



ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ  
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА  
«КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ»



ФГБУ «ГИДРОМЕТЦЕНТР РОССИИ»



# «СВЕТОФОР»

СИСТЕМА РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ  
О МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗАХ



Зам. директора  
ИБРАЭ РАН  
по научной работе  
д. ф.-м. н.  
профессор  
**Арутюнян  
Рафаэль  
Варназович**



Зам. директора  
ИБРАЭ РАН,  
Председатель  
Правления ТП КБПЭ  
д. ф.-м. н.,  
профессор  
**Пономарев  
Владимир  
Николаевич**



Заведующий  
лабораторией  
ФГБУ  
«Гидрометцентр  
России»  
д. ф.-м. н.  
**Рубинштейн  
Константин  
Георгиевич**

Лаборатория моделирования общей циркуляции атмосферы и климата  
ФГБУ «Гидрометцентр России»



**Губенко  
Инна Михайловна**



к. ф.-м. н.  
**Перов Вениамин  
Леонидович**



к. ф.-м. н.  
**Игнатов Роман  
Юрьевич**



**Смирнова Мария  
Михайловна**



**Ширяев Михаил  
Вячеславович**



**Бычкова Виктория  
Игоревна**



Арутюнян Р. В., Пономарев В. Н., Рубинштейн К. Г., Перов В. Л., Игнатов Р. Ю.,  
Ширяев М. В., Смирнова М. М., Губенко И. М., Бычкова В. И.

# «СВЕТОФОР»

**СИСТЕМА РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ  
О МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗАХ**

## **«СВЕТОФОР»: СИСТЕМА РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗАХ**

*Арутюнян Р. В., Пономарев В. Н. (ИБРАЭ РАН)*

*Рубинштейн К. Г., Перов В. Л., Игнатов Р. Ю., Ширяев М. В., Смирнова М. М., Губенко И. М.,  
Бычкова В. И. (ФГБУ «Гидрометцентр России»)*

*Редактор: Турецкий С. В. (ИБРАЭ РАН)*

В представленном буклете содержится аналитический обзор текущего состояния дел в области раннего предупреждения об опасных метеорологических явлениях, приведено краткое описание и даны основные характеристики уникальной автоматизированной системы раннего предупреждения о метеорологических угрозах (СРПОМУ) «СВЕТОФОР», которая разработана по инициативе ИБРАЭ РАН совместно с ФГБУ «Гидрометцентр России». Система «СВЕТОФОР» превосходит ныне действующие отечественные системы по качеству и точности оценки вероятности возникновения опасных метеорологических явлений и обеспечивает предупреждения о них на период до 5 суток. Кроме того, она обладает значительным потенциалом увеличения списка опасных метеорологических явлений, о которых осуществляются предупреждения.

Буклет предназначен для широкого круга специалистов в области метеорологии, а также для сотрудников федеральных и муниципальных органов власти и администраций регионов, специалистов МЧС России, других ведомств, государственных и коммерческих организаций, заинтересованных в оперативном получении предупреждения по метеорологическим угрозам.

Работа по созданию и практическому внедрению СРПОМУ «СВЕТОФОР» проводится в соответствии с основными направлениями приоритетных исследований и разработок Технологической платформы «Комплексная безопасность промышленности и энергетики».

# Содержание

<b>Актуальность проблемы</b> .....	4
Факторы риска.....	5
<b>Мировая практика разработки систем прогнозирования ОМЯ</b> .....	8
Математические модели и методы прогнозирования .....	8
Существующие зарубежные и отечественные системы раннего предупреждения о метеорологических угрозах (СРПОМУ).....	9
<b>Автоматизированная СРПОМУ «СВЕТОФОР»</b> .....	12
Оценка качества прогнозов .....	12
Функциональная схема СРПОМУ .....	13
<b>Примеры практического применения СРПОМУ «СВЕТОФОР»</b> .....	15
<b>Область применения СРПОМУ «СВЕТОФОР»</b> .....	21
Основные характеристики СРПОМУ «СВЕТОФОР».....	21
Оценка экономического эффекта .....	23
<b>Приложение 1. Характеристики качества прогнозов категорий опасности сильного ветра</b> .....	24
<b>Приложение 2. Технологическая платформа «Комплексная безопасность промышленности и энергетики»</b> .....	26
Приоритетные направления исследований и разработок в рамках ТП КБПЭ.....	27
Стратегические цели деятельности ТП КБПЭ .....	27
Пилотные проекты по разработке и внедрению новых производственных технологий, инновационных продуктов и сервисов .....	30

# Актуальность проблемы

В последнее время в России и за рубежом приобрели актуальность исследования, направленные на оценку опасности стихийных бедствий, вызванных воздействием различных гидрометеорологических факторов и явлений.

К опасным метеорологическим явлениям (ОМЯ) относятся явления погоды, которые, по своей интенсивности, продолжительности и времени возникновения представляют угрозу безопасности, здоровью и жизни людей. Эти погодные явления отрицательно воздействуют на экосистемы, наносят значительный экономический ущерб, могут приводить к авариям и катастрофам.

По оценкам Всемирной организации здравоохранения, в европейских странах ОМЯ являются причиной 1—10% смертей среди старших возрастных групп. В мировом масштабе речь идет о 150 тысячах дополнительных смертей и 5,5 млн человеко-лет нетрудоспособности ежегодно, что составляет 0,3% от общего числа смертельных исходов и 0,4% от общего количества человеко-лет нетрудоспособности, соответственно. К 2050 г. ожидается увеличение числа смертельных исходов, связан-

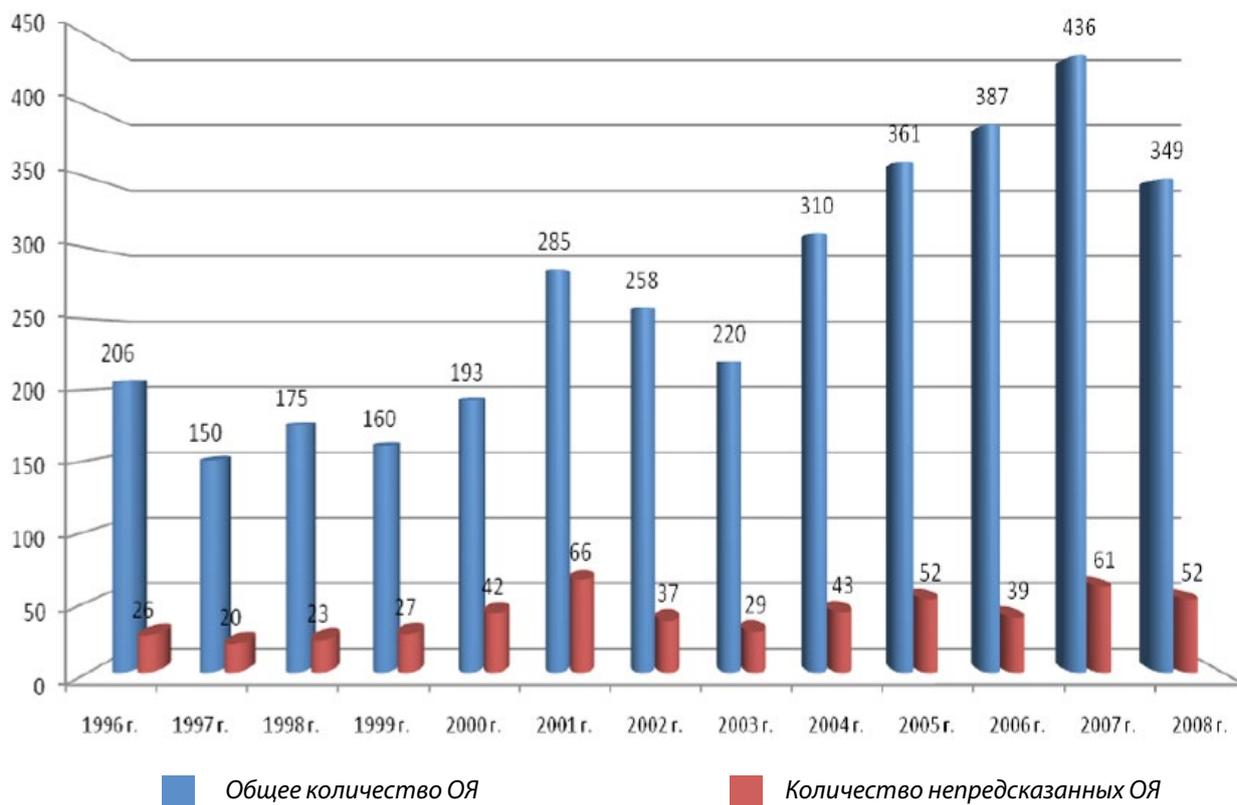
ных с воздействием, так называемых, волн жары и холода, еще примерно на 1—1,5%. Экономический ущерб от дополнительной смертности, обусловленной климатическими факторами, во всем мире достигает 88 млрд долларов в год.

Российская Федерация обладает огромной территорией, расположенной в различных климатических зонах, что обуславливает многообразие ОМЯ, представляющих опасность для населения и экономики России.

Результаты метеонаблюдений указывают на то, что в течение последних десятилетий глобальное изменение климата значительно ускорилось. Это проявляется в стремительном увеличении частоты и интенсивности погодных аномалий и экстремальных, редких погодных явлений. Как следует из доклада заместителя директора Гидрометцентра России Г. В. Елисеева (2013 г.), отмечается существенный рост числа опасных гидрометеорологических явлений на территории России (до 500 ОМЯ в год), резко возросли связанные с ОМЯ экономический ущерб и риски для здоровья людей.



Карта климатических зон России



Динамика регистрируемого числа опасных природных явлений (ОЯ) (гидрометеорологических) на территории России. (Из доклада зам. Директора Гидрометцентра России Г. В. Елисеева, 2013 г.)

## ФАКТОРЫ РИСКА

В таблице 1 указаны основные факторы риска, связанные с возникновением редких и опасных метеорологических явлений. **Негативный эффект и уровни рисков**, обусловленных влиянием тех или иных ОМЯ, **могут значительно увеличиваться как при их длительном воздействии** (например, в случае возникновения так называемых волн жары или волн холода), **так и за счет сопутствующих опасных явлений** (например, летом 2010 г. в Москве наблюдалась аномальная жара в сочетании с сильным задымлением от лесных пожаров). В таких случаях воздействие аномальных погодных явлений может принимать весьма разрушительные формы.

Опасное воздействие многих из этих факторов может быть существенно ограничено или сведено к минимуму путем принятия предварительных профилактических и защитных мер.

В связи с этим, одной из важнейших задач для общества становится **заблаговременное информирование населения, федеральных органов власти, муниципальных и региональных администраций, других заинтересованных государственных и коммерческих организаций о вероятности возникновения опасных метеорологических явлений.**

Таблица 1. Основные факторы риска, связанные с возникновением редких и опасных метеорологических явлений и их воздействием на здоровье людей, экономическую деятельность и состояние окружающей среды

Наименование ОМЯ	Характеристики и критерии опасности ОМЯ	Опасное воздействие
Очень сильный ветер	Ветер при достижении скорости при порывах не менее 25 м/с или средней скорости не менее 20 м/с; на побережьях морей и в горных районах 35 м/с или средней скорости не менее 30 м/с	Повреждения линий электропередачи, домов и других объектов (особенно в сельской местности); опасность при движении транспортных средств
Шквал	Резкое кратковременное (в течение нескольких минут, но не менее 1 мин) усиление ветра до 25 м/с и более	
Ураганный ветер (ураган)	Ветер при достижении скорости 33 м/с и более	Серьезный ущерб жилому фонду, объектам промышленной и коммунальной инфраструктуры
Смерч	Сильный маломасштабный вихрь в виде столба или воронки, направленный от облака к подстилающей поверхности	
Сильный ливень	Сильный ливневый дождь с количеством выпавших осадков не менее 30 мм за период не более 1 ч	Наводнения, повышение уровня воды в реках и водоемах
Очень сильный дождь (очень сильный дождь со снегом, очень сильный мокрый снег, очень сильный снег с дождем)	Выпавший дождь, ливневый дождь, дождь со снегом, мокрый снег с количеством осадков не менее 50 мм, в ливнеопасных (селеопасных) горных районах — не менее 30 мм за период времени не более 12 ч	
Продолжительный сильный дождь	Дождь с короткими перерывами (не более 1 ч) с количеством осадков не менее 100 мм (в ливнеопасных районах не менее 60 мм) за период времени более 12 ч, но менее 48 ч, или 120 мм за период времени более 2 суток	
Крупный град	Град диаметром 20 мм и более	
Очень сильный снег	Выпавший снег, ливневый снег с количеством не менее 20 мм за период времени не более 12 ч	Образование снежных заносов на дорогах; сбои в работе транспорта
Сильная метель	Перенос снега с подстилающей поверхности (в т. ч. сопровождаемый выпадением снега из облаков) сильным (средняя скорость не менее 15 м/с) ветром с метеорологической дальностью видимости не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч	
Сильная пыльная (песчаная) буря	Перенос пыли (песка) сильным (со средней скоростью не менее 15 м/с) ветром и с метеорологической дальностью видимости не более 500 м продолжительностью не менее 12 ч	Повреждения органов дыхания; экономический ущерб сельскому хозяйству
Сильный туман (сильная мгла)	Сильное помутнение воздуха за счет скопления мельчайших частиц воды (пыли, продуктов горения), с метеорологической дальностью видимости не более 50 м и продолжительностью не менее 12 ч	Ухудшение видимости на дорогах; закрытие морских и авиационных сообщений

Наименование ОМЯ	Характеристики и критерии опасности ОМЯ	Опасное воздействие
Сильное гололедно-изморозевое отложение	Диаметр отложения на проводах: гололеда — не менее 20 мм; сложного отложения или мокрого снега — не менее 35 мм; изморози — не менее 50 мм	Повышенная опасность ДТП; повреждения линий электропередачи; увеличение числа бытовых травм
Сильный мороз	В период с ноября по март значение минимальной температуры воздуха достигает установленного для данной территории опасного значения или ниже его	Повышенная нагрузка на энергосети и коммунальные службы; рост заболеваемости
Аномально холодная погода	В период с октября по март в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха ниже климатической нормы на 7°C и более	
Заморозки	Понижение температуры воздуха и/или поверхности почвы (травостоя) до значений ниже 0°C на фоне положительных средних суточных температур воздуха в периоды активной вегетации сельхозкультур или уборки урожая, приводящее к их повреждению, а также к частичной или полной гибели урожая сельхозкультур	Экономический ущерб сельскому хозяйству
Сильная жара	В период с мая по август значение максимальной температуры воздуха достигает установленного для данной территории опасного значения или выше его	Повышенная пожароопасность; повышение рисков для здоровья лиц, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями
Аномально жаркая погода	В период с апреля по сентябрь в течение 5 дней и более значение среднесуточной температуры воздуха выше климатической нормы на 7°C и более	
Чрезвычайная пожарная опасность	Показатель пожарной опасности относится к 5-му классу (10 000°C по формуле Нестерова)	Серьезный ущерб

*Даже самые развитые современные численные прогно-  
стические модели не позволяют давать прогнозы места и  
времени возникновения опасных, и, следовательно, редких  
метеорологических явлений с достаточной точностью,  
надежностью и заблаговременностью. По этой причине в  
наиболее развитых метеорологических центрах мира, к ко-  
торым относится и ФГБУ «Гидрометцентр России», особое  
внимание уделяется разработке алгоритмов и созданию на  
их основе систем раннего предупреждения о метеорологиче-  
ских угрозах (СРПОМУ).*

*Использование подобных систем позволяет заблаговремен-  
но информировать население о степени вероятности воз-  
никновения ОМЯ в определенном регионе за период времени  
от 12 часов до нескольких суток.*

# Мировая практика разработки систем прогнозирования ОМЯ

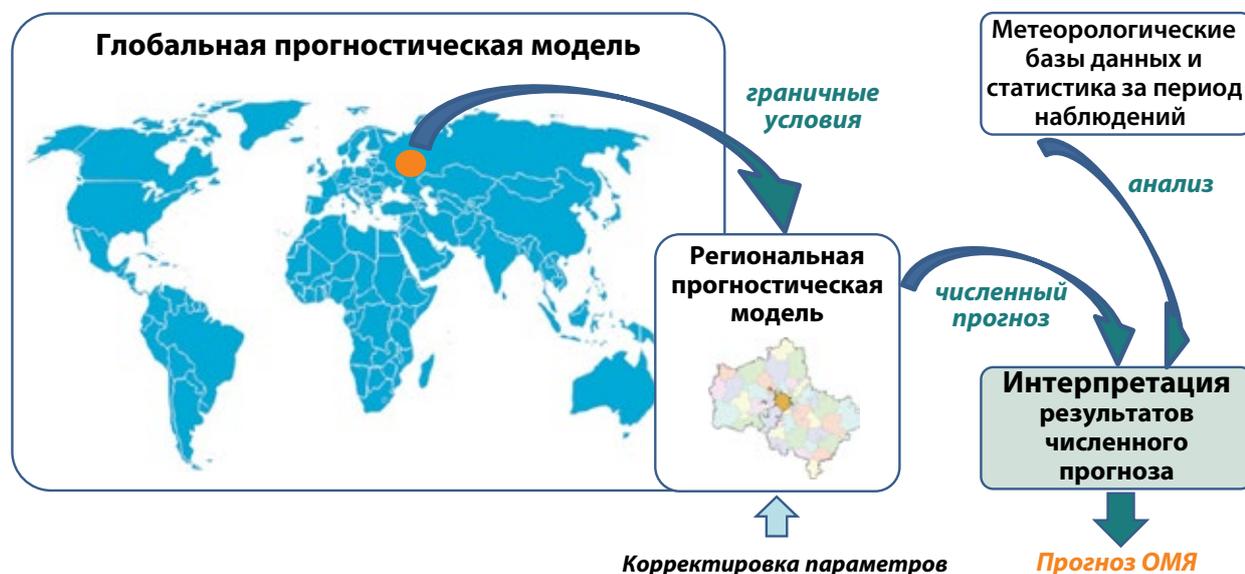
## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

В настоящее время практически во всех прогнозных метеорологических центрах развитых стран мира создаются иерархии численных прогностических моделей, от глобальных до мезомасштабных (региональных). Региональные модели обладают высоким, порядка нескольких километров, пространственным разрешением и обеспечивают вполне приемлемое качество прогнозов погоды с заблаговременностью до 3—5 суток.

Однако в тех случаях, когда речь идет о прогнозировании ОМЯ, применение этих моделей характеризуется гораздо более низким уровнем предсказуемости<sup>1</sup>.

Прогнозирование опасных, редких, экстремальных погодных явлений, как правило, осуществля-

ется путем использования различных статистических методов. Поскольку статистика наблюдения редких явлений не в состоянии обеспечить высокую надежность прогноза, часто применяется своего рода «гибридная» методика, когда синоптик получает прогноз, выполненный статистическими методами и, исходя из своего опыта, вручную интерпретирует и корректирует его. Такая методика используется, в частности, ФГБУ «Гидрометцентр России». Наряду с ней, в Гидрометцентре России был разработан автоматический метод раннего предупреждения о вероятности возникновения опасного явления в определенном районе и конкретном временном интервале; этот метод, претерпевший за последнее время ряд улучшений и дополнений, лежит в основе функционирования СРПОМУ «СВЕТОФОР».



<sup>1</sup> Под предсказуемостью понимают временные пределы, в которых будущие состояния системы могут быть предсказаны на основании имеющейся информации о текущих и прошлых ее состояниях.

## СУЩЕСТВУЮЩИЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СРПОМУ

В настоящее время системы раннего предупреждения об опасных метеорологических явлениях действуют в 25 странах мира. Кроме того, существует общеевропейская (без стран СНГ) СРПОМУ. Большинство этих СРПОМУ были созданы относительно недавно, в последние 3—5 лет. В Российской Федерации с 2010 г. действуют две таких системы, реализованные на базе ФГБУ «Гидромет-

центр России». Одна из них использует ручной синоптический метод, а вторая — автоматический метод, основанный на интерпретации результатов одной из лучших в мире региональных численных прогностических моделей. Как показано в Приложении 1, автоматический метод позволяет получить лучшие результаты прогнозирования ОМЯ, чем синоптический.

Таблица 2. Действующие системы прогноза критически опасных метеорологических явлений

Страна (система)	Количество степеней угроз	Количество явлений	Срок прогноза	
1	Австрия	3	13	5 сут.
2	Бельгия	3	4	2 сут.
3	Великобритания	3	10	5 сут.
4	Венгрия	3	12	2 сут.
5	Германия	4	13	1 сут.
6	Греция	3	7	2 сут.
7	Европа (без СНГ)	3	12	2 сут.
8	Испания	3	13	3 сут.
9	Италия	3	11	2 сут.
10	Латвия	3	13	2 сут.
11	Нидерланды	3	8	2 сут.
12	Норвегия	3	12	2 сут.
13	Польша	3	13	3 сут.
14	Португалия	3	8	2 сут.
15	Россия (автомат)	3	12	5 сут.
16	Россия (синоптик)	3	9	2 сут.
17	Румыния	3	7	2 сут.
18	Сербия	3	8	2 сут.
19	Словакия	3	10	3 сут.
20	Словения	3	9	2 сут.
21	США	3	~18	1 сут.
22	Финляндия	3	13	1 и 5 сут.
23	Франция	3	10	1 сут.
24	Хорватия	3	6	2 сут.
25	Швеция	3	12	1 сут.
26	Эстония	3	8	2 сут.
27	Япония	2	16	тек. сост.

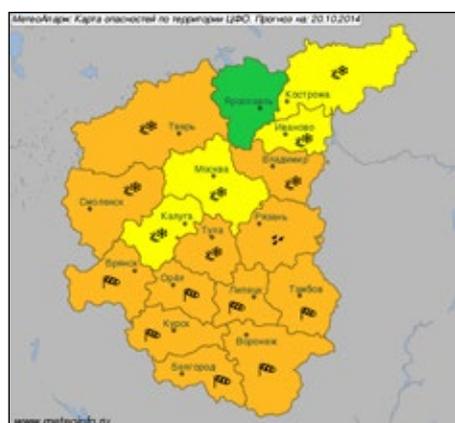
Как видно из данных Таблицы 2, абсолютное большинство СРПОМУ обеспечивает предупреждение 8—12 ОМЯ по трем категориям угрозы («потенциально опасно», «опасно», «очень опасно») и на сроки до 2 суток. Полное описание возможностей этих систем, использованных в них математиче-

ских расчетных моделей и критериев оценки степени опасности ОМЯ выходит за рамки данного издания. Тем не менее, имеет смысл привести примеры выходных информационных данных ряда зарубежных СРПОМУ, чтобы получить наглядную картину текущего состояния дел в этой области.

## СРПОМУ ФГБУ «ГИДРОМЕТЦЕНТР РОССИИ» (MOS + СИНОПТИК)

В России с 2010 г. для Центрального и Северо-Западного федеральных округов, а с 2012 г. — для Южного и Северо-Кавказского федеральных округов действует система раннего предупреждения о метеорологических угрозах, основанная на использовании статистической технологии MOS

(Model Output Statistic) с «ручной» коррекцией данных прогноза дежурным синоптиком ФГБУ «Гидрометцентр России». Система обеспечивает получение предупреждений в трех категориях опасности по 9 различным ОМЯ с заблаговременностью прогноза до 2 суток.



Белгородская обл.	☀️
Брянская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Владимирская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Воронежская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Ивановская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Калужская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Костромская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Курская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Липецкая обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Московская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Орловская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Рязанская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Смоленская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Тамбовская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Тверская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Тульская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️
Ярославская обл.	☀️ ☀️ ☀️ ☀️

**Условные обозначения явлений**

Ветер	Очень высокая температура
Дождь	Очень низкая температура
Снег / Обледенение	Гроза
Туман	Высокая пожароопасность
Заморозки	

## СРПОМУ ГЕРМАНИИ

В отличие от большинства других СРПОМУ, в Германии используются четыре категории опасности («потенциально опасно», «опасно», «очень опасно», «чрезвычайно опасно»), а также имеется возможность получения предупреждений о возможности ОМЯ для относительно небольших локальных географических районов. Еще одним преимуществом данной системы является большое количество

ОМЯ, по которым возможно получение предупреждений (13 опасных метеорологических явлений, в том числе волны жары и волны холода), а также использование биометеорологических индексов при оценке уровня опасности. Однако заблаговременность подобных прогнозов не превышает 1 суток, что, конечно же, во многих случаях явно недостаточно.



**All**


**Special warnings**

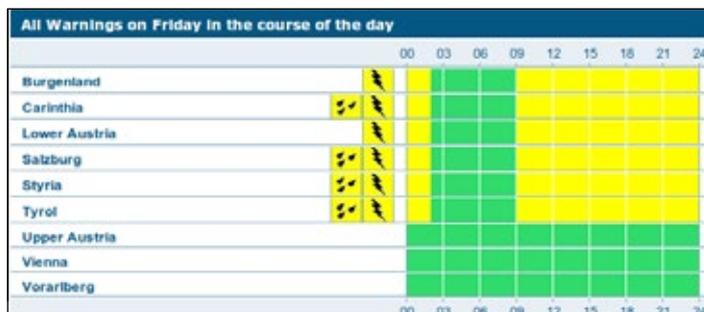

	Pre-warning
	Extremely severe weather
	Severe weather
	Significant weather
	Weather warning
	No warning

Deutschland  
Alle  
Kartenerstellung: 11.07.12, 14:23 Uhr  
Further development

## СРПОМУ АВСТРИИ

На рисунке представлен пример суточного прогноза возможности возникновения сильных дождей и гроз. Карта Австрии окрашена в зеленый (низкий уровень опасности) и желтый (средний

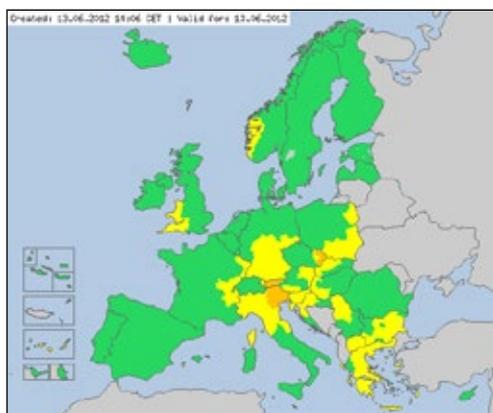
уровень опасности) цвета; ниже расположена временная диаграмма, из которой видно, что сильные дожди и грозы могут иметь место с 00.00 часов до 02.00 и затем с 09.00 до 24.00.



## ЕВРОПЕЙСКАЯ СРПОМУ

Общеввропейская программа раннего предупреждения об опасных метеорологических явлениях функционирует уже более трех лет. Участники программы (32 метеоцентра стран Евросоюза) рассчитывают по собственным алгоритмам три степени вероятности возникновения метеорологических угроз. Эти расчеты направляются в единый центр, на сайте которого прогностическая информация по ОМЯ для всех стран, входящих в данную систему, визуализируется в виде карты Европы, закра-  
 ска различных областей которой может осуществ-

ляться одним из четырех цветов, соответствующим категории опасности (красный — «очень опасно», оранжевый — «опасно», желтый — «потенциально опасно», зеленый — «спокойно»). Под картой отображается таблица, в которой для каждой страны указаны вид и категория опасности (например, на приведенном ниже рисунке для Германии прогнозируется сильный ветер). При необходимости получения более детальной прогностической информации осуществляется переход на сайт метеослужбы той или иной страны.



AT	⚡	IT	⚡
BE		LU	
CH		LV	
CY		MK	
CZ		MT	
DE	⚡	NL	
DK		NO	⚡
EE		PL	⚡
ES	⚡	PT	⚡
FI	⚡	RO	
FR	⚡	RS	
GR		SE	⚡
HR	⚡	SI	⚡
HU		SK	
IE		UK	
IS			

*В целом, следует отметить, что действующие в настоящее время СРПОМУ позволяют осуществлять лишь краткосрочные (с заблаговременностью 1—3 суток) предупреждения о возможности возникновения опасных метеорологических явлений. Эти системы не обеспечивают комплексной оценки опасности с учетом всех факторов риска, связанных с воздействием ОМЯ на население и экосистему и не предусматривают возможность оценки качества про-*

*гноза с последующей корректировкой системы. Кроме того, существенные ограничения на эффективность подобных систем накладывает отсутствие общепринятых объективных методик определения границ категорий опасности метеорологических явлений. В различных странах используются различные методики, основанные на анализе повторяемости опасных явлений либо оценках причиняемого ущерба.*

# Автоматизированная СРПОМУ «СВЕТОФОР»

ИБРАЭ РАН и ФГБУ «Гидрометцентр России» имеют давний опыт плодотворного сотрудничества в сфере разработки и научно-технической поддержки систем радиационного мониторинга и аварийного реагирования на чрезвычайные ситуации с радиационным фактором. В частности, ФГБУ «Гидрометцентр России» и ИБРАЭ РАН создается система ПАРАД, предназначенная для работы в составе территориальных автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) и аварийного реагирования. **Опираясь на этот опыт, ФГБУ «Гидрометцентр России» и ИБРАЭ РАН ведут разработку автоматизированной СРПОМУ «СВЕТОФОР», превосходящей по прогностическим возможностям известные аналоги.**

На первом этапе в 2010 г. была создана и испытана в Мурманской области автоматизированная СРПОМУ для пяти опасных метеорологических явлений по трем категориям («потенциально опасно», «опасно», «очень опасно»). Результаты испытаний показали, что СРПОМУ «СВЕТОФОР» обеспечивает более высокое качество предупреждения о вероятности возникновения сильного ветра, чем использовавшаяся ранее система на основе использования опыта синоптика и статистического метода (см. Приложение 1). Аналогичная система по решению ФГБУ «Гидрометцентр России» реализована в 2012 г. для Краснодарского края с

отдельно выделенной областью большого Сочи. В 2013 году по заказу ГПБУ «Мосэкомониторинга» было разработано техническое задание на СРПОМУ для Московского региона.

Базовая версия СРПОМУ «СВЕТОФОР» позволяла прогнозировать угрозы, связанные с воздействием пяти видов опасных метеорологических явлений — сильных холодов, сильной жары, сильного ветра, интенсивных дождей и интенсивных снегопадов. Впоследствии список ОМЯ был расширен, в него включены такие явления, как метели, грозы, ледяной дождь, гололед, волны жары и холода. **В настоящее время СРПОМУ «СВЕТОФОР» может обеспечить прогнозирование 12 ОМЯ** (в перспективе количество ОМЯ может быть увеличено) **с заблаговременностью до 5 суток и с расширенным, по сравнению с большинством зарубежных систем, диапазоном категорий опасности.** СРПОМУ «СВЕТОФОР», в отличие от зарубежных аналогов, позволяет рассчитывать и прогнозировать комплексный показатель степени комфортности метеорологических условий для населения, задавать и оптимизировать границы категорий опасности с учетом региональных особенностей (а в перспективе — с учетом степени загрязнения окружающей среды, уровня автомобильного трафика и других факторов, влияющих на здоровье людей).

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГНОЗОВ

Важной особенностью СРПОМУ «СВЕТОФОР» является **наличие встроенной в ее структуру подсистемы оценки качества предупреждений, основанной на использовании критериев опасности, с возможностью последующей адаптации математической модели для получения наиболее достоверных результатов.** При этом предварительно, при создании системы для каждого региона на основе статистического анализа рядов метеорологических наблюдений, имеющихся в распоряжении разработчиков системы, определяется диапазон категорий опасности каждого из опасных явлений.

В рамках проведения сравнительных испытаний двух основных на сегодняшний день методик прогнозирования ОМЯ (автоматизированного метода «СВЕТОФОР» и метода с использованием статистического прогноза с коррекцией синоптика) была выполнена оценка качества предупреждения об опасном ветре в Мурманской области. Эта впервые проведенная в России оценка показала, что автоматизированный метод, реализованный в СРПОМУ «СВЕТОФОР», обеспечивает более высокий уровень предупрежденности при существенно меньшем количестве «ложных тревог». Результаты сравнения приведены в Приложении 1.



СРПОМУ «СВЕТОФОР» включает в себя следующие модули и блоки:

- **модуль сбора исходной метеорологической информации**, в который входят базы данных, а также подсистемы, обеспечивающие поддержку сетевых протоколов, связь и взаимообмен информацией с внешними источниками метеоданных (всемирной сетью метеостанций, метеоспутниками и т. д.);
- **основной расчетный модуль**, являющийся гидродинамической мезомасштабной моделью;
- **модуль интерпретации результатов численного расчета**;
- **модуль визуализации информации**;
- **средства связи и взаимодействия** с конечными пользователями.

Работа системы начинается со сбора метеорологической информации, поступающей из различных источников, и ее размещения в базах данных. С помощью глобальной гидродинамической модели (российской «ПЛАВ» или американской GFS/NCAR) выполняется расчет начальных условий для мезомасштабной модели, после чего производится численный прогноз метеозакономерностей с использованием одной из наиболее совершенных на сегодняшний день гидродинамической региональной (мезомасштабной) модели WRF-ARW (США) с высоким пространственным разрешением, которая уже более семи лет применяется при расчете регулярных метеорологических прогнозов в ФГБУ «Гидрометцентр России».

Ключевым элементом СРПОМУ является интерпретация численных расчетов с применением специально разработанного ФГБУ «Гидрометцентр России» алгоритма. Результаты интерпретации визуализируются в наглядной и хорошо читаемой форме и по сети Интернет или другим каналам связи направляются конечным пользователям.

*Одно из существенных отличий СРПОМУ «СВЕТОФОР» от зарубежных аналогов состоит в том, что в ней реализован принцип «обратной связи», основанной на оценке качества выпуска предупреждения по каждому из ОМЯ и соответствующей корректировке параметров расчетных моделей. Данные, на основе которых выполняется оценка качества предупреждений, поступают с измерительной сети синоптических станций. Такая схема обеспечивает высокую эффективность работы СРПОМУ и открывает возможности ее дальнейшего совершенствования.*

# Примеры практического применения СРПОМУ «СВЕТОФОР»

## 1. Пример предупреждения об опасных холодах в Мурманской области

На цветной карте Мурманской области показано, что на территории Кандалакшского и Lovozerskogo районов Мурманской области 7 января 2010 г. ожидалось (и наблюдались) сильные морозы в ка-

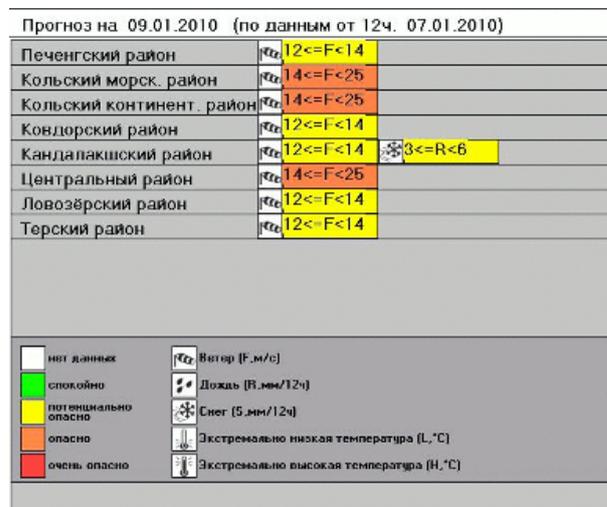
тегории «потенциально опасно», что соответствует температуре воздуха от -35 до -40 °С. Предупреждение полностью оправдалось.



## 2. Пример предупреждения о сильном снегопаде в Мурманской области 9 января 2010 г.

Из цветной карты Мурманской области показано, что в Кандалакшском районе в течение 9 января

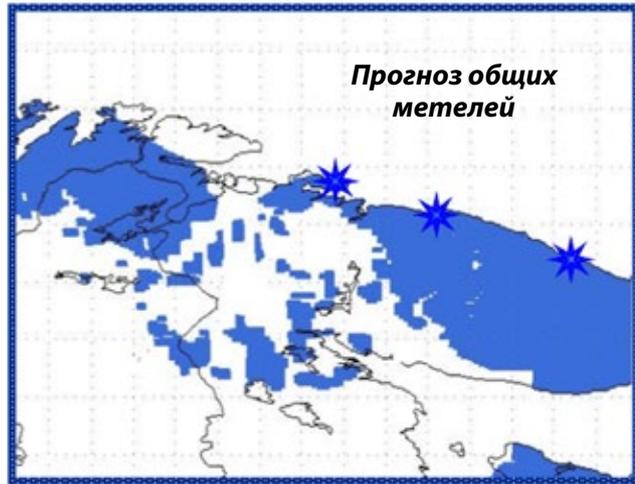
2010 г. ожидался (и подтвердился) сильный снегопад в категории «потенциально опасно».



### 3. Пример предупреждения о метелях

Предупреждение с заблаговременностью 24 часа о низовых и общих метелях в Мурманской обла-

сти 17 февраля 2007 года. Прогноз полностью оправдался.



### 4. Пример предупреждения о сильном ветре в районах Мурманской области 8 января 2012 г.

На карте Мурманской области показано, что в шести из восьми районов 8 января 2012 года ожидались сильные порывы ветра в категориях «потен-

циально опасно» и «опасно». Прогноз полностью оправдался.



Диагноз в интервале от 12ч. 07.01.2010 до 0ч. 08.01.2010

Печенгский район	14<=F<25
Кольский морск. район	14<=F<25
Кольский континент. район	12<=F<14
Ковдорский район	-40<L<=-35
Кандалакшский район	12<=F<14
Центральный район	14<=F<25
Ловозерский район	14<=F<25  -40<L<=-35
Терский район	12<=F<14

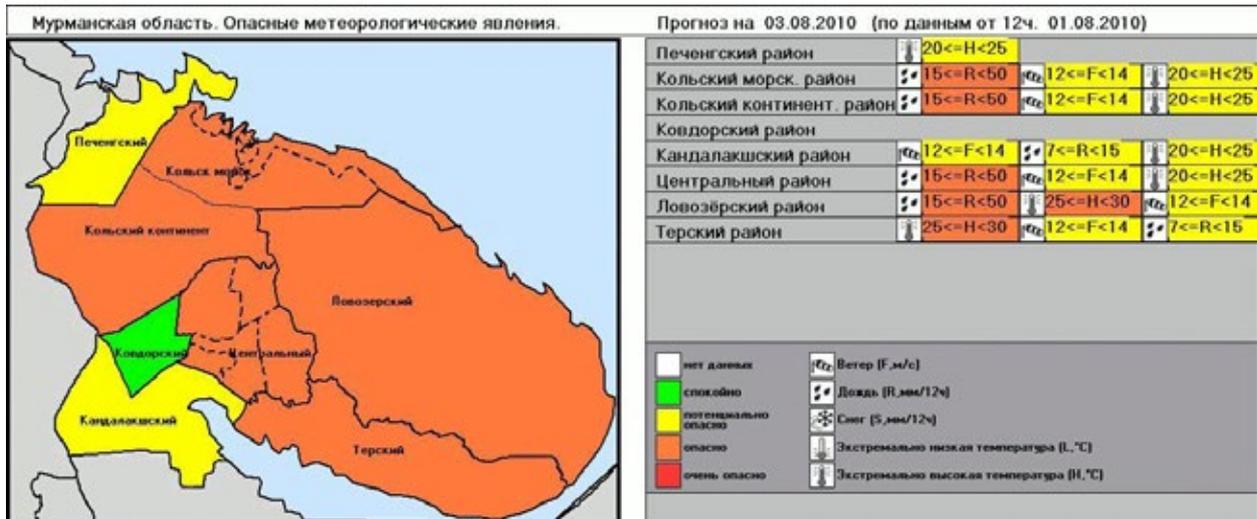
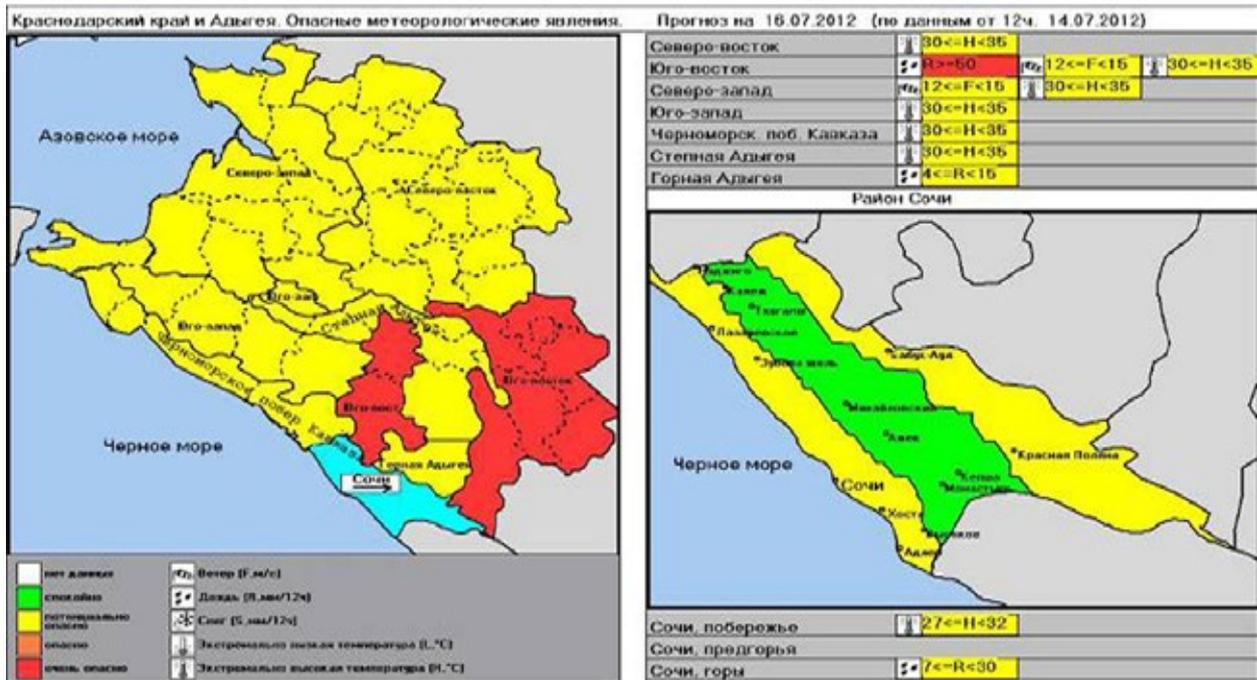
нет данных	Ветер (F, м/с)
спокойно	Дождь (R, мм/12ч)
потенциально опасно	Снег (S, мм/12ч)
опасно	Экстремально низкая температура (L, °C)
очень опасно	Экстремально высокая температура (H, °C)



## 5. Пример предупреждения о сильной жаре в Мурманской области и Краснодарском крае

На карте Краснодарского края оранжевым цветом отмечены районы, в которых 16 июля 2012 года прогнозировалась опасная жара; прогноз полно-

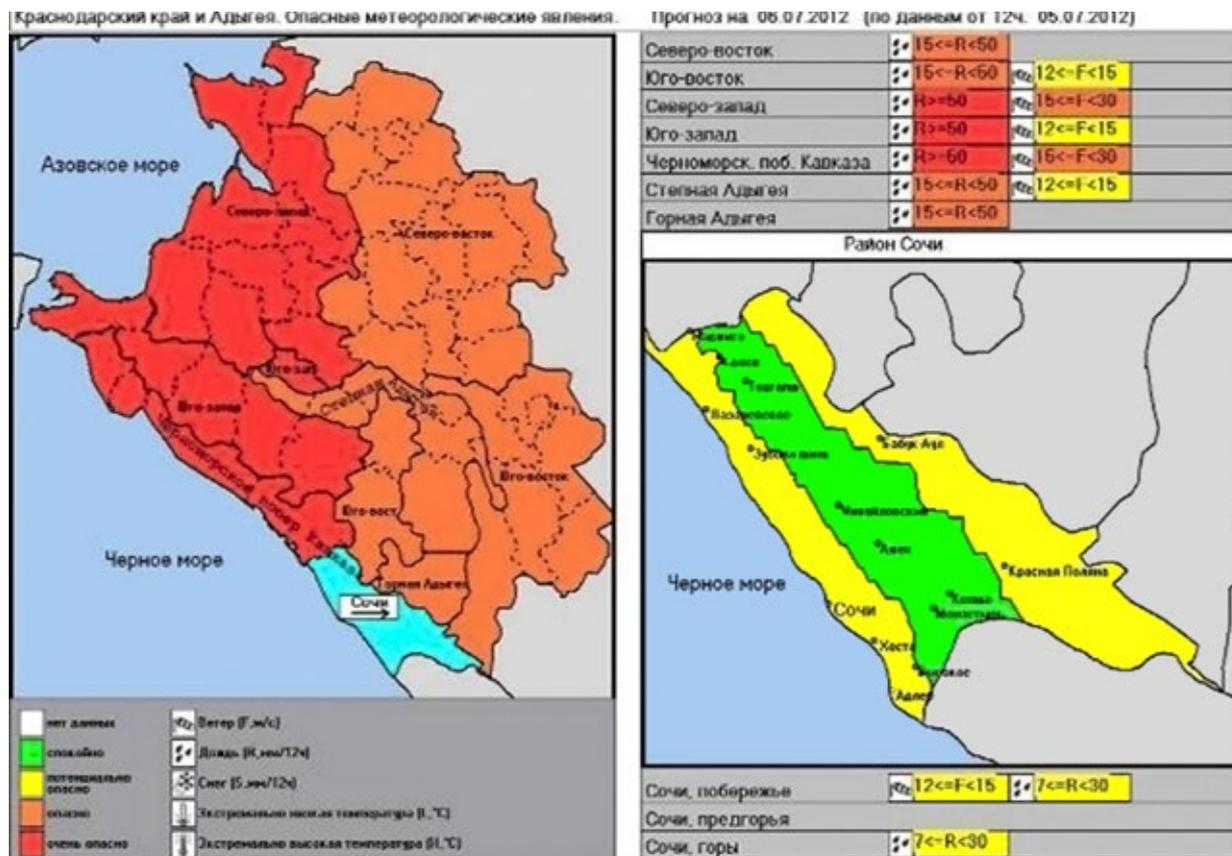
стью подтвердился. Для Мурманской области жара прогнозировалась 3 августа 2010 года почти на всем Кольском полуострове, что также подтвердилось.



## 6. Пример предупреждения о ливнях в Крымске 6 июля 2012 г.

На цветной карте прогноза на 6 июля 2012 г., выполненного СРПОМУ «СВЕТОФОР» для Краснодарского края (то есть, за сутки до трагического наводнения), районы Краснодарского края и Сочи закрашены оранжевым и красным цветами. Это

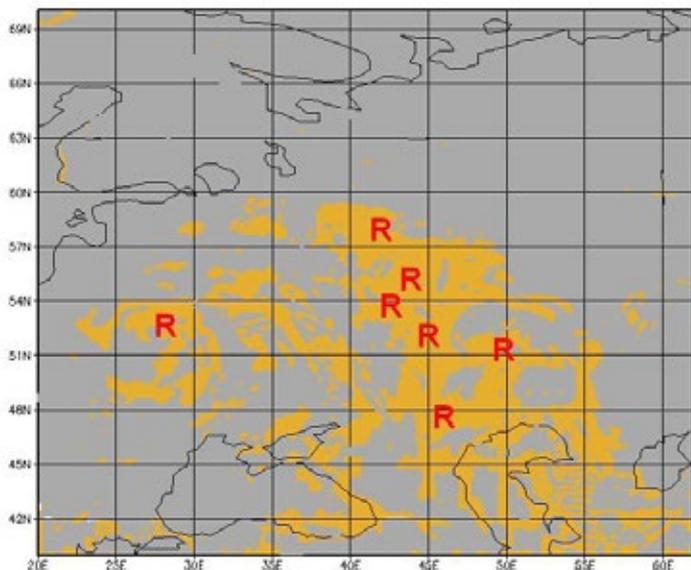
означает, что для них были даны прогнозы сильных дождей в категориях «очень опасно» и «опасно». К сожалению, прогноз оправдался и ливневые дожди стали причиной катастрофического наводнения в Крымске.



## 7. Пример предупреждения о грозах

На карте прогноза гроз для Европейской части России оранжевой заливкой обозначены районы, на территории которых 15 августа 2012 г. вероятна грозовая активность. Прогноз был произведен на

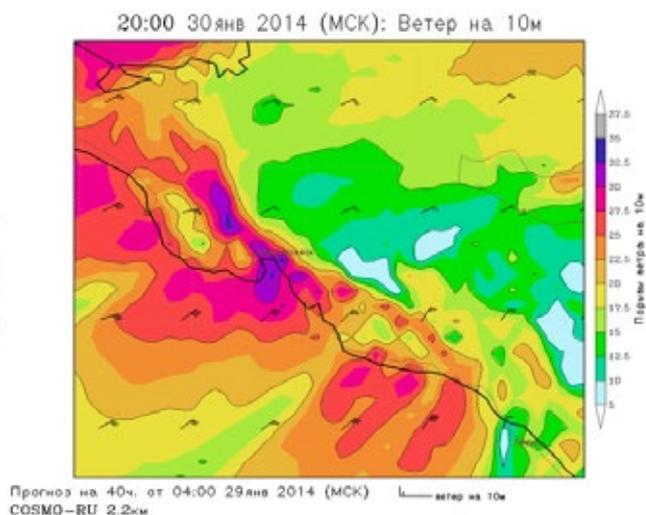
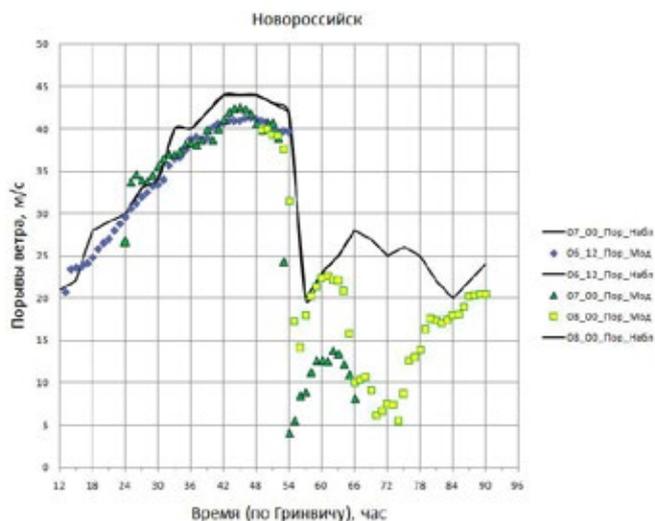
основе индекса неустойчивости атмосферы, учитывающего вертикальную скорость подъема воздуха, температуру воздуха и точку росы. Красными значками нанесены наблюдавшиеся грозы.



## 8. Пример предупреждения о Новороссийской боре

Бора (или норд-ост) — сильный и порывистый ветер, возникающий при переваливании воздушной массы через горный хребет и направленный вниз по горному склону, расположенному вблизи морского побережья. Скорость ветра при этом достигает 30—35 м/с, порывами до 50 м/с. Поздней осенью и зимой бора приносит сильное похолодание

в район Новороссийска и на Черноморское побережье Кавказа. Поэтому прогноз возникновения и продолжительности боры представляет собой актуальную задачу по обеспечению безопасности жизнедеятельности людей на побережье и на море, безопасности районов шельфовой нефте- и газодобычи и т. д.



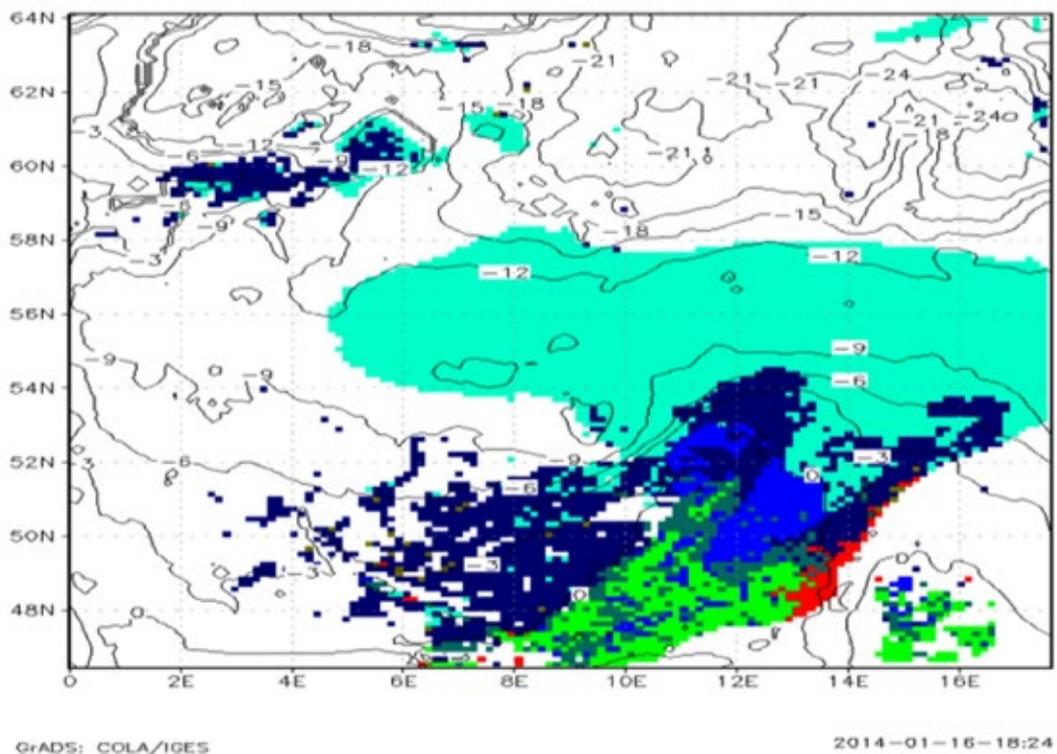
## 9. Пример предупреждения о гололеде и ледяном дожде

На карте Европейской территории России представлен прогноз типа и интенсивности ожидаемых осадков. Красный цвет соответствует ледяному дождю, образующему гололед, темно-синий цвет — мокрому снегу, зеленый — дождю, темно-зелёный — смешанным осадкам (дождь с мокрым снегом и снежной крупой), светло-синий — снегу.

Неблагоприятные явления наблюдались в южной части Европейской территории при прохождении

активного циклона со Средиземного моря. В районах с приземной температурой, близкой к нулю, прогноз фазы осадков крайне затруднителен.

Использование СРПОМУ «СВЕТОФОР» открывает возможность адекватной оценки вероятности распределения различных фаз осадков по территории тех или иных регионов. Это позволяет уверенно прогнозировать такие опасные явления, как ледяной дождь и гололед.



# Область применения СРПОМУ «СВЕТОФОР»

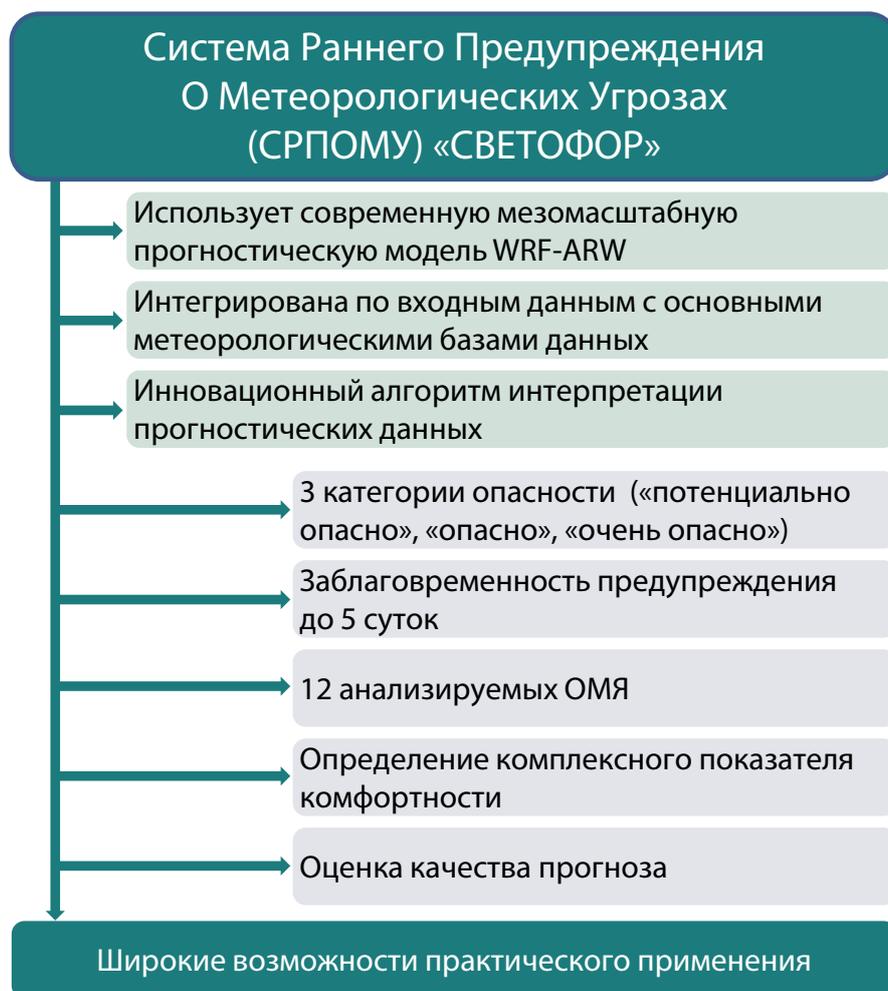
## ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СРПОМУ «СВЕТОФОР»

Автоматизированная система раннего предупреждения о метеорологических угрозах (СРПОМУ «СВЕТОФОР») предназначена для оценки и прогнозирования вероятности возникновения опасных и редких и экстремальных гидрометеорологических явлениях, таких как сильный мороз, сильная жара, волны мороза и волны жары, сильные дожди, снегопады, грозы, метели.

Система обеспечивает расчет комплексного показателя комфортности (КПК) с учетом различных гидрометеорологических и сопутствующих факто-

ров, оказывающих влияние на жизнедеятельность и здоровье населения России.

СРПОМУ «СВЕТОФОР» основана на интерпретации результатов численного прогноза опасных метеорологических явлений в конкретном регионе России, выполненного с помощью одной из наиболее совершенных мезомасштабных (с пространственным разрешением до 2 км, в зависимости от наличия вычислительных ресурсов, и радиусом модельной области до 1000 км) прогностических моделей WRF-ARW (США).



В качестве начальных данных для численного прогноза используются данные лучших российских и зарубежных глобальных моделей (в частности, «ПЛАВ», разработанной ФГБУ «Гидрометцентр России» совместно с Институтом вычислительной математики РАН глобальной полулагранжевой конечно-разностной модели прогноза полей метеорологических элементов, и разработанной в

Национальном центре атмосферных исследований США глобальной прогностической модели Global Forecast System / NCAR).

Конечным результатом работы СРПОМУ «СВЕТО-ФОР» является предупреждение о степени вероятности возникновения тех или иных ОМЯ в указанном регионе в заданный промежуток времени.

*Система позволяет получать предупреждения с заблаговременностью 5 суток в трех категориях опасности («потенциально опасно», «опасно», «очень опасно») о следующих редких и опасных метеорологических явлениях:*

- 1. опасно низкая температура приземного воздуха;*
- 2. опасно высокая температура приземного воздуха;*
- 3. опасно сильные дожди;*
- 4. опасно сильные снегопады;*
- 5. опасно сильный ветер;*
- 6. крайне опасные порывы ветра;*
- 7. общие метели;*
- 8. низовые метели;*
- 9. грозы;*
- 10. ледяные дожди;*
- 11. бора (норд-ост);*
- 12. критические состояния индекса комфортности проживания населения.*



**СРПОМУ «СВЕТОФОР» ориентирована на решение следующих задач:**

- экспертно-консультационная поддержка органов власти различных уровней, муниципальных и коммунальных служб;
- предоставление прогностической информации о возможности возникновения опасных метеорологических явлений для МЧС России, других ведомств и организаций, действующих в области здравоохранения и защиты населения;
- прогностическое обеспечение деятельности аэропортов и авиаперевозчиков;
- оказание услуг государственным, страховым и коммерческим организациям, заинтересованным в прогнозировании ОМЯ;
- гидрометеорологическое обеспечение нефтегазодобывающих предприятий, особенно в районах, характеризующихся повышенной вероятностью возникновения ОМЯ (Арктический и Дальневосточный регионы России, морские акватории в районах берегового шельфа и т. д.).

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Проведенные исследования показали, что величина предотвращаемого, благодаря своевременному предупреждению, экономического ущерба зависит от интенсивности погодного явления, точности его предсказания, региона его распространения, отрасли экономики, для которой дается прогноз.

Приведем пример расчета экономической эффективности от использования в ЖКХ предупреждения о сильных ливнях и крупном граде, сопровождавшемся шквалистым усилением ветра до 20 м/с в Ставропольском крае 13 июня 2009 года.

Фактически в период 19 ч 00 мин — 22 ч 00 мин в г. Минеральные Воды отмечался сильный дождь 14 мм, шквал 20 м/с, град 6 мм, по свидетельству очевидцев и страховых компаний в центре города выпал град диаметром 20—30 мм (в форме шайбы). По данным ГУ МЧС России по Ставропольскому краю, в результате воздействия сильного ветра произошел обрыв электропроводов, выш-

ли из строя фидеры 6 кВт, без электроснабжения в течение 4 ч 30 мин оказались 8 многоэтажных и 110 частных домов, в которых проживает около 3000 чел. Градом частично побиты стекла, шифер. Ущерб составил около 5 млн руб.

Предупреждение о надвигающемся опасном явлении было передано с заблаговременностью 8 ч., что позволило предпринять ряд защитных мер: предприятиями ЖКХ проводилась проверка и расчистка ливневых стоков, были приведены в повышенную готовность аварийно-спасательные службы; население оповещалось через СМИ; в крупных автосервисных компаниях своевременно укрывались автомобили, в организациях — техника и другое имущество.

Экономический эффект этих защитных мер составил около 1 200 000 руб., при этом в случае большей заблаговременности и надежности прогноза экономические потери от стихийного бедствия могли быть значительно снижены.



# Приложение 1.

## Характеристики качества прогнозов категорий опасности сильного ветра

В данной работе приводится статистика сравнения прогнозов категорий «потенциально опасно» и «опасно» за интервал с 10 февраля по 25 марта 2012 г. по системам раннего предупреждения, основанным на методе «MOS+синоптик» и на интерпретации прогнозов гидродинамической модели WRF-ARW для сильного ветра. Это холодный период года, в течение которого наблюдалось в основном два опасных явления — сильный ветер и сильный снегопад. Повторяемость сильных ветров на территории Мурманской области по сравнению со снегопадами гораздо выше. В качестве суммарного показателя качества прогноза был рассчитан критерий Пирса — Обухова. Он характеризует качество прогноза наличия явления.

На приведенных справа диаграммах дано сравнение качества предупреждения о сильных ветрах, полученных автоматическим и ручным («MOS+синоптик») методами, с использованием трех категорий опасности («потенциально опасная» — желтый цвет, «опасная» — оранжевый и «очень опасная» — красный) и двух временных интервалов предупреждения (0—12 ч внешние кольца и 12—36 ч внутренние кольца). Темно-коричневым цветом обозначены некачественные прогнозы, а белым цветом — отсутствие прогнозов либо явлений. Как показывает практика, хорошим признается прогноз с критерием Пирса — Обухова более 0,3. Чем ближе к единице, тем качественнее прогноз.

Диаграммы «а» и «б» характеризуют отношение числа правильных прогнозов к числу ложных прогнозов сильного ветра в соответствующих категориях. Видно, что автоматический метод для заблаговременности 12 часов дает приблизительно одну треть ложных прогнозов, а метод «MOS+синоптик» — одну пятую. Методом «MOS+синоптик» не было дано ни одного пра-

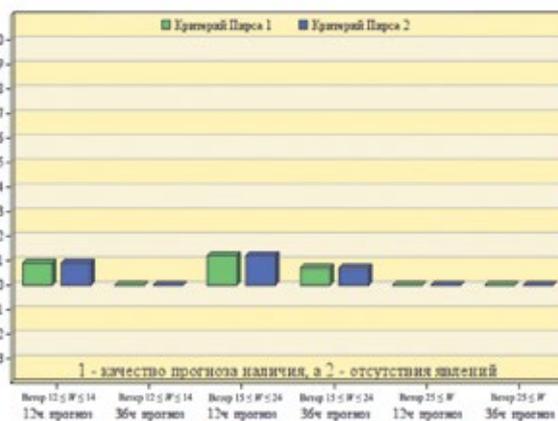
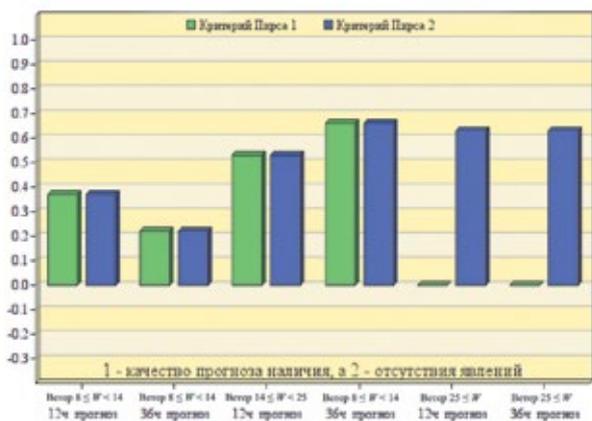
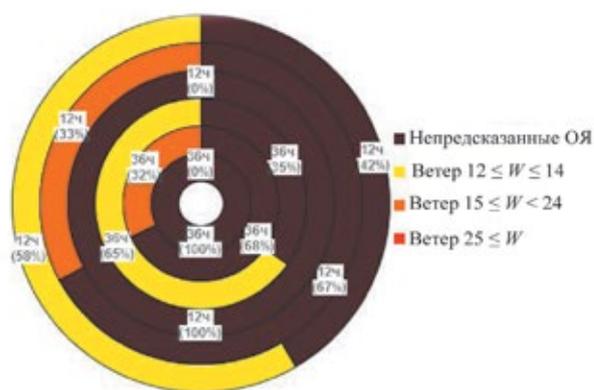
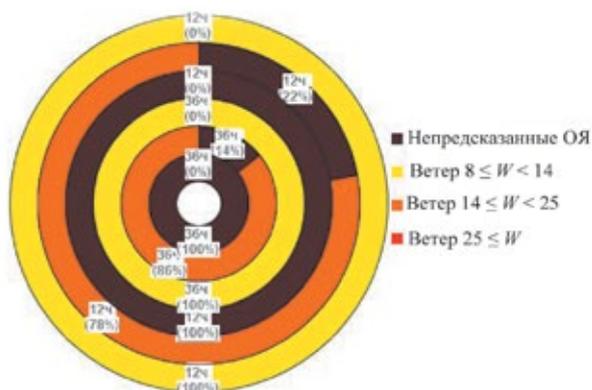
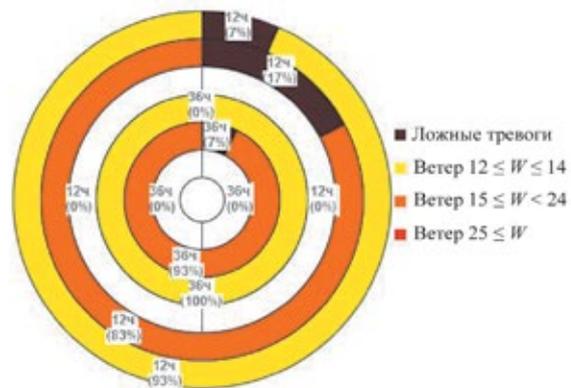
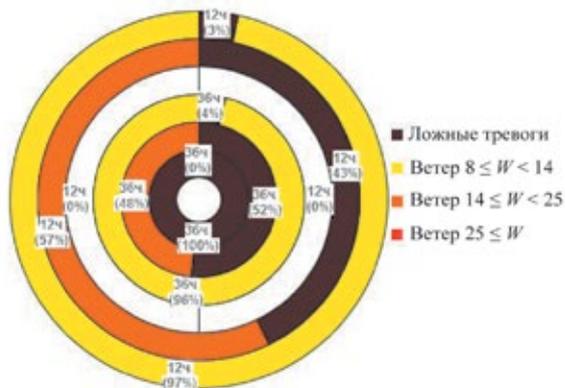
вильного прогноза категории «потенциально опасно» на срок 12—36 часов. На обеих диаграммах отсутствуют сегменты, соответствующие категории «очень опасно». Это означает, что ни одной из систем не было дано ни единого прогноза в этой категории.

Из диаграмм «в» и «г», иллюстрирующих отношение предупрежденных явлений к непредсказанным, видно, что при использовании метода «MOS+синоптик» процент предсказанных явлений намного ниже, чем при использовании автоматической системы (в среднем 10% против 60% соответственно).

В целом из сравнения диаграмм можно сделать вывод: несмотря на то, что треть прогнозов оказываются ложными, автоматический метод позволяет хорошо предсказывать вероятность возникновения сильного ветра в категориях «потенциально опасно» и «опасно», в то время как метод «MOS+синоптик» гораздо реже дает оправдывающиеся прогнозы.

На гистограммах «д» и «е» представлены расчеты критерия Пирса—Обухова (КПО) автоматическим и ручным методами. Как показывает практика, хорошим признается прогноз с КПО > 0,3 (чем КПО ближе к 1, тем качественнее прогноз). Очевидно, что автоматическая система, основанная на гидродинамической модели, обеспечивает в целом более качественные прогнозы опасного ветра, чем метод «MOS+синоптик».

В журнале «Арктика: экология и экономика» №4(16) за 2014 г. опубликована статья «Первые оценки качества работы систем раннего предупреждения о метеорологических угрозах для Мурманской области»: [http://ibrae.ac.ru/docs/4\(16\)/077\\_085\\_ARKTIKA\\_4\(16\)\\_12\\_2014.pdf](http://ibrae.ac.ru/docs/4(16)/077_085_ARKTIKA_4(16)_12_2014.pdf)



Сравнение оправдываемости прогноза (а, б), предупрежденности явлений (в, г) и критериев Парса—Обухова (д, е) для прогноза сильного ветра автоматической системой (а, в, д) и системой «MOS+синоптик» (б, г, е)

# Приложение 2.

## Технологическая платформа «Комплексная безопасность промышленности и энергетики»

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН совместно с Национальным исследовательским центром «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт») являются инициаторами Технологической платформы «Комплексная безопасность промышленности и энергетики» (ТП КБПЭ). В дальнейшем, к ИБРАЭ РАН и НИЦ «Курчатовский институт» присоединился МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Эта инициатива стала ответом на Поручение Владимира Владимировича Путина (протокол заседания Совета генеральных и главных конструкторов при Председателе Правительства Российской Федерации от 07.12.2009 г. № 4, п. 7). В нем Президент России (в то время занимавший пост Председателя Правительства РФ), позитивно оценивая опыт ведущих организаций, работающих над созданием систем безопасности в атомной отрасли, поручил учесть этот опыт при разработке мер по обеспечению надежности и безопасности в промышленности и энергетике.

Научными руководителями ТП КБПЭ являются директор НИЦ «Курчатовский институт» член-корреспондент РАН **М. В. Ковальчук**, директор ИБРАЭ

РАН член-корреспондент РАН **Л. А. Большов** и ректор МГТУ им. Н. Э. Баумана профессор **А. А. Александров**.

**Деятельность Платформы охватывает широкий спектр направлений:** от ядерной и радиационной безопасности, пожарной и экологической безопасности, неразрушающего контроля и технической диагностики оборудования и объектов до комплексных систем мониторинга и управления безопасностью сложных технических объектов и систем; от комплексной безопасности зданий и сооружений до мониторинга прогнозирования и моделирования природных явлений, их вероятных последствий и обеспечения безопасности жизнедеятельности в целом. К сфере приоритетных интересов ТП КБПЭ относятся также информационные технологии, системы телекоммуникации и связи, вопросы надежности систем энергетики и проблемы энергетической безопасности, обеспечение безопасности на транспорте, анализ финансовых рисков и развитие страховых инструментов, социально-экономические, нормативно-правовые и нормативно-технические аспекты комплексной безопасности промышленности и энергетики.

*ТП КБПЭ была утверждена и включена в перечень российских технологических платформ на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России (протокол № 2 от 31 июля 2013 г.).*

## ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК В РАМКАХ ТП КБПЭ

- Сравнение нормативно-правовой базы обеспечения безопасности в атомной энергетике и в других отраслях промышленности и видах энергетике, выработка рекомендаций по ее совершенствованию.
- Выработка рекомендаций по совершенствованию нормативно-правовой базы обеспечения радиационной безопасности, включая радиационную безопасность в медицине.
- Разработка основных документов по обеспечению безопасности по запросу надзорных органов с финансированием заинтересованных компаний или промышленных союзов, включая безопасность топливно-энергетического комплекса, химическую и биологическую безопасность, безопасность зданий и сооружений и т. д.
- Создание базовых моделей анализа и обоснования безопасности конкретных технологий или проектов на основе опыта атомной энергетики по заказу компаний.
- Оценка и управление рисками в промышленности и энергетике.
- Развитие и совершенствование при поддержке научных фондов общих методов вероятностного и детерминистского анализа безопасности, технологий мониторинга, прогнозирования и моделирования природных явлений и их вероятных последствий.
- Применение опыта многомерного моделирования с использованием суперкомпьютерных вычислений для создания базовых методов анализа и обоснования безопасности неатомных технологий по заказу промышленности.
- Развитие методов анализа и обоснования экологической безопасности (включая экологическую безопасность арктических регионов), обращения и утилизации (переработки) отходов.
- Развитие методов комплексного мониторинга безопасности различных неатомных технологий с применением новейшего диагностического оборудования.
- Создание при поддержке промышленных союзов баз данных по диагностическому оборудованию в различных областях промышленности и энергетики.
- Выработка рекомендаций по построению комплексных систем мониторинга и управления безопасностью сложных технических объектов по заказам компаний и/или региональных и федеральных органов власти.
- Разработка принципов защиты населения при авариях на различных объектах промышленности и энергетики и обеспечения безопасности жизнедеятельности в целом по заказам компаний и/или региональных и федеральных органов власти.
- Совершенствование методов взаимодействия с населением при тяжелых авариях на промышленных и энергетических объектах.
- Применение технологий управления жизненным циклом наукоемких изделий и промышленных объектов (по отраслям промышленности).
- Развитие механизмов государственно-частного партнерства при решении задач комплексной безопасности промышленности и энергетики.

## СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТП КБПЭ

Важнейшим итогом деятельности в рамках ТП КБПЭ должно стать формирование условий, способствующих реализации проектов, обеспечивающих трансформацию инновационных научных идей в востребованные рынком инновационные

технологии, продукты и услуги, направленные на повышение комплексной безопасности промышленности и энергетики, в первую очередь, в области прогнозирования и предупреждения аварийных, чрезвычайных и внештатных ситуаций.

Консультантом работ по конвертации технологических идей и проектов в инновационные бизнес-проекты выступает ОАО «Федеральный центр проектного финансирования» (дочерняя организация Внешэкономбанка, которому принадлежит 100% акций ФЦПФ). Технологическая платформа в лице директора ИБРАЭ РАН Л. А. Большова подписала с ОАО «ФЦПФ» Соглашение о сотрудничестве и обмене информацией.

*В настоящее время в рамках ТП КБПЭ сформированы консорциумы с участием ИБРАЭ РАН в качестве головной организации для реализации пилотных проектов, результатами которых должна стать разработка ряда важнейших инновационных промышленных технологий из числа ниже приведенных и создание соответствующих образцов продуктов.*

### Базовые технологии, которые предполагается развивать в рамках ТП КБПЭ

А. Технологии интегрированных интеллектуальных систем управления производством, включая технологии комплексного управления жизненным циклом продукции	
<b>А.1.</b>	технологии комплексного управления жизненным циклом продукции.
<b>А.2.</b>	технологии обработки и анализа «больших» данных о предпочтениях потенциальных клиентов и их дальнейшей интеграции в процессы формирования требований к дизайну изделий.
<b>А.3.</b>	технологии и системы мониторинга и управления комплексной безопасностью:
<b>А.3.1.</b>	технологии математического, компьютерного моделирования сложных технических систем, аварийных процессов в энергетических и промышленных установках, а также анализа их влияния на жизнедеятельность человека и экономику;
<b>А.3.2.</b>	технологии мониторинга (сбора, обработки, передачи и анализа информации) состояния и уровня безопасности, а также технологии управления безопасностью промышленных объектов, объектов энергетики и распределительных систем, инфраструктурных объектов и опасных грузов, обеспечивающие контроль и противоаварийное управление на всех этапах жизненного цикла в реальном масштабе времени;
<b>А.3.3.</b>	технологии анализа и управления рисками;
<b>А.3.4.</b>	технологии математического моделирования и обработки информации, полученной об объектах промышленности и энергетики;
<b>А.3.5.</b>	технологии непрерывного мониторинга и адаптивного управления производственными процессами;
<b>А.3.6.</b>	технологии технической и расчетно-аналитической поддержки управления и принятия решений в реальном или квазиреальном масштабах времени, направленные на решение задач предупреждения аварийных и чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах, системообразующих объектах энергетики и объектах коммунальной энергетики;
<b>А.3.7.</b>	технологии и системы интеллектуальной технической диагностики и неразрушающего контроля:
	технологии оперативной режимной диагностики промышленного и энергетического оборудования, а также трубопроводов, систем тепло- и электроснабжения и др. без вывода их из эксплуатации, базирующиеся на использовании принципов многокритериальной оценки состояния материалов с адаптивными алгоритмами управления параметрами применяемых видов физических полей,
	технологии диагностирования внутренней структуры материалов, основанные на новых принципах взаимодействия различных физических полей, в том числе их комплексации с компьютерной визуализацией результатов и вычислительным восстановлением трехмерной внутренней структуры объекта,
	технологии неразрушающего контроля материалов с использованием современных методов и средств, повышающих достоверность результатов контроля,

	технологии оптимизации информационных характеристик, направленные на создание систем эксплуатационного мониторинга ресурса по условиям прочности (специализированных расчетно-информационных технических систем, позволяющих проводить эксплуатацию объекта диагностирования по его фактическому состоянию на базе контроля остаточного и выработанного ресурсов критических конструктивных элементов),
	технологии томографических систем визуализации неоднородностей материала с использованием физических полей рассеянного излучения,
	высокопроизводительные и высокоинформативные технологии электромагнитного и акустического контроля качества сварных соединений и основного металла высоконагруженного оборудования и трубопроводов потенциально опасных производственных объектов (АЭС, ТЭС, трубопроводный транспорт) на основе техники антенных решеток,
	высокоинформативные технологии контроля, обеспечивающие распознавание образов выявленных дефектов, анализ и оценку напряженно-деформированного состояния применительно к задачам эксплуатационного мониторинга ресурса оборудования и трубопроводов потенциально опасных производственных объектов,
	технологии и системы защиты мощных турбогенераторов от аварийных режимов работы.
<b>А.4.</b>	технологии систем контроля производственных процессов, включая высокоточные сенсоры и сенсорные системы для «умных» производств:
	технологии создания высокоточных и энергоэффективных сенсорных систем и их элементов, в том числе для использования в агрессивных и экстремальных средах,
	технологии сбора и анализа многомерных и разноформатных данных сенсорных сетей,
	технологии и протоколы эффективной передачи информации в сенсорных сетях.
<b>А.5.</b>	технологии гибкого межфирменного производственного планирования в рамках цепочек поставок на основе облачных решений.
<b>А.6.</b>	технологии электронного управления правами на продукты и интеллектуальную собственность в рамках интегрированных межфирменных цепочек поставок.
<b>А.7.</b>	межфирменные технологии контроля прав доступа к управлению производственными процессами, основанные на гибкой ролевой модели.
<b>Б. Технологии индустриальной математики включая многомерное и многоцелевое моделирование и проектирование сложных изделий и производственных процессов</b>	
<b>Б.1.</b>	технологии многомерного и многоцелевого моделирования, интегрированные во все стадии разработки дизайна продукта (CAD, CAM, CAE).
<b>Б.2.</b>	технологии виртуальной реальности для оптимального проектирования производственных мощностей, воссоздания внешнего вида и тестирования комплексных изделий, обучения персонала и др.
<b>Б.3.</b>	технологии имитационного моделирования комплексных производственных процессов.
<b>Б.4.</b>	технологии и алгоритмы высокопроизводительных вычислений для задач моделирования производственных процессов и функциональных свойств материалов и продуктов.
<b>Б.5.</b>	технологии распределенного проектирования, интеграции и тестирования моделей.
<b>Б.6.</b>	технологии проектирования, производства и поставки продукции потребителю в формате сервиса по использованию продукции с гарантированными параметрами эксплуатации, ремонта, обслуживания и утилизации.
<b>Б.7.</b>	системы организации «умных» рабочих мест на производстве:
<b>Б.7.1.</b>	технологии визуализации многомерных данных о производственных процессах;
<b>Б.7.2.</b>	технологии создания интерфейсов «plug-and-play» в производственной среде для использования персоналом;

<b>Б.7.3.</b>	технологии интерактивного обучения (e-learning) и поддержки принятия решений для персонала с различными компетенциями и уровнем ответственности (включая технологии дополненной реальности);
<b>Б.7.4.</b>	технологии создания интерфейсов «робот-человек» для производственных сред, работающие в реальном времени;
<b>Б.7.5.</b>	технологии создания виртуальных диагностических комплексов для мониторинга промышленного оборудования и имитационных стендов для оценки технического состояния промышленных объектов.

## ПИЛОТНЫЕ ПРОЕКТЫ ПО РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИЮ НОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ И СЕРВИСОВ

### Научное обоснование уровней допустимых рисков в промышленности на примере нефтегазовых производственных объектов.

#### *Участники Консорциума:*

ИБРАЭ РАН,  
 ИПИ РАН,  
 НИЦ «Курчатовский институт»,  
 Группа компаний АйТи,  
 Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова,  
 ООО «Корпоративные электронные системы»,  
 ООО «НИИ прикладной математики и сертификации»,  
 ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность» при Ростехнадзоре,  
 ЗАО «ВЭЛД».

*Заказчик: ОАО «Газпромнефть».*

### Создание интегрированной информационной системы управления устойчивым развитием территории и технологии информационного обеспечения процессов управления на базе ситуационного центра региона с применением сервисно-ориентированного подхода и механизмов государственно-частного партнерства.

#### *Участники Консорциума:*

ИБРАЭ РАН,  
 НИУ «Высшая школа экономики»,  
 МГТУ им. Н. Э. Баумана,  
 Группа компаний АйТи,  
 Группа компаний «НЕОЛАНТ»,  
 ОАО «Ростелеком».

## Интегрированная система управления безопасностью атомной отрасли.

### *Участники Консорциума:*

ИБРАЭ РАН,  
ОАО «ГНЦ НИИАР»,  
ФГУП РЯЦ-ВНИИЭФ,  
ФГУП «ФЯО Горно-химический комбинат»,  
ОАО «ПО «Электрохимический завод»,  
ФГУП «СКЦ Росатома»,  
Аварийно-спасательное формирование Нововоронежского ф-ла ФГУП АТЦ СПб, ФГУП «ПО «Маяк»,  
Группа компаний «НЕОЛАНТ».

**Программа исследований и разработок «Национальный интегрированный программный комплекс оценки радиологических последствий возможных аварийных ситуаций на объектах использования атомной энергии».**

**Создание системы управления единой математической моделью технически сложного объекта.**

**Разработка системы раннего предупреждения о метеорологических угрозах.**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.  
Головная организация — ФГБУ «Гидрометцентр России».

**Разработка технологий эффективного управления режимами гибридных энергетических комплексов на основе использования дизельных электростанций и оптимизации функционирования систем «Умная инфраструктура».**

**Разработка опор из композитных материалов и технических решений для ультракомпактных высоковольтных линий на различные классы напряжений».**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.  
Головная организация — ООО «Электромаш».

**Создание подстанции высокой заводской готовности 110(35)/20(10.6) кВ нового поколения, выполненной на базе технологии «Цифровая подстанция» (ПС ВЗГ-ЦПС).**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.

### *Состав исполнительного Консорциума:*

Научно-внедренческий центр информационно-управляющих систем ОАО «Научно-технический центр Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (НВЦ ИУС НТЦ ФСК ЕЭС),  
ОАО «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»,  
ЗАО «Чебоксарский электроаппаратный завод»,  
ЗАО «Компания ДЭП»,  
ЗАО «Профотек».

#### **Создание объектов малой энергогенерации на условиях когенерации.**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.

Головная организация — ООО «СКМ-Инфра».

#### **Производство специального оптического волокна, включая магнито-чувствительное оптическое волокно, и волоконно-оптических измерительных приборов, применяемых в различных отраслях промышленности.**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.

Головная организация — ЗАО «Профотек».

#### **Разработка и производство аппаратного комплекса мониторинга и диагностики ЛЭП («Напро»).**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.

Головная организация — НП «НаукПром».

#### **Разработка и производство оптоэлектрического кабеля.**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.

Головная организация — ООО «ФК «Система».

#### **Разработка Интегрированной системы автоматизации подстанций «iSAS».**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.

*Состав исполнительного Консорциума:*

ООО «Лаборатория интеллектуальных сетей и систем»,

ЗАО «Профотек».

#### **Создание датчиков на базе тугоплавких тонкопленочных полупроводников для измерения давления высокотемпературных газотурбинных установок.**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.

Головная организация — ООО «Сенсор».

#### **Создание радиационно-стойких датчиков на базе тугоплавких тонкопленочных полупроводников для измерения давления теплоносителя первого контура ВВЭР.**

Координатор проекта со стороны ТП КБПЭ — ИБРАЭ РАН.

Головная организация — ООО «Сенсор».

В ближайшей перспективе в рамках Технологической платформы предполагается разработка ряда других проектов.



*Знакомство с экспозицией Технологической платформы министра МЧС России В. А. Пучкова и заместителя министра внутренних дел России С. А. Герасимова в ходе официального открытия VII Международного Салона «Комплексная безопасность-2014»*



*Первый Всероссийский Съезд «Технологическая Платформа «Комплексная безопасность промышленности и энергетики», выступление с докладом директора ИБРАЭ РАН Л. А. Большова*



**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ  
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

115191, РФ, г. Москва, ул. Большая Тульская, 52, тел.: +7 (495) 955-22-86  
www.ibrae.ac.ru • e-mail: pbl@ibrae.ac.ru



**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА  
«КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ»**

115191, РФ, г. Москва, ул. Большая Тульская, 52, тел.: +7 (495) 955-22-04  
Адрес сайта: <http://techpre.ru> • e-mail: svz@ibrae.ac.ru



**ФГБУ «ГИДРОМЕТЦЕНТР РОССИИ»**

Москва, Большой Предтеченский переулок, д.11-13, тел.: +7 (499) 795-22-95  
e-mail: k.g.rubin@googlemail.com