

КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

УДК 551.506.2:551.509

А.Н. Шихов, А.В. Быков

БАЗА ДАННЫХ ОБ ОПАСНЫХ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ЯВЛЕНИЯХ
ПОГОДЫ В ПЕРМСКОМ КРАЕ КАК РЕГИОНАЛЬНЫЙ АНАЛОГ ESWD

Описывается база данных опасных и неблагоприятных явлений погоды в Пермском крае, разработанная и опубликованная авторами в 2014 г. Рассмотрена проблема систематизации данных об опасных явлениях погоды. Охарактеризованы информационные ресурсы, использованные при создании базы данных. Описаны структура базы данных и функциональные возможности web-приложения для работы с ней, реализованные на основе технологий ArcGis Server 10.1.1, ArcGIS API for JavaScript 3.10 и HTML5. Отмечены основные преимущества разработки в сравнении с Европейской базой данных опасных явлений погоды (ESWD) и другими аналогами.

Ключевые слова: изменения климата, опасные явления погоды, критерии опасных явлений, база данных, источники данных.

В последние годы в связи с глобальными и региональными изменениями климата усиливается внимание общества к опасным явлениям погоды и связанным с ними рискам. По данным ВНИИГМИ-МЦД, в период с 1991 по 2010 г. на территории России отмечался устойчивый рост числа случаев опасных гидрометеорологических явлений, нанесших социальный и экономический ущерб. Средний темп прироста составлял 16–17 случаев в год [8]. В то же время анализ рядов наблюдений за опасными явлениями погоды (ОЯ), полученных по данным сети метеостанций, часто приводит к выводу об отсутствии роста повторяемости ОЯ. Таким образом, при анализе данных об ОЯ из разных источников получают разнонаправленные тренды за один и тот же период времени [12]. Это не позволяет делать однозначных выводов о влиянии современных изменений климата на повторяемость опасных явлений погоды.

Получение объективных данных о современных изменениях повторяемости и интенсивности опасных явлений погоды представляет собой достаточно сложную задачу. С одной стороны, в 90-е гг. произошло значительное сокращение наблюдательной сети (что привело к увеличению числа пропусков ОЯ метеостанциями). В то же время с развитием технологий увеличивается число случаев опасных явлений погоды, зафиксированных альтернативными способами (по данным доплеровских радиолокаторов, по результатам анализа данных космической съемки, путем видеофиксации опасного явления или его последствий очевидцами). Таким образом, формируется несколько разнородных массивов данных об ОЯ, которые часто не сопоставимы друг с другом [13], что сильно затрудняет анализ климатических характеристик опасных явлений погоды в России.

Проблема систематизации данных об опасных явлениях погоды актуальна не только для России, но и для зарубежных стран. Для объединения информации об ОЯ, поступающей из разных источников, Европейской лабораторией по исследованию сильных конвективных штормов (ESSL) была разработана база данных об опасных явлениях погоды на территории Европы (ESWD, European Severe Weather Database). В базе данных ESWD представлены сведения об опасных явлениях погоды, полученные наблюдательной сетью, очевидцами и средствами массовой информации. База данных ESWD опубликована в свободном доступе в интернете по адресу <http://essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi> [15].

Обновление информации в базе данных ESWD по регионам восточной части Европейской России ведется нерегулярно. Кроме того, критерии для занесения явления в базу ESWD не соответствуют критериям опасных явлений, установленным в России. В связи с этим актуален вопрос о создании региональных аналогов базы данных ESWD для территории России.

© Шихов А.Н., Быков А.В., 2014

Шихов Андрей Николаевич, кандидат географических наук, ст. преподаватель, кафедра картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, ул. Букирева, 15; and3131@inbox.ru

Быков Алексей Васильевич, магистрант, кафедра метеорологии и охраны атмосферы, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, ул. Букирева, 15; blexx256@yandex.ru

Картография и геоинформатика

В Пермском крае возможность создания такой базы данных об опасных явлениях погоды и ее публикации в сети Интернет появилась благодаря взаимодействию кафедры метеорологии и охраны атмосферы и кафедры картографии и геоинформатики ПГНИУ. Кафедрой метеорологии и охраны атмосферы в течение многих лет ведутся исследования условий развития опасных явлений погоды в Пермском крае с использованием данных радиолокационного зондирования атмосферы и мезомасштабных численных моделей прогноза погоды [3-7]. Также был создан архив данных о случаях опасных явлений погоды в регионе, наблюдавшихся в период с 1981 по 2010 г., однако на тот момент он представлял собой просто перечень случаев опасных явлений, зафиксированных метеостанциями и постами. Тем не менее данный архив стал основой для создания более совершенной web-картографической версии базы данных об опасных и неблагоприятных явлениях погоды в Пермском крае. Она была разработана, наполнена и опубликована в 2014 г.

Созданная база данных является улучшенным региональным аналогом ESWD. Пользователю базы данных предоставляется ряд дополнительных материалов по каждому случаю опасного явления и некоторые функциональные возможности web-приложения, отсутствующие в ESWD. База данных ориентирована на использование специалистами в области гидрометеорологии, студентами, обучающимися по соответствующему направлению, а также всеми заинтересованными пользователями. Она опубликована в свободном доступе в Интернете по адресу <http://map.psu.ru/search.aspx> [2].

Таблица 1

Критерии опасных и неблагоприятных явлений, используемые для занесения в базу данных

Опасное явление	Критерий	Число случаев, занесенных в базу данных в настоящее время
Сильный мороз (ОЯ)	Минимальная температура воздуха -35°C и ниже	514
Сильная жара (ОЯ)	Максимальная температура воздуха $+35^{\circ}\text{C}$ и выше	89
Очень сильный ветер (ОЯ, НЯ)	Максимальный порыв ветра ≥ 24 м/с	35
Сильная метель (ОЯ)	Максимальная дальность видимости ≤ 500 м при скорости ветра ≥ 10 м/с (в течение 6 ч и более)	16
Очень сильный дождь (ОЯ, НЯ)	Количество осадков ≥ 30 мм за период ≤ 12 ч; или ≥ 50 мм за период ≤ 24 ч	241
Сильный ливень (ОЯ)	Количество осадков ≥ 30 мм за период ≤ 1 ч	12
Продолжительный дождь (ОЯ)	Количество осадков ≥ 100 мм за период ≤ 48 ч	2
Очень сильный снег (ОЯ)	Количество осадков в виде снега ≥ 20 мм за период ≤ 12 ч	20
Сильный снег (НЯ)	Количество осадков в виде снега 10...20 мм за период ≤ 12 ч, или ≥ 20 мм за период ≤ 24 ч	207
Сильные смешанные осадки (НЯ)	Количество осадков в виде дождя и мокрого снега ≥ 30 мм за период ≤ 12 ч	14
Гололедно-изморозевые явления (НЯ)	Диаметр отложений гололеда ≥ 20 мм, диаметр сложного отложения ≥ 50 мм	6
Шквал (ОЯ, НЯ)	Скорость ветра при шквале ≥ 24 м/с	46
Крупный град (ОЯ)	Диаметр градин ≥ 20 мм	12
Смерч	Любой подтвержденный случай смерча	6

В настоящее время в базу данных занесены сведения о 1220 случаях опасных и неблагоприятных явлений погоды, наблюдавшихся на территории Пермского края в период с 01.01.1981 г. по настоящее время. В качестве одного случая рассматривается достижение принятого критерия (опасного или неблагоприятного явления) по одному пункту наблюдений. Используемые критерии для занесения данных в базу представлены в табл. 1. Они не всегда соответствуют критериям, официально принятым на территории действия Уральского УГМС [9], что связано с учетом ряда обстоятельств:

– Необходимость занесения в базу данных не только случаев опасных явлений, но и комплексов неблагоприятных явлений (КНЯ), когда ни одно из наблюдавшихся явлений не достигало градации ОЯ, но по совокупности воздействия они были близки к ОЯ.

Картография и геоинформатика

– Различие критериев ОЯ для разных метеостанций (например, по опасному явлению «очень сильный дождь»). Для унификации данных в этом случае принимался единый (сниженный) критерий для всех пунктов наблюдений.

– В некоторых случаях явление фиксировалось метеостанцией и не достигало критерия ОЯ, но наносило значительный ущерб. Все такие случаи также были занесены в базу данных.

– Некоторые виды ОЯ на территории Пермского края имеют очень низкую повторяемость (например, очень сильный снег). В таком случае в базу данных заносились также наиболее значимые случаи неблагоприятных явлений (не достигающих критерия ОЯ).

Ниже приведено краткое описание информационной основы созданной базы данных, ее структуры, а также некоторых особенностей программной реализации.

Информационная основа базы данных

Для территории Пермского края в настоящее время имеется несколько массивов сведений об опасных явлениях погоды, сформированных на основе разных критериев и подходов. Они характеризуются различной продолжительностью наблюдения, пространственным и временным разрешением, поэтому часто несопоставимы друг с другом:

- данные сети метеостанций и гидропостов;
- данные об опасных явлениях, не зафиксированных наблюдательной сетью, но нанесших материальный ущерб;
- данные очевидцев и СМИ;
- данные метеорологических радиолокаторов (МРЛ);
- данные космического мониторинга (данные ДЗЗ).

При создании базы данных об ОЯ были использованы все вышеперечисленные источники информации.

Постанционные данные об опасных явлениях погоды, зафиксированных на территории Пермского края, формируются на основе наблюдательной сети Пермского ЦГМС. В настоящее время наблюдения ведутся на 25 метеостанциях, в то время как в 80-е гг. действовало 36 метеостанций. Для сбора постанционного массива данных об ОЯ были использованы результаты статистической обработки наблюдений, опубликованные в Метеорологических ежемесячниках [10]. В структуре ежемесячников есть таблицы, где приводятся сведения об опасных явлениях, наблюдавшихся на метеостанциях и постах. Характеристика ОЯ включает пункт наблюдения, дату и время наблюдения, интенсивность явления. В отличие от других источников данных, метеорологические ежемесячники могут быть использованы для составления статистически однородного ряда наблюдений за ОЯ.

Также были использованы данные метеорологических наблюдений, опубликованные на открытых интернет-ресурсах. Наиболее полный архив метеоданных, представленный на сайте <http://rp5.ru>, доступен за период с 2005 г. по настоящее время по 19 метеостанциям Пермского края. По данному архиву была проведена выборка всех случаев, соответствующих приведенным выше критериям опасных и неблагоприятных явлений погоды.

Постанционный массив данных об ОЯ не является полным и репрезентативным по причине пропусков явлений. Прежде всего, это касается локальных конвективных явлений (крупный град, шквал, смерч, сильный ливень). Но часто именно эти не зафиксированные наблюдательной сетью явления наносят наиболее значительный ущерб.

Данные об опасных явлениях, не зафиксированных наблюдательной сетью, но нанесших социально-экономический ущерб, получены из двух источников: базы данных ВНИИГМИ-МЦД, а также ежемесячных обзоров, опубликованных в журнале «Метеорология и гидрология».

База данных ВНИИГМИ-МЦД – это специализированный массив сведений об опасных и неблагоприятных гидрометеорологических явлениях, которые нанесли социально-экономический ущерб на территории России с 1991 по 2012 г. [1]. Явления, которые достигли критериев ОЯ, но не нанесли ущерба, в этот массив данных не включены. Сведения об ущербе от опасных явлений, внесенные в базу данных, получены по результатам обследований, проведенных региональными центрами по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. В базе данных ВНИИГМИ-МЦД приведены краткие сведения об опасных явлениях: место наблюдений (субъект Федерации), тип явления, дата наблюдения, нанесенный ущерб. Часто эти данные неполные, например, отсутствует информация об интенсивности явлений. В то же время приведены данные о явлениях, которые не достигли критерия ОЯ, но нанесли ущерб в ряде случаев значительный.

С 2012 г. база данных ВНИИГМИ-МЦД не обновляется и не поддерживается.

Ежемесячные обзоры опасных явлений в журнале «Метеорология и гидрология» составляются специалистами Гидрометцентра России [11]. В обзорах представлены сведения об ОЯ,

Картография и геоинформатика

зафиксированных на метеостанциях и гидропостах, подтвержденных по результатам обследований территории, также о вызванном этими явлениями ущербе. По каждому случаю указаны дата, время и пункт наблюдения, интенсивность явления. Обзоры в журналах «Метеорология и гидрология» являются открытым источником данных об ОЯ, не зафиксированных наблюдательной сетью. В то же время эти данные не могут быть использованы для построения однородных рядов ОЯ. Объем публикаций в журнале менялся в соответствии с изменением критериев ОЯ и в 90-е гг. данные были представлены недостаточно полно.

Ни один из перечисленных источников данных, таким образом, не отражает полностью фактическую повторяемость опасных явлений.

Данные непосредственных наблюдений очевидцев опасных явлений погоды являются наименее надежным источником информации об ОЯ. Однако роль этого источника в последнее время значительно возросла, благодаря видеофиксации фактов наблюдения ОЯ и/или нанесенного ущерба. При проверке подобных фактов были использованы данные метеорологического радиолокатора или метеорологических спутников (NOAA, TERRA, AQUA), что позволяло подтвердить возможность развития опасного явления погоды в данном месте в данное время.

Кроме перечисленных способов фиксации опасных явлений погоды использовались и оригинальные методы, основанные на данных космического мониторинга. Так, 17 случаев опасных конвективных явлений (сильные шквалы и смерчи) было выявлено и подтверждено **по данным о ветровалах в лесных массивах** [14]. Объективным и надежным источником информации о ветровалах являются космические снимки среднего и высокого разрешения со спутников серий LANDSAT и SPOT. На их основе можно с высокой достоверностью определить, с каким типом опасного явления (шквалом или смерчем) связан ветровал. На основе данных о ветровалах было подтверждено 10 случаев сильных шквалов и 7 случаев смерчей, наблюдавшихся на территории Пермского края в период с 2001 по 2014 г.

Таблица 2

Структура атрибутивных данных об опасных явлениях погоды

Наименование поля	Тип и длина поля	Описание данных или допустимые значения
Место регистрации	Символьное, 100	Название метеостанции, гидропоста, АМСГ или произвольной области, где зафиксировано ОЯ
Тип регистрации	Символьное, 50	По данным наблюдательной сети По данным обследований Пермского ЦГМС По данным очевидцев или СМИ По данным космической съемки (ветровалы)
Тип явления	Символьное, 50	Сильный мороз; сильная жара; очень сильный ветер; сильная метель; очень сильный дождь; сильный ливень; продолжительный дождь; очень сильный снег; сильный снег; сильные смешанные осадки; гололедно-изморозевые явления; шквал; крупный град; смерч
Интенсивность явления	Десятичная дробь, 10	Интенсивность явления с указанием единицы измерения
Дата	Дата, 10	Дата явления в формате дд.мм.гггг
Продолжительность явления	Целочисленное, 10	Продолжительность явления (в мин., ч. или сут.)
Синоптическая ситуация	Символьное, 500	Краткое описание синоптической ситуации
Гиперссылка	Символьное, 300	Ссылка на более подробное описание явления на сайте «Опасные природные явления Пермского края»
Описание ущерба	Символьное, 500	Краткое описание нанесенного ущерба
Комментарий	Символьное, 500	Дополнительные данные о случае ОЯ
Поля, заполняемые только для конвективных явлений (сильный ливень, крупный град, шквал, смерч, очень сильный дождь)		
Высота верхней границы облаков (км, радар)	Целочисленное, 10	Высота верхней границы облаков по данным метеорологического радиолокатора, км
Скорость шквала (м/с, радар)	Целочисленное, 10	Скорость шквала по данным МРЛ, км
Явления погоды (радар)	Символьное, 30	Метеоявления по данным МРЛ
Тип конвективной	Символьное, 30	Мезомасштабный конвективный комплекс

Картография и геоинформатика

системы		Линия шквалов Линейная система масштаба мезо-β Скопление масштаба мезо-β
---------	--	--------------------------------------------------------------------------------

Программная реализация базы данных

База данных расположена на сервере баз данных под управлением Microsoft SQL Server 2008 R2. Она создана с использованием технологии ArcSDE, предоставляющей возможности многопользовательского редактирования информации.

Все занесенные в базу данных случаи опасных явлений погоды имеют пространственную привязку. Ее основой является точечный класс пространственных объектов – мест наблюдений ОЯ. Всего выделяется 4 типа мест наблюдений – метеостанция, гидрологический пост, авиационная метеорологическая станция (АМСГ) и произвольная точка наблюдений (на которой режимные наблюдения не осуществляются). К числу последних относятся как населенные пункты, в которых фиксировались ОЯ, так и зоны выявленных крупных ветровалов в лесных массивах.

Для публикации геопро пространственных данных и их анализа используется ГИС-сервер ArcGIS for Server 10.1.1. На сервере ArcGIS запущен картографический сервис для визуализации геопро пространственных данных и сервис печати, позволяющий строить обзорную карту места регистрации опасного явления. Отображение картографической информации в web-браузере происходит с применением мультимедиа-технологии HTML5, а интерактивность интерфейса достигается при помощи ArcGIS API for JavaScript 3.10. Использование технологии HTML5 позволяет добиться корректного отображения во всех браузерах без установки для них дополнительных модулей.

Для заполнения базы данных разработано настольное приложение-клиент для операционных систем семейства Windows на языке C#.NET 2012 для платформы .NET 4.5. Редактирование базы данных возможно только с компьютеров, находящихся в локальной сети ПГНИУ.

Структура базы данных об опасных явлениях погоды

По каждому случаю опасного явления, занесенному в базу данных, приведены следующие атрибутивные характеристики, которые перечислены в табл. 2.

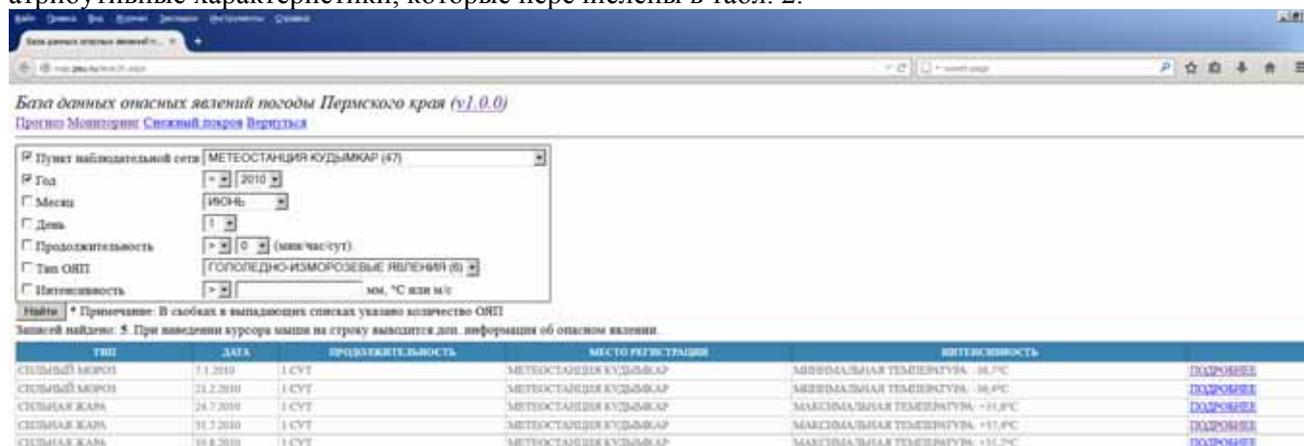


Рис. 1. Поиск (формирование выборок) случаев опасных явлений погоды

Таблица 3

Дополнительные данные об опасных явлениях погоды

Название материалов	Описание материалов
Кольцевые карты погоды	Кольцевые карты погоды (за 2007-2014 гг.) за срок, когда наблюдалось опасное явление. Получены из архивов Архангельского УГМС и с сайта http://meteocenter.net/
Карты реанализа и объективного анализа	Данные реанализа и объективного анализа полей метеоэлементов по моделям GFS/NCEP и GEM, визуализированные с помощью системы GrADS. Используются поля абсолютного и относительного геопотенциала (AT500, OT500/1000), приземного давления, температуры на изобарической поверхности AT850, влагосодержания атмосферы, энергии неустойчивости, индекса SWEAT и др.
Спутниковый снимок	Снимок с метеорологического спутника (NOAA, Terra/Aqua MODIS) за срок, ближайший к моменту наблюдения ОЯ
Температура верхней границы облаков	Температура верхней границы облаков, определенная по спутниковым данным Terra/Aqua MODIS. Только для случаев конвективных ОЯ
Высоты радиозеха (радар)	Карта высот радиозеха по данным МРЛ-5 (Большое Савино) или доплеровского

Картография и геоинформатика

	МРЛ (г. Ижевск). Только для случаев конвективных ОЯ
Метеоявления (радар)	Карта метеоявлений по данным МРЛ-5 (Большое Савино) или доплеровского МРЛ (г. Ижевск). Только для случаев конвективных ОЯ
Фото	Фотография опасного явления или его последствий
Снимок ветровала	Снимок ветровала, полученный на основе спутниковых данных LANDSAT или SPOT-5 (для 17 случаев ОЯ, выявленных по данным о ветровалах)

Поиск (формирование выборок) случаев опасных явлений погоды реализован по таким параметрам, как год, месяц и день наблюдения, тип, интенсивность и продолжительность явления, место наблюдения ОЯ. Интерфейс окна поиска показан на рис. 1.

Дополнительные данные об опасных явлениях – это различные графические и картографические материалы, иллюстрирующие условия развития опасного явления и его последствия. Они могут быть полезны для специалистов при выполнении анализа условий развития ОЯ. Дополнительные данные привязаны к каждому случаю ОЯ, причем в зависимости от типа явления используется различный набор данных. Хранение дополнительных данных организовано в системе каталогов на сервере. Подробное их описание приведено в табл. 3. Пример заполненной формы с информацией об опасном явлении и дополнительными данными приведен на рис. 2.

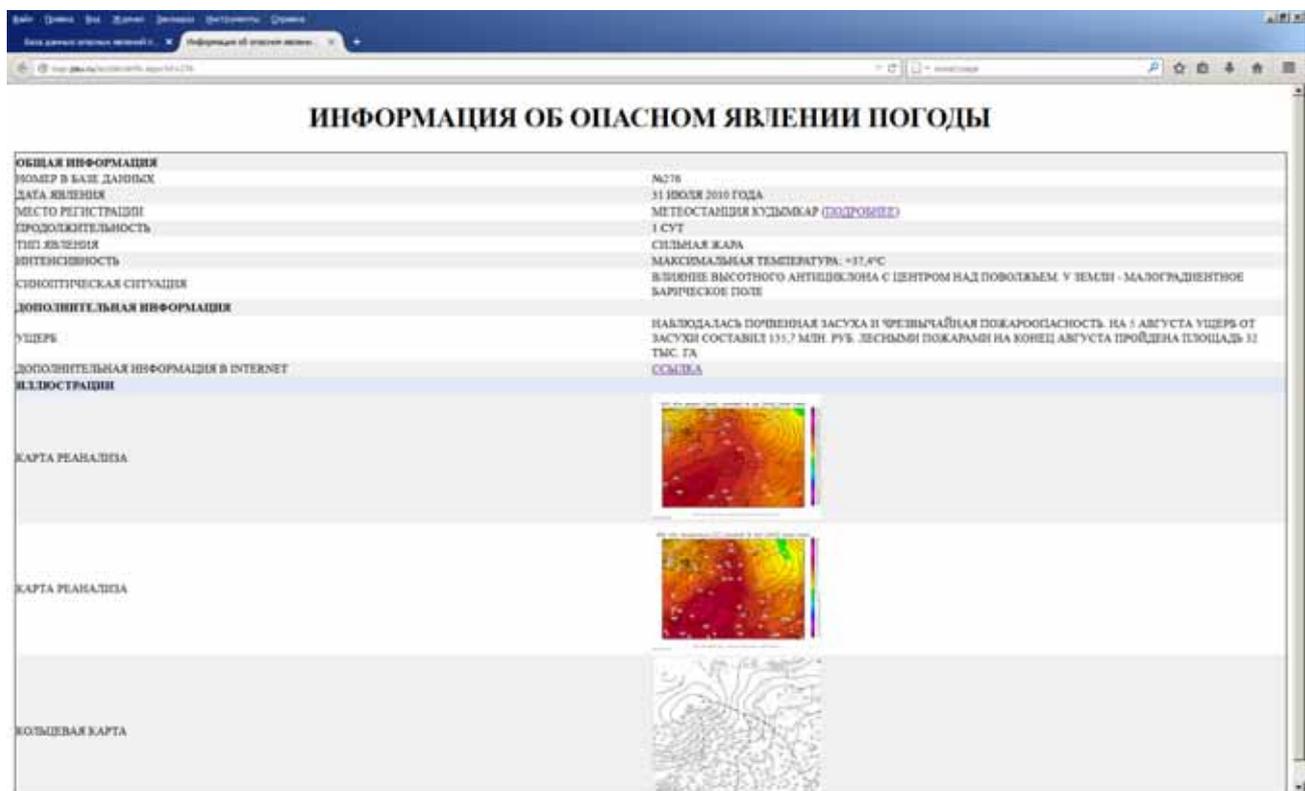


Рис. 2. Заполненная форма «Информация об опасном явлении погоды»

Кроме вывода дополнительных данных об опасном явлении разработан также инструмент вывода **дополнительной информации о пункте наблюдений**, включая некоторые статистические данные о случаях опасных явлений погоды по метеостанциям Пермского края. При осуществлении соответствующего запроса пользователь получает доступ к следующим характеристикам метеостанции (рис. 3):

- название, географические координаты и высота расположения пункта наблюдений (метеостанции или гидропоста);
- обзорная карта расположения пункта наблюдений масштаба 1:200000;
- год начала наблюдений, состояние (действует/не действует);
- данные о климатических экстремумах в пункте за весь период наблюдений (абсолютный минимум и максимум температуры воздуха, суточный максимум осадков, максимальная зарегистрированная скорость ветра, максимальная высота снежного покрова);
- распределение числа случаев опасных явлений по типам (за период с 2001 г. по настоящее время) визуализируется в виде круговой диаграммы;

8. *Коришунов А.А., Шаймарданов М.З., Шаймарданова И.Л.* Гидрометеорологическая безопасность и устойчивое развитие экономики России для обслуживания потребителей: результаты статистического анализа опасных условий погоды / Методический кабинет Гидрометцентра России. URL: <http://method.hydromet.ru> (дата обращения: 27.10.2014).

9. Критерии опасных гидрометеорологических явлений для территории деятельности Уральского УГМС. URL: http://meteoperm.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=245 (дата обращения: 27.10.2014).

10. Метеорологический ежемесячник // Уральское УГМС. 1981-2012. Вып. 1-12.

11. Обзоры аномальных гидрометеорологических явлений на территории Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 1996-2013. № 1-12.

12. *Панфутова Ю.А.* Опасные метеорологические явления на равнинной территории России и риски, создаваемые ими: автореф. дис.... канд. геогр. наук. СПб.: 2008. 21 с.

13. *Пьянков С.В., Шихов А.Н.* Опасные гидрометеорологические явления: режим, мониторинг, прогноз. Пермь, 2014. 298 с.

14. *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.

15. European Severe Weather Database. URL: <http://essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi> (дата обращения: 27.10.2014).

A.N. Shikhov, A.V. Bykov

THE DATABASE ON HAZARDOUS AND SEVERE WEATHER EVENTS IN THE PERM REGION AS A REGIONAL ANALOGUE ESWD

The article describes the database of hazardous and severe weather in the Perm region, developed and published by the authors in 2014. It is described the problem of data systematization about dangerous weather phenomena. It is characterized the information resources, used to create the database. The authors show the database structure and functionality of the web application to work with her, implemented on the basis of technologies 10.1.1 ArcGis Server, ArcGIS API for JavaScript 3.10 and HTML5. It is listed the principal advantages of the database in comparison with the European database of severe weather events (ESWD) and other analogues.

Keywords: climate change, severe weather events, criteria of dangerous phenomena, database, data sources

Andrey N. Shikhov, Candidate of Geography, senior lecturer, Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State National Research University, 15 Bukireva st., Perm, Russia 614990; and3131@inbox.ru.

Aleksey V. Bykov, magister, Department of Meteorology and Atmosphere Protection, Perm State National Research University, 15 Bukireva st., Perm, Russia 614990; blexx256@yandex.ru.