимки LANDSAT за июль 2006 и август 2007 г. На данном примере установлено, что методика, основанная на классификации мультитременных композитов, позволяет качественно выявлять только сплошные ветровалы, а по разности индекса SWVI удастся определить также участки несплошного повреждения (имеющие значительную площадь). Пример применения методики выделения ветровалов по разности индекса SWVI приведен на рис. 1.

Полученные в результате автоматизированного дешифрирования векторные контуры классов изменений включают вырубку, гари, ветровалы и некоторое количество ложных объектов (соответствующих, как правило, нелесным участкам). Для определения причины повреждения, отделения ветровалов от других нарушений (вырубок, пожаров) одних спектральных признаков недостаточно. Необходимо учитывать геометрическую форму и текстуру объектов. Отделение ветровалов от вырубок и гарей выполнялось вручную, по характерным признакам. Таким характерным признаком ветровалов является значительная протяженность и отсутствие прямых углов (типичных для вырубок). Длина полосы ветровала, как правило, превышает ширину в 3-10 раз (у ветровалов связанных со шквалами), или в 20-50 раз (у ветровалов, связанных со смерчами).

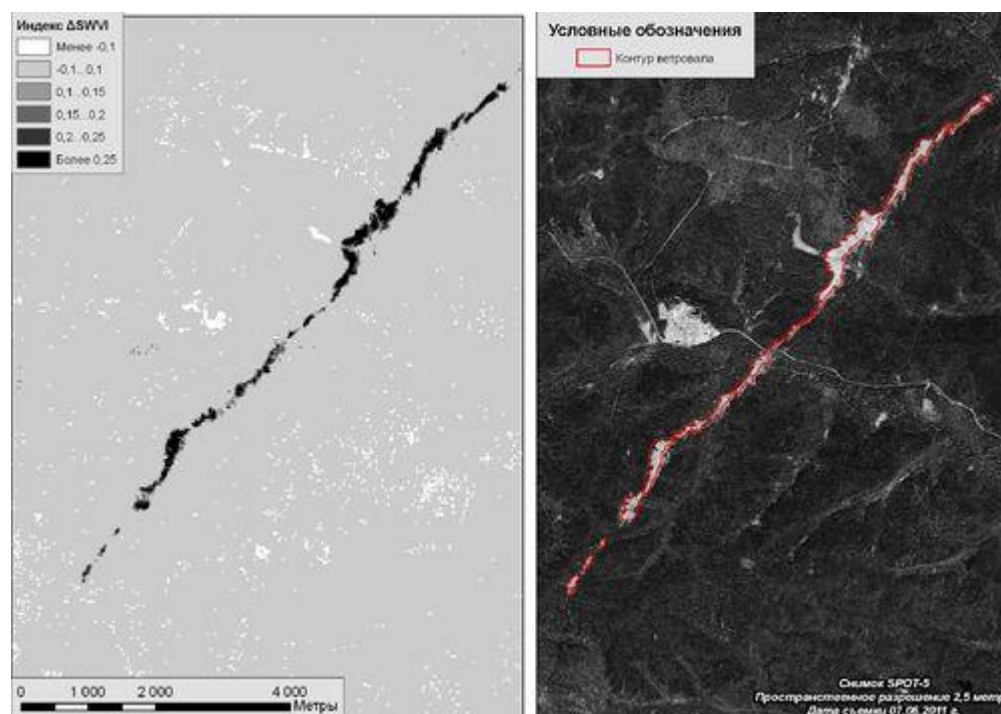


Рис. 1. Применение индекса $\Delta SWVI$ для выявления ветровала

Для верификации результатов и уточнения контуров ветровалов использованы панхроматические снимки SPOT-5 (пространственное разрешение 2,5 м), а также данные SPOT-4 (пространственное разрешение 10 и 20 м) за 2011 и 2012 гг. По снимкам высокого разрешения также была определена степень повреждения растительности на ветровалах.

Визуальный анализ снимков высокого разрешения позволяет (с определенной долей вероятности) установить, с каким опасным явлением — шквалом или смерчем — связано появление ветровала. Смерчевые ветровалы характеризуются рядом отличительных черт, которые перечислены ниже, и проиллюстрированы на рис. 2.

1. Длина ветровала L обычно превышает максимальную ширину M более чем в 15-20 раз.
2. Преобладает сплошной характер повреждения растительности.
3. Полоса повреждений растительности в начальной части вектора ветровала, как правило, расширяется, фрагментарное повреждение переходит в сплошное. В конечной части вектора ветровала снова появляются участки фрагментарных повреждений.
4. Направление вектора смерчевого ветровала может изменяться (в пределах 15-20°) в связи с изменением траектории движения смерча.

Для ветровалов, связанных со шквалами, типично сочетание нескольких крупных и большого числа мелких контуров повреждения растительности, мозаичность (особенно в зоне ослабления шквала). Крупные участки сплошного ветровала чаще расположены в его начальной части.

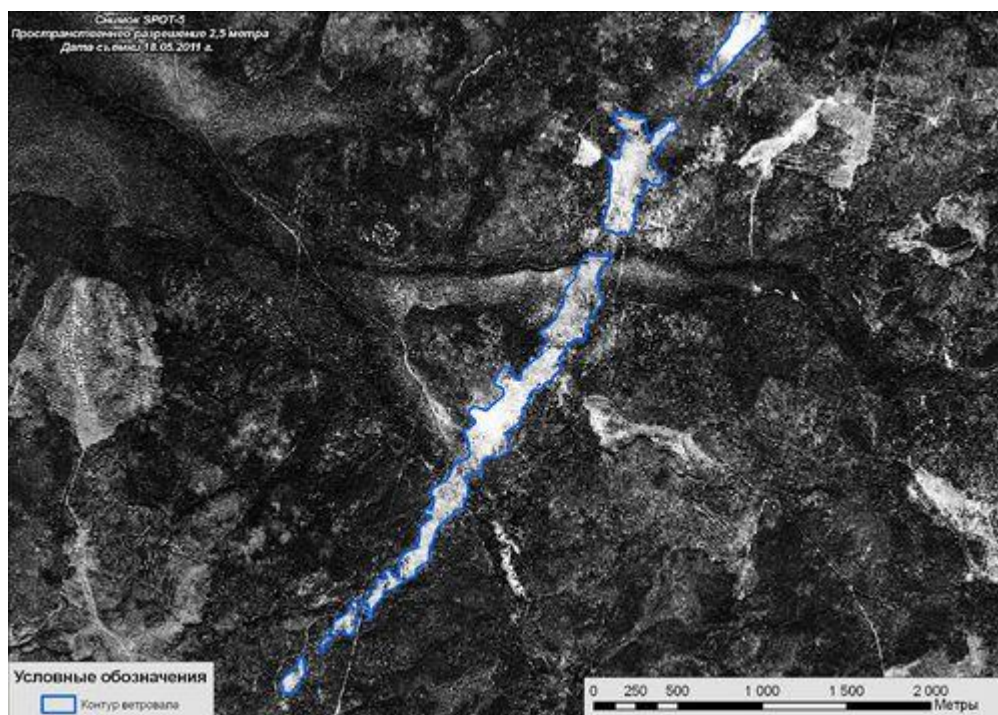


Рис. 2. Ветровал на территории Гайнского района, связанный с прохождением смерча 07.06.2009 г.

Результаты и их обсуждение

Всего на территории Пермского края и в сопредельных районах Республики Коми выявлено 16 участков массовых ветровалов (произошедших в период с 2001 по 2012 гг.) на общей площади более 11,5 тыс. га. Из них 5 участков связаны с сильным шквалом 18 июля 2012 г., и 6 — со смерчами и шквалами 7 июня 2009 г. Пространственное распределение участков массовых ветровалов показано на рисунке 3. В таблице 2 приведены основные геометрические характеристики участков ветровалов. Большинство участков массовых сплошных ветровалов расположены в северных районах Пермского края, где сохранились значительные

площади спелых и перестойных хвойных лесов, подверженных вывалу при сильных ветрах.

Значительный интерес представляет определение даты, когда наблюдались сильные шквалы и смерчи, приведшие к образованию ветровалов. Однако в ряде случаев определить дату опасного явления не представляется возможным по причине локального характера шквалов и смерчей и низкой плотности населения. С использованием космических снимков LANDSAT TM/ETM+ для каждого случая ветровала был установлен временной диапазон его появления (с точностью от нескольких дней до нескольких месяцев). Был выполнен анализ данных наземных метеорологических наблюдений, сведений об ОЯ и нанесенном ими ущербе, данных МРЛ за определенные периоды времени. По результатам анализа были установлены даты большинства ветровалов, а также подтверждены факты прохождения смерчей в Пермском крае 30.08.2008 г. и 07.06.2009 г.

Район обнаружения ветровала	Дата ОЯ	Тип ОЯ	Площадь ветровала, га	Длина ветровала, км	Наибольшая ширина, км	Площадь самого крупного участка, га	Направление, град
Косинский	18.07.2012 г.	Шквал	770	18	5,5	71	360
Красновишерский, Чердынский	18.07.2012 г.	Шквал	2622	47	17	148	10
Кочевский, Юрлинский	18.07.2012 г.	Шквал	3374	85	19	133	350
Гайнский	18.07.2012 г.	Шквал	907	20	11,5	45	345
Юрлинский	07.06.2009 г.	Смерч	141	14	0,3	30	25
Краснокамский	30.08.2008 г.	Смерч	60	5	0,2	41	70
Чердынский, вблизи пос. Чепечанка	От 29.08.2005 до 20.06.2006 г.	Смерч	126	14	0,25	108	60
Красновишерский, вблизи пос. Вая	18.07.2012 г.	Шквал	594	18	6,5	123	25
Республика Коми	07.06.2009 г.	Смерч	593	20	0,7	446	30
Республика Коми	07.06.2009 г.	Смерч	445	18	0,6	286	30
Гайнский, 10 км к ЮВ от пос. Лель	07.06.2009 г.	Смерч	124	8	0,3	78	15
Гайнский	07.06.2009 г.	Смерч	1263	42	0,6	178	30
Гайнский	От 30.04.2005 до 20.06.2006 г.	Шквал	117	5	0,6	80	25
Горнозаводский, заповедник "Басеги"	09.08.2003 г.	Шквал	449	13,7	0,9	385	40
Гайнский, 2 км к СВ от пос. Лель	07.06.2009 г.	Шквал	51	3,5	0,3	18	20
Гайнский, 25 км к СВ от пос. Керосс	От 08.08.2004 до 26.07.2005	Смерч	227	16	0,3	51	20

Таблица 2. Геометрические характеристики участков массовых ветровалов, выявленных по разновременным космическим снимкам

Во второй половине дня 7 июня 2009 г. сразу на нескольких метеостанциях Пермского края были зафиксированы опасные конвективные явления. На метеостанции Большая Соснова в 11.03 по времени UTC выпал град диаметром 33 мм. По данным метеорологического радиолокатора (МРЛ) в этом районе наблюдалась конвективная ячейка с градом и высотой верхней границы радиоэха 13 км, которая смещалась в направлении Верещагино. На метеостанции Верещагино в период между 11.00 и 12.00 ВСВ наблюдателем зафиксирован смерч, который мог быть связан с той же конвективной системой. На гидропосту Усть-Игум отмечен шквал 25 м/с. В Усольском районе (по результатам обследования, проведенного начальником МС Березники) прошел шквал со скоростью ветра не менее 27 м/с. В Лысьве и Березниках наблюдались шквалы 19-20 м/с, и град, в Перми — шквал 20 м/с, в Ножовке — шквал 24 м/с. По данным правительства Пермского края, значительный ущерб был нанесен в Гайнском районе, в населенных пунктах Кебраты, Шордын, Сергеевский и Касимовка.

По данным космической съемки, на территории Гайнского и Юрлинского районов и сопредельных районов Республики Коми выявлены сплошные ветровалы на общей площади более 2,5 тыс. га. Все контуры ветровалов верифицированы по снимкам высокого разрешения SPOT-5 за май-июль 2011 г. Большая часть ветровалов имеет, вероятно, смерчевое происхождение, т.е. соответствует всем обозначенным выше критериям ($L \gg M$, сплошной характер повреждений, отсутствие мозаичности и др.). Ветровалы впервые обнаружены на снимках LANDSAT за 20.06.2009 и 14.07.2009 г., по снимку за май 2009 г. ветровалы не выявлены. Сопоставив данные об ущербе от опасных явлений погоды в Гайнском районе 07.06.2009 г. с полученными контурами ветровалов, можно утверждать, что на исследуемой территории прошли не менее трех смерчей, общая протяженность полос ветровала от них превышает 90 км. Контуры смерчевых ветровалов июня 2009 года попадают практически на одну прямую линию. Таким образом, все они могли быть связаны с прохождением одной конвективной системы суперячейкового типа.

Первый смерчевый ветровал зафиксирован в западной части Юрлинского района, длина его составляет 14 км, а ширина до 200 м. Наиболее мощный смерч прошел по территории Гайнского района. Ширина полосы ветровалов, связанной с ним, составляет от 100 до 600 м., длина – 42 км, площадь ветровала 1263 га (с резким преобладанием сплошного повреждения растительности). Смерч прошел в непосредственной близости от пос. Кебраты и Шордын, в которых было повреждено около 20 домов. Ветровал от данного смерча вблизи пос. Кебраты показан на рис. 4.

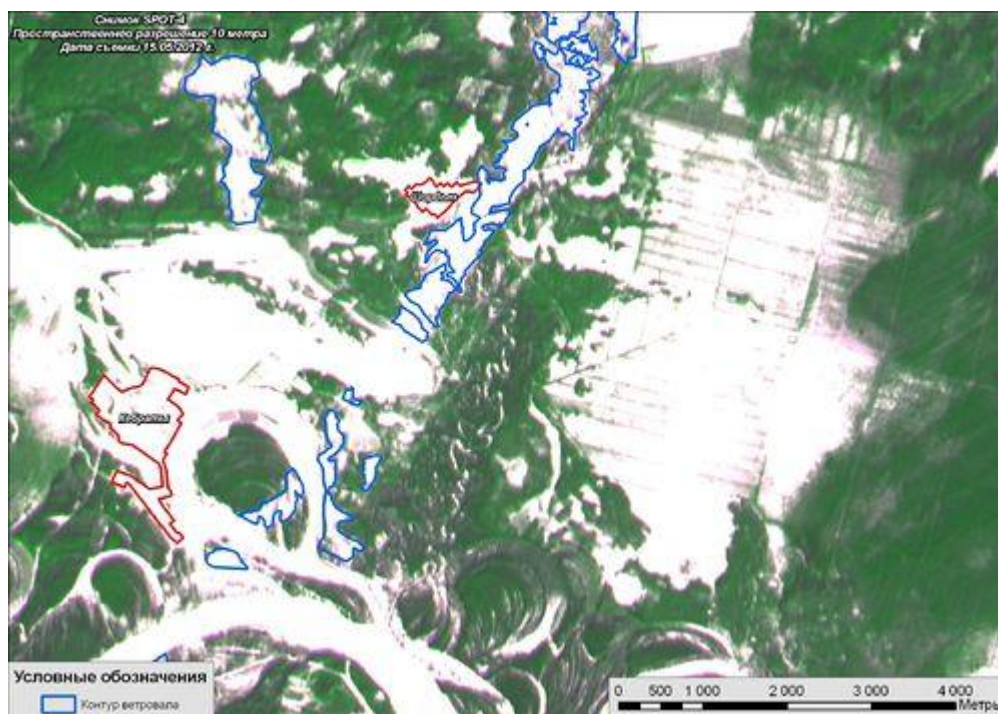


Рис. 4. След прохождения смерча 07.06.2009 г. в районе пос. Кебраты и Шордын Гайнского района.

Северо-восточнее пос. Шордын полоса ветровала разбивается на несколько фрагментов, которые также характеризуются сплошным характером повреждений. На несколько десятков километров севернее, в Республике Коми, сформировался еще один смерч, длина пути которого достигала 40 км. Полоса ветровала в хвойных лесах местами достигает ширины 0,5-0,6 км.

Случай образования нескольких смерчей в северных районах Пермского края 7 июня 2009 г. является уникальным, и заслуживает более подробного исследования. Ущерб от смерчей был незначителен лишь по причине того, что они наблюдались на малонаселенной территории.

В публикациях 2, 3 перечислены типичные условия, способствующие формированию смерчей в Европейской России:

1. Прохождение контрастного холодного фронта второго рода с волновыми возмущениями
2. Значительная конвективная неустойчивость атмосферы, адвекция холода в средней тропосфере.
3. Высокая скорость ветра в средней тропосфере (до 30 м/с и более)
4. В пограничном слое подток с юго-востока влажного и теплого воздуха, в средней тропосфере адвекция более сухого воздуха с юго-запада
5. Наличие задерживающих слоев, при разрушении которых энергия неустойчивости реализуется «взрывным» образом

Анализ синоптических процессов 7 июня 2009 г., проведенный на основе архивных приземных и высотных карт, космических снимков MODIS, показывает, что большинство перечисленных условий были соблюдены. Наиболее значимыми факторами являются холодный фронт с волнами и температурными контрастами более 10° и высокая скорость ветра в средней тропосфере (до 27 м/с). Стоит также отметить, что в схожей синоптической ситуации сильные шквалы > 30 м/с и смерчи в северных районах Европейской России также наблюдались на юго-востоке Архангельской области 15.06.2009 г.

Выводы

В результате проведенного исследования выявлены участки массовых сплошных ветровалов на территории Пермского края и сопредельных районов Республики Коми, среди которых 8 участков, вероятно, связаны с прохождением смерчей. Выполнено сопоставление полученных данных о ветровалах с данными об опасных явлениях погоды. Установлено, что в большинстве случаев локальные сильные шквалы, наблюдающиеся на территории Пермского края, не приводят к массовым ветровалам в лесах. Подтверждены случаи смерчей в Пермском крае 07.06.2009 г. и 30.08.2008 г.

Геоданные

Данные по ветровалам, выявленным на территории Пермского края за период с 2001 по 2012 гг.

<http://data.gis-lab.ru/windfalls-perm/windfalls-perm-2001-2012.zip>

Описание данных

Формат и геометрия: ESRI Shapefile, полигоны.

Лицензия: [Creative Commons «Attribution» 3.0 \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).

Кодировка атрибутивной таблицы: Windows-1251 (CP1251).

Система координат: географическая, WGS84.

Структура атрибутивных данных

Название поля	Содержание
Scene1	Идентификатор снимка, использованного при сопоставлении, на котором данный объект отсутствует

Scene2	Идентификатор сцены Landsat, по которой выявлен данный объект
DATA_SPOT4	Дата снимка SPOT4, использованного для анализа
DATA_SPOT5	Дата снимка SPOT5, использованного для анализа
Phen_data	Дата смерча или шквала, с которым связано появление ветровала
Phen_type	Тип явления (шквал или смерч)

Использованная литература

1. Крылов А.М., Владимирова Н.А. Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки // Геоматика, 2011, № 3. С. 53-58.
2. Васильев А.А., Песков Б.Е., Снитковский А.И. Смерчи 9 июня 1984 года. Электронный ресурс <http://meteocenter.net/meteolib/tornado1984.htm>
3. Дмитриева Т.Г., Бухаров М.В., Песков Б.Е. Анализ условий возникновения сильных шквалов по спутниковой и прогностической информации // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса, 2011, Т. 8, № 3, С. 244-250.

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 8

Последнее обновление: 2014-05-15 01:46

Дата создания: 9.03.2013

Автор(ы): [Андрей Шихов](#)