

Processes in the Environs of the City of Kirov // Fluid Dynamics. 2011. Vol.46, № 2. P. 332–339.

44. *Shvarts K.G., Shklyayev B.A.* Modeling of mesoscale atmospheric processes over a large town // Russian Meteorology and Hydrology. 1994. № 9. P. 21–29.

45. *Schwarz K.G.* Mesa-Scale Flows over Large City // Progress in Fluid Flow Research: Turbulence and Applied MHD // AIAA Progr. Ser. 182. 1998. P. 271–279.

46. *Shvarts K.G., Shklyayev V.A.* Modeling the pollution transport in the free atmosphere with a quasi-3D model // Russian Meteorology and Hydrology. 2000. № 8. P. 18–26.

47. *Shvarts K.G., Shklyayev V.A.* Role of vortical structure generated by a powerful heat source in propagation of an impurity in atmosphere // International Conference «Fluxes and structures in Fluids», July 2–7, 2007. St.-Petersburg, Selected Papers, 2008. P. 185–190.

48. *Zimin V.D., Levina G.V., Moiseev S.S., Shvarts K.G.* Modeling of large-scale vortical processes in a rotating layer heated from below // Sov. Phys. Dokl. 1990. Vol.35, № 6. P. 563–564.

49. *Zimin V.D. etc.* A physical mechanism of large-scale structure generation in turbulent convection // Fluid Dynamics. 1996. Vol. 31, № 5. P. 563–565.

K.G. Shvarts

MODELING OF LARGE-SCALE AND MESO-SCALE PROCESSES IN THE BAROCLINIC ATMOSPHERE AND OCEAN

The paper presents a review of the works on the study of large-scale and meso-scale advective processes in the atmosphere and the ocean using the original quasi-two-dimensional models, which are the development of the theory of the «shallow water».

Key words: advection; large-scale flows; meso-scale processes; the transfer of impurities.

Konstantin G. Shvarts, Doctor of Physics and Mathematics, Professor of Department of Applied Mathematics and Computer Sciences, PermState National Research University; 15, Bukireva, Perm, Russia, 614990; kosch@psu.ru

УДК 551.589.6

А.Н. Шихов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ СИЛЬНЫХ ШКВАЛОВ И СМЕРЧЕЙ В ПЕРМСКОМ КРАЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В статье рассматриваются возможности применения данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для анализа последствий шквалов и смерчей, не зафиксированных наблюдательной сетью. Описаны методы и приведены результаты выявления массовых ветровалов в лесах Пермского края за период с 2001 по 2012 г. Проанализирован случай возникновения смерчей на северо-западе Пермского края 07.06.2009 г.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования Земли; опасные явления погоды; шквалы; смерчи; ветровалы.

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.

© Шихов А.Н., 2013

Андрей Николаевич Шихов, ассистент кафедры картографии и геоинформатики; Пермского государственного национального исследовательского университета; 614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15; and3131@inbox.ru

За период с 1981 по 2012 г. в Пермском крае наблюдалось не менее 59 случаев шквалов со скоростью ветра ≥ 24 м/с (если шквалы, охватившие большую часть территории края 22.05.2001 г. и 18.07.2012 г., принимать за один случай). 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 двух случаев смерчей, которые нанесли ущерб, но также не были зафиксированы метеостанциями. 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 электропередачи, десятки гектаров леса, 4 чел. получили травмы [1]. 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 тыс. руб. [1; 7].

В работе [12] приведены сведения о восьми смерчах, наблюдавшихся в Уральском регионе. По данным многолетних наблюдений повторяемость смерчей на Урале примерно в 10 раз ниже повторяемости шквалов [12]. Возможно, что данное соотношение занижено, так как смерчи, в силу своего локального характера, практически никогда не фиксируются сетью метеостанций. В то же время смерчи обладают особой опасностью и разрушительной силой, что делает актуальным получение объективных данных об их повторяемости. Каждый подтвержденный факт прохождения смерча в Уральском регионе представляет определенный научный интерес, прежде всего для определения величины риска их возникновения. Также подобные данные могут быть использованы для верификации существующих схем краткосрочного прогноза сильных шквалов и смерчей (например, [6]).

Одним из основных видов ущерба от шквалов и смерчей в лесной зоне Европейской России и Урала являются массовые ветровалы. В табл. 1 приведены данные о нескольких случаях шквалов и смерчей на европейской территории России в период 2007–2012 гг., 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.

Ветровалы (прежде всего сплошные) эффективно дешифрируются по разновременным космическим снимкам среднего и высокого разрешения [9;13;14]. Таким образом, существует возможность применения данных ДЗЗ в качестве источника актуальной и достоверной информации для выявления случаев прохождения смерчей и сильных шквалов и оценки их повторяемости в регионах с высокой залесенностью.

Таблица 1

**Некоторые случаи сильных шквалов, приведших к массовым ветровалам
в лесах Европейской России**

<i>Дата ОЯ</i>	<i>Место наблюдения ОЯ</i>	<i>Характеристика ОЯ</i>	<i>Данные о ветровалах</i>
01.06.2007 г.	Башкортостан (Бирский, Дюртюлинский районы)	Шквал 30 м/с (МС Бирск), смерч	Площадь ветровала 8 тыс. га [5]
13.06.2010 г.	Костромская, Ивановская области	Шквалы ≥ 28 м/с	Площадь ветровала 4,9 тыс. га [13]
27.06.2010 г.	Костромская, Ярославская области	Шквалы 25–32 м/с (МС Нюксеница)	Длина ветровала 280 км, ширина до 30–40 км [13]
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	Шквалы 24–28 м/с	Площадь ветровала более 8 тыс. га [16]

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 г., выполненного на основе дешифрирования участков массовых ветровалов по данным ДЗЗ.

Материалы и методика исследования

Целью данного исследования было выявление массовых ветровалов, связанных с прохождением сильных шквалов и смерчей на территории Пермского края в период с 2001 по 2012 г., по данным ДЗЗ среднего и высокого разрешения; определение дат опасных явлений; анализ выявленных случаев. Предложенная методика в перспективе может быть использована при проведении оценки риска возникновения смерчей, в частности, в качестве дополнения к методике [15], для определения повторяемости смерчей и расчета средней площади зоны разрушений от смерча.

В качестве *исходных данных* для проведения исследования использованы космические снимки LANDSAT-5 TM и LANDSAT-7 ETM+ за период с 1999 по 2012 г.; а также снимки высокого разрешения SPOT-4 и SPOT-5 за 2011–2012 г. На основе снимков LANDSAT были выявлены участки массовых сплошных ветровалов. Данные высокого разрешения использованы для уточнения контуров и пространственной структуры ветровалов, а также для верификации результатов автоматизированного дешифрирования.

Методы дешифрирования ветровалов по космическим снимкам рассматриваются в работах [8;9;13;14]. Наиболее полный анализ этой проблемы приведен в статье [9]. Выбор исходных данных и методов дешифрирования должен выполняться с учетом специфики решаемой задачи. В данном случае необходимость выполнения анализа за 10-летний период времени предопределила выбор данных среднего разрешения LANDSAT TM/ETM+ и применение производительных автоматизированных методов дешифрирования.

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 г. 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, а также выполнялось отсеечение облачности и теней. Полученные результаты подвергались фильтрации по минимальному значению площади (0,5 га) и автоматически векторизовались.

2. Создание мультिवременных 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.

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 [5]. Используются снимки LANDSAT за июль 2006 и август 2007 г. На данном примере установлено, что методика, основанная на классификации мультिवременных 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) спектральных признаков

недостаточно. Необходимо учитывать геометрическую форму и текстуру объекта. 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).

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 °С) 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.

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 г.), 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 рис. 3. В табл. 2 приведены основные геометрические характеристики участков ветровалов. Большинство участков массовых сплошных ветровалов расположено в северных районах Пермского края, где сохранились значительные площади спелых и перестойных хвойных лесов, подверженных вывалу при сильных ветрах.

При сопоставлении данных о сильных шквалах и смерчах, наблюдавшихся в Пермском крае в период с 2001 по 2012 г. с полученными данными о расположении ветровалов установлено, что в большинстве случаев шквалы на территории края не приводят к массовому повреждению лесных массивов. Однако при выполнении подобного сопоставления необходимо учитывать низкую залесенность южных и западных районов края, в результате чего ветровалы в этих районах могут не наблюдаться даже при прохождении особо сильных шквалов. За 11 лет в Пермском крае зафиксировано только два случая опасных явлений погоды, зафиксированных одновременно на нескольких метеостанциях, повлекших значительный материальный ущерб и вызвавших массовые ветровалы в лесных массивах: шквалы 18.07.2012 г. и смерчи 07.06.2009 г. Анализ условий развития и последствий шквалов 18 июля 2012 г. приведен в работе [16]. В рамках данного исследования наибольший интерес для нас представляют случаи смерчей, прежде всего необычный для Уральского региона случай прохождения нескольких смерчей 7 июня 2009 г.

По данным ДЗЗ, 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 снимке LANDSAT за 20.06.2009 г., по снимку за май 2009 г. ветровалы не выявлены. Сопоставив данные об ущербе от ОЯ в Гайнском районе 07.06.2009 г. с полученными контурами ветровалов, можно утверждать, что на исследуемой территории прошло не менее трех смерчей, общая протяженность полос ветровала от них превышает 90 км. Контуры смерчевых ветровалов июня 2009 г. попадают практически на одну прямую линию. Таким образом, все они могли быть связаны с прохождением одной конвективной системы суперячейкового типа.

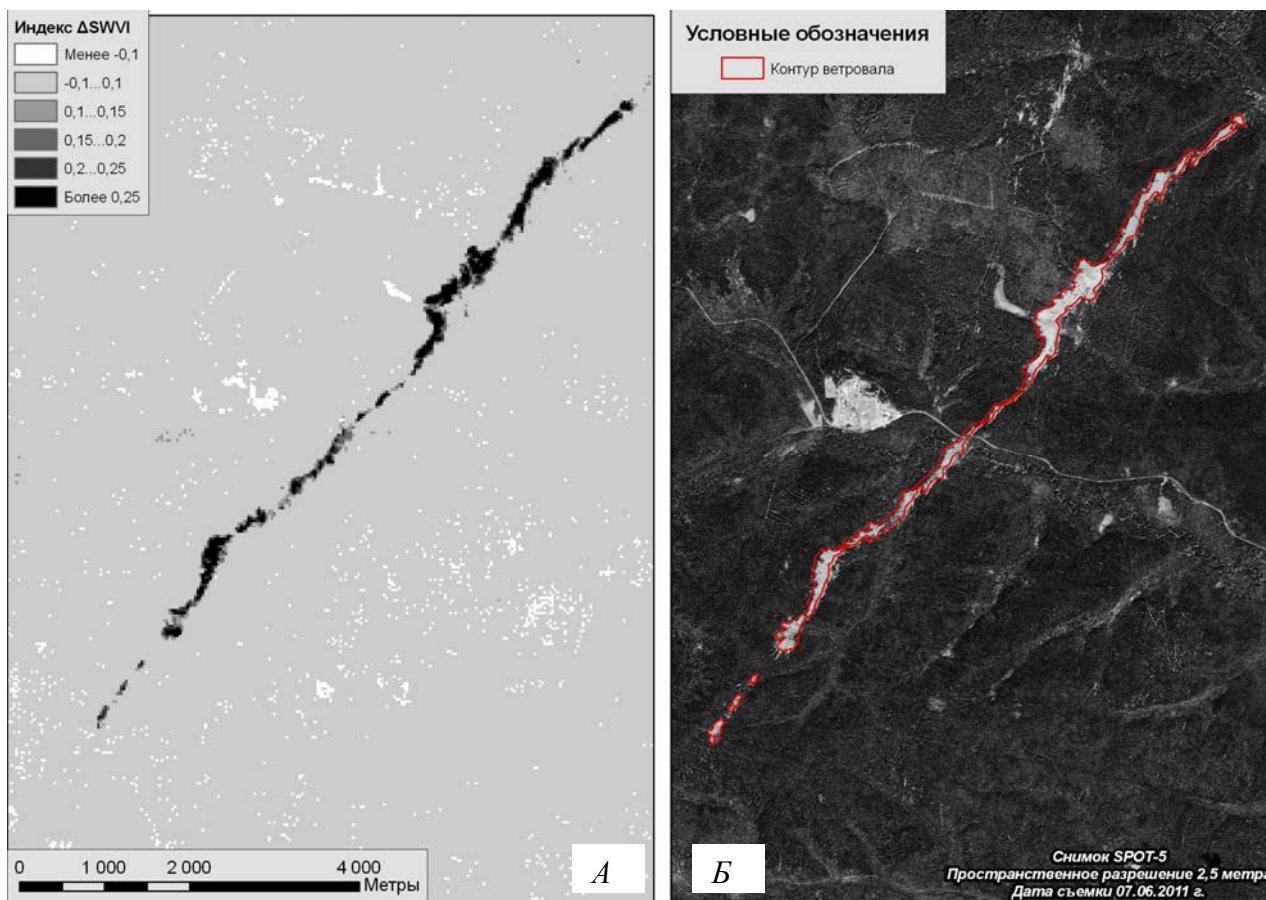


Рис. 1. Применение индекса $\Delta SWVI$ для выявления ветровала: *А* – растр вегетационного индекса $\Delta SWVI$; *Б* – детальный снимок той же территории

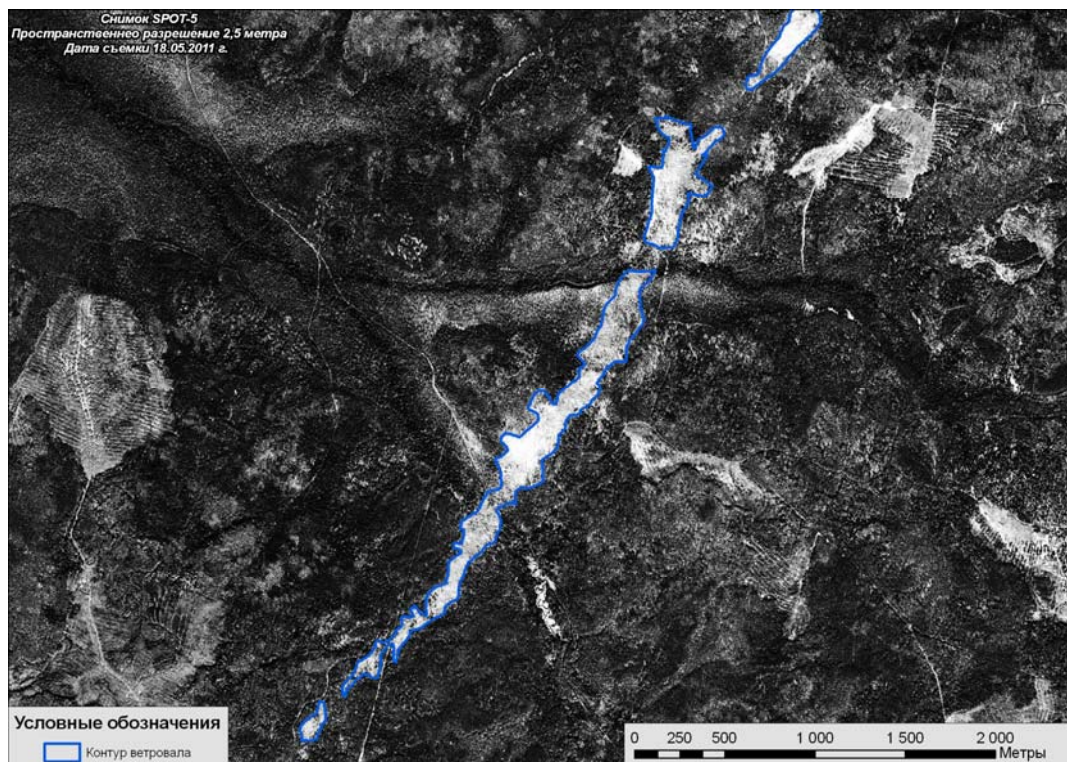


Рис. 2. Ветровал на территории Гайнского района, связанный с прохождением смерча 07.06.2009 г.

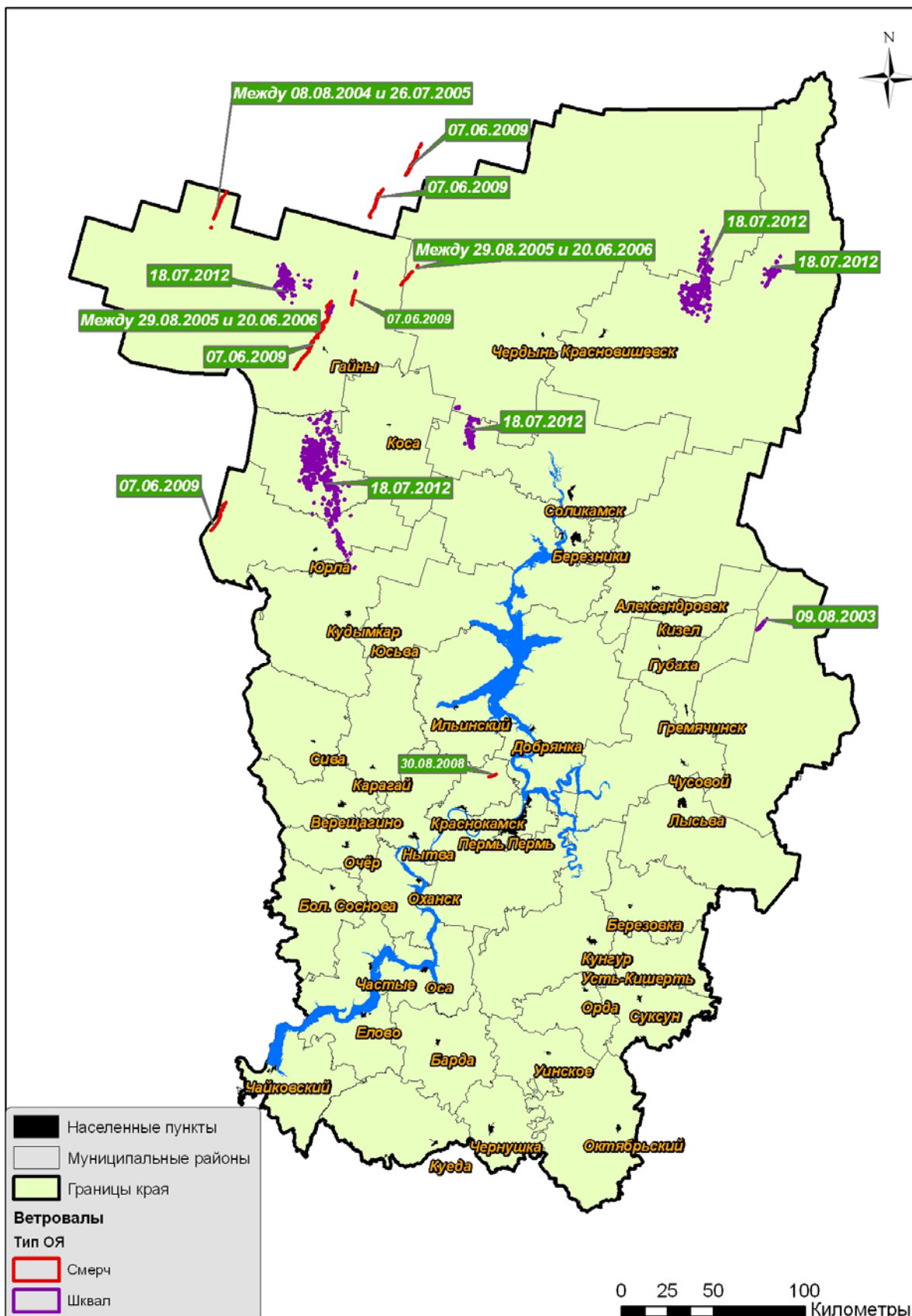


Рис. 3. Пространственное распределение участков массовых сплошных ветровалов на территории Предуралья, выявленных за период 2001–2012 гг.

Таблица 2

**Геометрические характеристики участков массовых ветровалов, выявленных
по разновременным космическим снимкам**

<i>Район обнаружения ветровала</i>	<i>Дата ОЯ</i>	<i>Тип ОЯ</i>	<i>Площадь ветровала, га</i>	<i>Длина ветровала, км</i>	<i>Наибольшая ширина, км</i>	<i>Площадь самого крупного участка, га</i>	<i>Направление, град.</i>
Косинский	18.07.2012 ¹	Шквал	770	18	5,5	71	0
Красновишерский Чердынский	18.07.2012 ¹		2622	47	17	148	10
Кочевский, Юрлинский	18.07.2012 ¹		3374	85	19	133	350
Гайнский	18.07.2012 ¹		907	20	11,5	45	345
Юрлинский (западная часть)	07.06.2009 ²	Смерч	141	14	0,3	30	25
Краснокамский	30.08.2008 ³		60	5	0,2	41	70
Чердынский, вблизи пос. Чепечанка	29.08.2005 – 20.06.2006 ²	Смерч	126	14	0,25	108	50
Красновишерский, вблизи пос. Вая	18.07.2012 ¹	Шквал	594	18	6,5	123	25
Республика Коми	07.06.2009 ²	Смерч	593	20,0	0,70	446	30
Республика Коми	07.06.2009 ²		445	18,0	0,60	286	30
Гайнский, 10 км к ЮВ от пос. Лель	07.06.2009 ²		124	8,0	0,30	78	15
Гайнский	07.06.2009 ²		1263	42,0	0,60	178	30
Гайнский	30.04.2005 – 20.06.2006 ²	Шквал	117	5,0	0,60	80	25
Горнозаводский, территория ГПЗ «Басеги»	09.08.2003 ⁴		449	13,7	0,90	385	40
Гайнский, 2 км к СВ от пос. Лель	07.06.2009 ²		51	3,5	0,30	18	20
Гайнский, 25 км к СВ от пос. Керосс	08.08.2004– 26.07.2005 ⁵	Смерч	227	16,0	0,30	51	20

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 посёлков Кебраты и Шордын, в которых было повреждено около 20 домов. Ветровал от данного смерча вблизи пос. Кебраты показан на рис. 4.

¹ Дата ветровала определена по данным Министерства лесного хозяйства Пермского края [10].

² Дата ветровала определена на основе информации в СМИ и подтверждена по ДЗЗ [11].

³ Дата ветровала определена по информации очевидцев и подтверждена по ДЗЗ.

⁴ Дата ветровала определена по сообщениям сотрудников заповедника «Басеги» и подтверждена по ДЗЗ.

⁵ Точная дата ветровала не установлена.

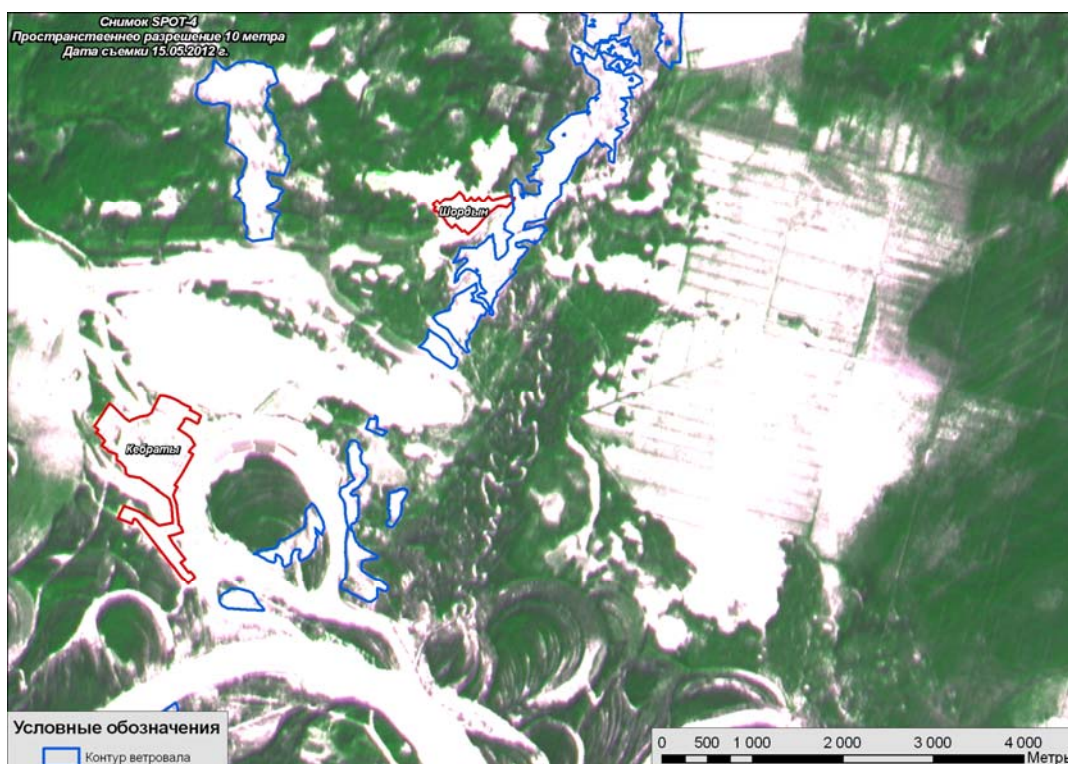


Рис. 4. След прохождения смерча 07.06.2009 г. в районе посёлков Кебраты и Шордын Гайнского района

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 достигает 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.

Большое количество публикаций (среди которых можно выделить [2;15]) посвящено синоптическим предпосылкам возникновения смерчей в Европейской России. В данных работах перечислены условия, при сочетании которых существует возможность развития смерчей:

- Прохождение контрастного холодного фронта второго рода с волновыми возмущениями.
- Значительная конвективная неустойчивость атмосферы, адвекция холода в средней тропосфере.
- Высокая скорость ветра в средней тропосфере (до 30 м/с и более).
- В пограничном слое подток с юго-востока влажного и теплого воздуха, в средней тропосфере адвекция более сухого воздуха с юго-запада.
- Наличие задерживающих слоев, при разрушении которых энергия неустойчивости реализуется «взрывным» образом.
- 7 июня 2009 г. погоду на востоке ЕТР определял углубляющийся южный циклон, который сформировался 6 июня на полярном фронте в районе Каспийского моря. Центр циклона смещался с западных районов Татарстана через Кировскую область на Республику Коми. Давление в центре циклона к 12.00 ч ВСВ 7 июня понизилось до 1004 гПа, барическая тенденция была отрицательной (–2,3 гПа/3ч). Большая часть территории Пермского края в первой половине дня оказалась в теплом секторе циклона, куда с южными потоками выносился тропический воздух с температурой на изобарической поверхности 850 гПа до +18 °С. Максимальная температура воздуха в южных и восточных районах края повышалась до +32 °С, а в Зауралье – до +35 °С.

– Над Удмуртией и Кировской областью располагался меридионально ориентированный холодный фронт с волновыми возмущениями. Фронт характеризовался большими температурными контрастами – на уровне 850 гПа 8–10 °С, в поле приземной температуры 14 °С. Во второй половине дня через центральные и северные районы Пермского края переместился с высокой скоростью

частный волновой циклон, сформировавшийся на данном фронте. С его прохождением было связано развитие интенсивной конвекции. К 15.00 ч ВСВ вся территория края оказалась за холодным фронтом.

В средней тропосфере над востоком ЕТР господствовал юго-западный воздушный поток в передней части глубокой высотной ложбины, ось которой была ориентирована с Кольского полуострова на Среднюю Волгу. Высотная фронтальная зона проходила со Среднего Поволжья на Северный Урал, территория Пермского края находилась на ее антициклонической стороне, в зоне расходимости изогипс. Расходимость воздушных течений в средней тропосфере, на фоне сходимости в пограничном слое, способствовала развитию конвекции.

По данным радиозондирования атмосферы в Перми в 12.00 ч ВСВ 7 июня в средней тропосфере максимальная скорость ветра достигала 27 м/с (на уровне 554 гПа), а сумма скоростей ветра на поверхностях 850, 700 и 500 гПа составляла 58 м/с. Сдвиг ветра в момент радиозондирования в 12 ч ВСВ отсутствовал, так как в этот момент первый холодный фронт уже прошел через Пермь, и в приземном барическом поле сказывалось влияние слабого промежуточного гребня. Однако в теплом секторе циклона в северных районах края, в приземном слое сохранялся подток с юго-востока теплого воздуха, в то время как ведущий поток на высотах имел юго-западное направление.

По данным МРЛ, установленного в аэропорту Большое Савино, в период с 15.00 по 19.00 местного времени над территорией Уральского Прикамья развивалась интенсивная конвекция. Конвективные ячейки с градом и высотой верхней границы радиоэха 13 км зафиксированы в районе Большой Сосновы, Лысьвы и западнее Кудымкара. Территория Гайнского района находится за пределами зоны радиовидимости МРЛ, в связи с этим зафиксировать конвективную систему, с которой были связаны смерчи в данном районе, не представлялось возможным.

Таким образом, 7 июня 2009 г. наблюдалось сочетание нескольких условий, благоприятствующих развитию опасных конвективных явлений. Наиболее значимым из них является динамический фактор (холодный фронт с волнами и температурными контрастами более 10°; высокая скорость ветра в средней тропосфере). Стоит также отметить, что в схожей синоптической ситуации сильные шквалы > 30 м/с и смерчи в северных районах Европейской России уже наблюдались (на юго-востоке Архангельской области 15.06.2009 г.) [4].

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. Проанализирован необычный для Уральского региона случай развития нескольких смерчей на северо-западе Пермского края 07.06.2009 г. Установлено, что синоптические условия в этот день были благоприятны для развития смерчей, однако этот случай не является уникальным для северных районов Европейской России.

Библиографический список

1. База данных об опасных гидрометеорологических явлениях Единой системы информации об обстановке в Мировом Океане (ЕСИМО). URL: <http://data.oceaninfo.ru/applications/disaster/index.jsp?&sortBy=region> (дата обращения: 01.02.2013).
2. Васильев А.А., Песков Б.Е., Снитковский А.И. Смерчи 9 июня 1984 года. URL: <http://meteocenter.net/meteolib/tornado1984.htm> (дата обращения: 01.02.2013).
3. Васильев Е.В., Лукьянов В.И., Найшуллер М.Г. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в июне 2009 г. // Метеорология и гидрология. 2009. №9. С. 109–126.
4. Грищенко И.В. Шквалы и смерчи на территории Архангельской области и Ненецкого автономного округа // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия Естественные науки. 2009. № 4. С. 5–10.

5. *Дмитриева Т.Г.* Эволюция и движение очагов кучево-дождевой облачности по спутниковым данным в случаях сильных шквалов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из Космоса. 2010. Т. 1, № 7. С. 83–91.

6. *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.

7. *Климатические особенности 2007 года* (по материалам Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды). URL: <http://new.permecology.ru/report/report2007/2.html>.

8. *Королева Н.В., Еришов Д.В.* Оценка погрешности определения площадей ветровалов по космическим изображениям высокого пространственного разрешения LANDSAT-TM // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т.9, № 1. С. 80–86.

9. *Крылов А.М., Владимирова Н.А.* Дистанционный мониторинг состояния лесов по данным космической съемки // Геоматика. 2011. № 3. С. 53–58.

10. *Министерство лесного хозяйства Пермского края.* URL: www.les.permkrai.ru (дата обращения: 01.02.2013).

11. *Министерство по делам Коми-Пермяцкого округа Пермского края.* URL: <http://www.minkpo.permkrai.ru/node/99> (дата обращения: 01.02.2013).

12. *Опасные явления погоды на территории Сибири и Урала.* Л.: Гидрометеоиздат, 1987. Ч.3. 200 с.

13. *Петухов И.Н., Немчинова А.В.* Пространственная структура массовых ветровалов на территории Костромской области // Вестник КГУ им Н.А. Некрасова. 2011. № 1. С. 19–24.

14. *Петухов И.В., Немчинова А.В., Грозовский С.А., Иванова Н.В.* Характер и степень повреждения лесных фитохор на участке массового ветровала в Костромской области // Вестник КГУ им Н.А. Некрасова. 2011. № 5–6. С. 23–31.

15. *Природные опасности России.* Т. 5. Гидрометеорологические опасности / под ред. В.И. Осипова, С.К. Шойгу. М.: Крук. 2001. 295 с.

16. *Шихов А.Н.* Анализ условий развития и оценка последствий сильных шквалов в Пермском крае 18 июля 2012 года // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края: сб. науч. тр. Пермь, 2012. Вып.5. С. 33–43.

A.N. Shikhov

THE STUDY OF IMPACTS OF SEVERE CONVECTIVE STORMS IN PERM REGION, USING EARTH REMOTE SENSING DATA

The possibility of using remote sensing data to analyze the impacts of squalls and tornadoes unobserved by the meteorological network is described in the article. Methods and results of the detection of massive windfalls in the forest in Perm Region from 2001 to 2012 are presented. The case of tornadoes in the northwestern part of Perm region on the 7th of June 2009 are analysed.

Keywords: earth remote sensing data; phenomena dangerous; squalls; tornadoes; windfalls.

Andrej N. Shikhov, Assistant of Department of Cartography and Geoinformatics; Perm State National Research University; 15, Bukireva, Perm, Russia, 614990; and3131@inbox.ru