



# Бюллетень

Том 62 (2) – 2013 г. Тематические статьи | Интервью | Новости | Книжное обозрение | Календарь

[www.wmo.int](http://www.wmo.int)

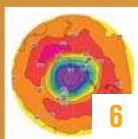
## ВСЕМИРНАЯ СЛУЖБА ПОГОДЫ – СОСТОЯНИЕ НА ТЕКУЩИЙ МОМЕНТ И ПЕРСПЕКТИВЫ НА БУДУЩЕЕ

Интегрированная глобальная система  
наблюдений ВМО (ИГСНВ)



3

Стратегия разработки архитектуры  
для мониторинга климата из космоса



6

Каскадный процесс для повышения  
качества обслуживания в области  
прогнозирования и предупреждений



11

Программа метеорологического  
обслуживания населения –  
Чего ожидать в будущем?



16

Гонконгская обсерватория –  
предоставление обслуживания  
на основе науки



20

По мере того, как Информационная  
система ВМО начинает работать  
в полную силу, пользователи  
оказываются в выигрыше



25



# Бюллетень

## Журнал Всемирной Метеорологической Организации

Том 62 (2) – 2013 г.

Генеральный секретарь М. Жарро  
Заместитель  
Генерального секретаря Дж. Ленгоаса  
Помощник  
Генерального секретаря Е. Манаенкова

*Бюллетень* ВМО издается два раза в год на английском, испанском, русском и французском языках.

Редактор Дж. Ленгоаса  
Помощник редактора С. Кастонгва

**Редакционная коллегия**  
Дж. Ленгоаса (председатель)  
С. Кастонгва (секретарь)  
К. Блондин (политика, международные связи)  
Р. Мастерс (развитие, региональная деятельность)  
Б. Стюарт (вода)  
Д. Тербланш (метеорологические исследования)  
Дж. Уилсон (образование и подготовка кадров)  
Вэньцзянь Чжан (системы наблюдений и информационные системы)

### Стоимость подписки

|        | Обычная почта | Авиапочта  |
|--------|---------------|------------|
| 1 год  | 30 шв. фр.    | 43 шв. фр. |
| 2 года | 55 шв. фр.    | 75 шв. фр. |

Э-почта: [pubsales@wmo.int](mailto:pubsales@wmo.int)

© Всемирная Метеорологическая Организация, 2013

Право на опубликование в печатной, электронной или какой-либо иной форме на каком-либо языке сохраняется за ВМО. Небольшие выдержки из публикаций ВМО могут воспроизводиться без разрешения при условии четкого указания источника в полном объеме. Корреспонденцию редакционного характера и запросы в отношении частичного или полного опубликования, воспроизведения или перевода настоящей публикации (статей) следует направлять по адресу:

Chair, Publications Board  
World Meteorological Organization (WMO)  
7 bis, avenue de la Paix Тел.: +41 (0) 22 730 8403  
P.O.Box No. 2300 Факс: +41 (0) 22 730 8040  
CH-1211 Geneva 2, Switzerland Э-почта: [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

Обозначения, употребляемые в публикациях ВМО, а также изложение материала в настоящей публикации не означают выражения со стороны ВМО какого бы то ни было мнения в отношении правового статуса какой-либо страны, территории, города или района или их властей, а также в отношении делимитации их границ.

Упоминание отдельных компаний или какой-либо продукции не означает, что они одобрены или рекомендованы ВМО и что им отдается предпочтение перед другими аналогичными, но не упомянутыми или не прорекламированными компаниями или продукцией.

Мнения, выводы, объяснения и заключения, представленные в статьях и рекламных объявлениях *Бюллетеня* ВМО, принадлежат авторам и рекламодателям и не обязательно отражают точку зрения ВМО или ее стран-членов.

# Содержание



Оформление обложки:  
[Shutterstock.com](http://Shutterstock.com)

## В этом номере . . . . .

2

### Интегрированная глобальная система наблюдений ВМО (ИГСНВ)

Сью Баррелл . . . . .

3

### Стратегия разработки архитектуры для мониторинга климата из космоса

Тиллман Мор и Марк Доуэлл . . . . .

6

[www.wmo.int](http://www.wmo.int)

Дополнительные новостные материалы о ВМО и ее партнерах можно найти:

- в информационном бюллетене ВМО *MeteoWorld* по адресу: [www.wmo.int/pages/publications/meteoworld](http://www.wmo.int/pages/publications/meteoworld)
- в рубрике «Новости» на веб-странице Центра СМИ по адресу: [www.wmo.int/pages/mediacentre/news](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/news)
- на веб-страницах программ ВМО

**Каскадный процесс для повышения качества обслуживания в области прогнозирования и предупреждений . . . . .**

**11**

**Программа метеорологического обслуживания населения – Чего ожидать в будущем? .**

**16**

**Гонконгская обсерватория – предоставление обслуживания на основе науки**  
Ц М Шунь, директор Гонконгской обсерватории . . . . .

**20**

**По мере того, как Информационная система ВМО начинает работать в полную силу, пользователи оказываются в выигрыше**  
Маркус Хене . . . . .

**25**

**Поиск бозона Хиггса в стоге сена**  
Эндрю Перцелл и Альберто Пейс . . . . .

**29**

**Лауреат премии ММО профессор Завиша Янич . . . . .**

**34**

**Рецензия на книгу: Радиолокатор для метеорологических и атмосферных наблюдений**  
Хироши Уеда . . . . .

**39**



Со времени появления Всемирной службы погоды в области метеорологии был достигнут значительный прогресс с точки зрения качества и разнообразия предоставляемого обслуживания. Дальнейший прогресс зависит от модернизации глобальных систем космических и наземных наблюдений и от принятия нового интегрированного подхода, который позволит оптимизировать знания и более эффективно использовать данные наблюдений. Надежды в этом плане связаны с *Интегрированной глобальной системой наблюдений ВМО (ИГСНВ)*, которая придет на смену ВСП. ИГСНВ внесет вклад в более глубокое понимание системы Земля и окажет содействие в подготовке метеорологического и климатического обслуживания и продукции в XXI веке.

Крупные центры численного прогнозирования погоды (ЧПП) по всему миру используют до 80 миллионов спутниковых наблюдений в день в рамках ВСП, но для климатических предсказаний наблюдений потребуется намного больше. В статье *Стратегия разработки архитектуры для мониторинга климата из космоса* представлена структура для устойчивого и скоординированного мониторинга климата Земли из космоса с тем, чтобы обеспечить данные наблюдений более высокого качества. А в статье *Каскадный процесс для повышения качества обслуживания в области прогнозирования и предупреждений* описывается проект ВМО, который позволяет достижения ведущих метеорологических центров в области ЧПП сделать доступными для всех стран, включая развивающиеся и наименее развитые страны.

Программы ВСП, такие как Программа по метеорологическому обслуживанию населения, Программа по уменьшению опасности бедствий, Программа по образованию и подготовке кадров и многие другие строят свою деятельность на основе взаимодействия между национальными метеорологическими и гидрологическими службами в

рамках ВСП с целью оттачивания профессиональных навыков и совершенствования метеорологической и климатической продукции. В статьях *Программа метеорологического обслуживания населения и Гонконгская обсерватория – предоставление обслуживания на основе науки* особо отмечен ряд достижений, выходящих за рамки наблюдений и обмена данными между национальными метеорологическими и гидрологическими службами, которые стали возможны благодаря программам ВСП.

Метеорологическое сообщество быстро развивает свои возможности по управлению и распространению растущих объемов данных и информации, полученных Глобальной системой наблюдений. Информационная система ВМО (ИСВ) находится на переднем крае этой работы. В статье *По мере того, как Информационная система ВМО начинает работать в полную силу, пользователи оказываются в выигрыше* поясняется, как расширение и укрепление возможностей стран – членов ВМО в области управления и распространения данных может принести пользу всем, включая другие программы ВМО и международные программы, которые также могут получить доступ к данным и их совместному использованию.

Другие технические и научные сообщества уже нашли решения для обработки больших объемов данных, организации сетей и работы с данными. Как и ВМО, они решают эту задачу, выгодно используя развитие Интернета, рост производительности компьютеров и более усовершенствованное программное обеспечение. В статье *Поиск бозона Хиггса в стоге сена* рассказывается о том, как эта работа организована в Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН).

Рубрика «Рецензия на книгу», в которой представлена недавно переведенная на английский язык книга *Радиолокатор для метеорологических и атмосферных наблюдений*, завершает этот номер.

# Интегрированная глобальная система наблюдений ВМО (ИГСНВ)



Сью Баррелл<sup>1</sup>

В результате впечатляющих достижений в области научных исследований, численного моделирования, средств наблюдений (in situ и спутниковых), компьютерных и коммуникационных технологий метеорология достигла за последние несколько десятилетий значительно прогресса в плане качества и разнообразия предоставляемого обслуживания. Однако дальнейший прогресс зависит от адаптации нового интегрированного подхода, направленного на обновление глобальных систем спутниковых и наземных наблюдений таким образом, чтобы оптимизировать знания о текущих условиях окружающей среды и использовать данные этих систем для получения прогностической продукции и предоставления обслуживания в области погоды, климата и воды. Полезность такого всеобъемлющего интегрированного подхода способствовала тому, что в 2007 г. Всемирный метеорологический конгресс утвердил концепцию Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ), которая обеспечит усовершенствование компонента наблюдений в рамках Всемирной службы погоды и общую структуру наблюдений в рамках ВМО.

ИГСНВ не заменит существующие системы наблюдений, а, скорее, обеспечит всеобъемлющую основу для координации и оптимального развития этих систем, которые по-прежнему будут принадлежать различным организациям и программам и эксплуатироваться ими. Она также будет содействовать более эффективному использованию существующих и новых средств наблюдений. Несмотря на то, что главным образом ИГСНВ предназначена для совершенствования систем наблюдений ВМО, она также обеспечит взаимодействие между системами наблюдений, которые спонсируются совместно с ВМО и не принадлежат ВМО, и, таким образом, будет способствовать привлечению ключевых участников на региональном и национальном уровнях для успешной интеграции этих систем.

После завершения этапа тестирования концепции (2007–2011 гг.) в 2012 г. началось осуществление структуры ИГСНВ с тем, чтобы обеспечить ее оперативную работу начиная с 2016 г. Ее осуществление на региональном и национальном уровнях будет активизировано после того, как соответствующие региональные ассоциации ВМО и национальные органы одобряют планы осуществления ИГСНВ, разработанные с учетом их потребностей. Ближайшая цель состоит в том, чтобы содействовать в подготовке метеорологического и климатического обслуживания и продукции для четырех первоначальных приоритетных областей Глобальной рамочной основы для климатического обслуживания (ГРОКО) – сельского хозяйства и продовольственной безопасности, уменьшения опасности бедствий, здравоохранения и водных ресурсов.

## Интеграция руководства и управления

Функциональная совместимость систем наблюдений и сопоставимость климатических данных и продукции имеют важнейшее значение для удовлетворения нужд различных пользователей.

ИГСНВ обеспечит функциональную совместимость и сопоставимость посредством использования принятых на международном уровне стандартов и передовых методик. Сопоставимость данных также будет обеспечиваться с помощью стандартизированного представления данных и форматов. ИГСНВ направлена на повышение качества и наличия данных и



<sup>1</sup> Вице-президент Комиссии по основным системам ВМО, председатель Межкомиссионной координационной группы по ИГСН ВМО и исполняющий обязанности заместителя директора Бюро метеорологии (Австралия) по направлению Информационные системы и обслуживание.



метаданных, чтобы развивать потенциал и улучшать доступ к данным.

Основные направления стандартизации включают:

- Приборы и методы наблюдений по всем компонентам, включая наземные и космические системы наблюдений (данные наблюдений и соответствующие метаданные);
- Сервисы Информационной системы ВМО (ИСВ), обеспечивающие обмен данными, а также их поиск, доступ к ним и их выборку (см. статью на с. 23);
- Управление данными (обработка данных, контроль качества, мониторинг и архивация).

Таким образом, осуществление ИГСНВ сконцентрировано на интеграции механизмов руководства и управления, функций и видов деятельности участвующих систем.

## Перспективы ИГСНВ

Международные стандарты и передовые методики, осуществленные в рамках ИГСНВ, позволяют национальным метеорологическим и гидрологическим службам (НМГС) строить свою деятельность на основе достижений прошлого, чтобы решать задачи в будущем. Они смогут воспользоваться успехами, достигнутыми в области технологии, которые обеспечат дальнейшее повышение надежности и качества наблюдений. Дальнейшее развитие комплексных систем наблюдений позволят проводить наблюдения за ключевыми параметрами атмосферы и процессами, касающимися погоды, воды и климата, с более высоким временным разрешением. Испытательные полигоны для систем наблюдения будут использоваться в целях взаимного сравнения и оценки новых приборов и систем и разработки руководящих принципов для дальнейшей интеграции в ИГСНВ.

Как и в случае с ВСП, странам – членам ВМО необходимо планировать в локальном масштабе, а думать в

региональном и глобальном масштабах, чтобы в полной мере извлечь пользу от использования глобальных систем наблюдений. Потребности любой отдельной страны-члена невозможно удовлетворить с помощью только ее собственной системы наблюдений: необходимы наблюдения других стран и систем, и зависимость от глобальных наблюдений все более и более возрастает по мере увеличения временных и пространственных диапазонов прогнозирования (от краткосрочного до более долгосрочного прогнозирования погоды и от локального до крупномасштабного прогнозирования климата). Например, по мере совершенствования прогнозов во временных масштабах от сезонного до межгодового важность интеграции наблюдений, выполненных на море и на суше, будет постоянно возрастать.

В предстоящие десятилетия ИГСНВ обеспечит странам – членам ВМО возможность более эффективно реагировать на стихийные бедствия, улучшить мониторинг погоды, климата, воды и соответствующих компонентов окружающей среды и адаптироваться к изменению климата и антропогенным воздействиям на окружающую среду и при этом откроет новые перспективы для образования, подготовки кадров и развития потенциала. Такие задачи лежат в основе мандата ВМО и особенно четко выражены в рамках ГРОКО. Развивая стандарты и унифицированные методы наблюдений, ИГСНВ окажет содействие выпуску прошедшей контроль качества продукции и информации, что, в свою очередь, послужит основанием для систематического развития инфраструктуры для эффективного климатического обслуживания. Предоставление высококачественного климатического обслуживания потребует более скоординированных и комплексных компонентов наблюдения, которые могут обеспечить только НМГС, работающие совместно со своими национальными и международными партнерами. ИГСНВ должна удовлетворить такую потребность путем предоставления совместимых, гарантированного качества, прошедших



Эрик де Кастро / Рейтер

Аэроснимок рыбацкого поселения в городе Гуйван, разрушенного супертайфуном Хайян, который обрушился на Филиппины 11 ноября 2013 г.

контроль качества и оформленных надлежащим образом данных долгосрочных наблюдений.

Развитие ИГСНВ будет осуществляться исходя из потребностей с четкой ориентацией на здравоохранение, уменьшение опасности бедствий, управление водными ресурсами и продовольственную безопасность, возобновляемые источники энергии, туризм, путешествия, страхование и многие другие области, обеспечивая возможности для устойчивого развития. Всеобъемлющий обзор новых приоритетов и потребностей будет иметь важнейшее значение для того, чтобы ИГСНВ могла реагировать на нужды пользователей в данных наблюдений с заданным пространственным и временным разрешением, точностью и своевременностью. При этом ИГСНВ будет развиваться на основе существующих наземных и космических подсистем и способствовать получению дополнительного эффекта от их эксплуатации, обеспечивая, таким образом, фундамент для интеграции новых и развивающихся технологий наблюдения.

### **Оптимизация проектирования сетей – перспективы на будущее**

В ближайшем будущем НМГС и другим поставщикам данных придется координировать усилия, чтобы разрешить вопросы, связанные с проектированием сетей. Средства, которыми располагает ИГСНВ, помогут минимизировать дублирование и оптимизировать проектирование и эксплуатационную гибкость с тем, чтобы обеспечить возможности для включения новых систем/сетей наблюдений после их успешного тестирования и оценки. Вероятно, эти сети будут включать совокупность различных систем с оптимизированным геопространственным/временным распределением точек наблюдения, которые обеспечивают данные для удовлетворения глобальных/региональных/субрегиональных/национальных потребностей в соответствии с требованиями крупных пользователей и областей применения, включая секторы экономики и связи. Космические компоненты ИГСНВ будут играть ключевую роль в проектировании комплексных сетей и заполнении пробелов на территориях, недостаточно охваченных данными, таких как океаны и полярные районы.

На национальном уровне страны – члены ВМО, вероятно, возьмут на вооружение подход, предусматривающий построение интегрированной сети сетей, где сети наблюдений, технологии и процессы будут оптимизированы с тем, чтобы обеспечить наиболее эффективный охват необходимыми наблюдениями, включая запланированную избыточность для ключевых наблюдений. Такая сеть привлечет более широкое сообщество учреждений, занимающихся мониторингом окружающей среды, чтобы максимизировать полезность данных, получаемых из всех источников.

Подход, предусматривающий построение интегрированной сети сетей, обеспечит равновесие между традиционными и инновационными подходами, чтобы дать возможность для появления всеобъемлющего подхода к осуществлению мониторинга, который получит дальнейшее развитие, при этом сохранится

связь с историческими данными. Он также будет способствовать установлению равновесия между потребностями пользователей и оперативными и техническими ограничениями и использованию избыточности для обеспечения качества, надежности и репрезентативности.

Включение многоуровневых сетей в качестве составной части в рамках подхода, предусматривающего построение сети сетей, поможет привести в соответствие решения, касающиеся сетей наблюдений, и потребности, а также интегрировать сети и наблюдения, не находящиеся в ведении ВМО.

Вопрос, который необходимо рассмотреть при любых вариантах будущего международного сотрудничества, заключается в необходимости остановить сокращение систем наблюдения во многих менее развитых странах и способствовать их росту. В предстоящие десятилетия спутники заполняют пробелы в данных и начнут обеспечивать большую часть наблюдений, требующихся для поддержки необходимого метеорологического, гидрологического и океанографического обслуживания в этих странах. Однако, несмотря на то, что спутниковые данные могут обеспечить удовлетворение потребностей в некоторых областях применения, национальный потенциал для эксплуатации систем наблюдений по-прежнему имеет важнейшее значение для удовлетворения полного набора потребностей, включая потребности, касающиеся мониторинга климата.

### **Партнерские отношения и сотрудничество**

ИГСНВ внесет вклад в более глубокое понимание системы Земля. Для этого необходимы партнерские отношения между странами, дисциплинами и организациями. Совместная работа и сотрудничество будут ключевым фактором. Предоставляя более своевременную и точную информацию, НМГС помогают лицам, принимающим решения, защитить население и предотвратить превращение опасных явлений в стихийные бедствия. Инвестиции в метеорологическую, климатическую и гидрологическую информацию и обслуживание дают экономический эффект, во много раз превышающий первоначальную сумму инвестиций, и представляют собой инвестиции во всеобщее благосостояние и процветание.

ИГСНВ предстоит сыграть центральную роль в будущем ВМО и обеспечить механизм для более эффективного планирования и осуществления решений, касающихся систем наблюдений, в приоритетных областях ГРОКО, а также в других областях применения.

### **Вклад штатных сотрудников Секретариата ВМО**

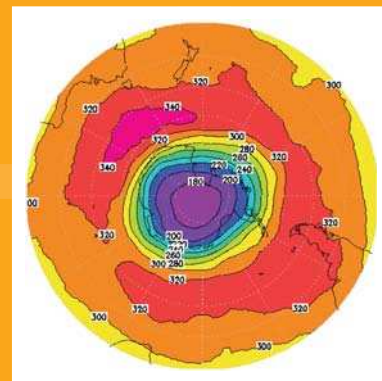
Автор выражает признательность за помощь со стороны Секретариата ВМО в подготовке этой статьи, отмечая конкретно вклад Мирослава Ондраша и Игоря Захуменского.



# Стратегия разработки архитектуры для мониторинга климата из космоса

Тиллман Мор<sup>1</sup> и Марк Доуэлл<sup>2</sup>

*Рисунок: спутник FY-3A Китайского метеорологического управления обеспечивает данные для оценки среднемесячного общего содержания озона в атмосферном столбе над Антарктидой.*



В последние десятилетия потребность в климатическом обслуживании значительно возросла. Ключевые сферы интересов государственного и частного секторов, такие как страхование, сельское хозяйство, здравоохранение, энергетика и транспорт, испытывают основательную потребность в авторитетной климатической информации и обслуживании, на основе которых можно строить стратегические планы, предусматривать инвестиции и принимать повседневные решения. Глобальная рамочная основа для климатического обслуживания (ГРОКО) позволяет развивать такое обслуживание.

ГРОКО признает, что эффективная система наблюдений и мониторинга, или, согласно определению в Плане осуществления ГРОКО, компонент «Наблюдения и мониторинг», представляет собой критически важную основу для климатического обслуживания на глобальном, региональном и национальном уровнях. Предоставление большего количества данных наблюдений более высокого качества наряду с достижениями в области науки о климате улучшит прогнозирование экстремальных явлений, таких как засухи, наводнения и тропические циклоны. Более точные прогнозы таких явлений и обеспечение готовности к ним помогут спасти жизни, защитить имущество и повысить экономическую устойчивость, благосостояние и безопасность населения.

Значительная часть необходимых наблюдений может быть предоставлена только в синоптической форме с помощью спутниковых систем. Крупные центры численного прогнозирования погоды по всему миру уже используют до 80 миллионов спутниковых наблюдений в день в рамках Всемирной службы погоды, но для климатических предсказаний наблюдений потребуется намного больше. По существу, потребности ГРОКО в наблюдениях являются одной из основных движущих сил для совершенствования архитектуры для мониторинга климата из космоса (хотя призыв к совершенствованию был сформулирован до того, как появился План осуществления ГРОКО). В 2011 г. Шестнадцатый Всемирный метеорологический конгресс решил, «...что

необходимо разработать архитектуру в целях обеспечения основы для устойчивого и скоординированного мониторинга климата Земли из космоса».

Значительная часть средств наблюдений, необходимых для мониторинга климата, уже имеется в наличии или планируется их появление. Однако остается ряд существенных пробелов, и система в целом должна быть более четко определена, чтобы обеспечить ее действенность и надежность, а также возможность для использования в качестве эффективной основы для климатических применений и принятия соответствующих решений.

## Растущие возможности спутников

Дискуссии, которые ведутся сегодня по вопросам мониторинга климата, удивительно похожи на дискуссии о построении скоординированной на глобальном уровне «архитектуры» для мониторинга погоды, которые велись при создании Всемирной службы погоды (ВСП) в 1963 г. и привели к появлению успешно функционирующей, скоординированной на глобальном уровне системы метеорологических наблюдений, которую мы сейчас имеем. Со времени создания ВСП в качестве одного из основных компонентов Глобальной системы наблюдений было осуществлено около 240 спутниковых программ по исследованию окружающей среды. Разнообразные приборы на борту спутников дали возможность наблюдать за Землей в различных диапазонах электромагнитного спектра. В настоящее время на орбите находятся более 160 метеорологических спутников, многие из них – в составе серий оперативных спутников, состоящих из пяти или более космических аппаратов. Они являются неотъемлемой частью космического сегмента Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (IGSNB), которая приходит на смену ВСП.

Многие из этих систем наблюдений оптимизированы таким образом, чтобы поддерживать мониторинг и прогнозирование погоды в реальном времени, но их сфера постепенно расширяется с тем, чтобы обеспечить основу для многолетних климатических наблюдений за основными параметрами атмосферы. Например, на борту спутников международной геостационарной сети, которую в настоящее время поддерживают семь спутниковых операторов, скоро появятся усовершенствованные устройства для получения изображений

<sup>1</sup> Специальный советник Генерального секретаря ВМО по спутниковым вопросам

<sup>2</sup> Институт окружающей среды и устойчивого развития, Объединенный исследовательский центр, Европейская комиссия



в видимом и инфракрасном диапазонах, гиперспектральные инфракрасные зондирующие устройства и детекторы молний. К концу текущего десятилетия на спутниках некоторых серий появятся дополнительные приборы для исследования состава атмосферы.

Оперативные метеорологические спутники на солнечно-синхронных низких околоземных орбитах, которые в качестве основной задачи осуществляют получение мультиспектральных изображений и выполняют вертикальное зондирование, постепенно будут оборудованы усовершенствованными приборами, включая устройства для гиперспектрального зондирования в инфракрасном диапазоне, датчики Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) для радиозатменных измерений, приборы для измерения радиационного баланса Земли и датчики для оценки состава атмосферы и космической среды. Однако, обеспечивая значительный вклад в климатический мониторинг в рамках космического компонента ИГСНВ, оперативные метеорологические спутники не всегда достигают степени точности, необходимой для мониторинга климата, и не обеспечивают наблюдение за всеми переменными параметрами, играющими активную роль в климатических процессах.

Более 30 спутников уже выведено на орбиту специально для наблюдения за климатическими компонентами, поддержки исследований климатических процессов или для демонстрации новой технологии, которая будет использоваться в целях мониторинга климата. Эти спутники обеспечивают ценный справочный материал для будущих спутниковых программ в поддержку устойчивого мониторинга климата из космоса. Возросшая частота спутниковых измерений, технологические усовершенствования спутников и датчиков, более легкий доступ к данным наблюдений за Землей, которые эти спутники предоставляют, и их более понятная интерпретация обеспечивают более глубокое понимание роли спутниковых данных в системах климатических знаний.

В последующие 15 лет планируется запуск еще 140 спутников, на борту которых будет размещено более 400 различных приборов для измерения компонентов климатической системы. Эти спутники будут собирать новые данные о химическом составе, содержании аэрозолей и динамике атмосферы Земли. Лидар космического базирования обеспечит новую информацию о ветрах в дополнение к наблюдениям за облаками и

аэрозолями. Специализированные спутниковые программы в области климата и оперативной метеорологии повысят эффективность наблюдений за радиационным балансом Земли, которые осуществляются в верхних слоях атмосферы с помощью комбинированных измерений. Опираясь на возможности, которые создавались в течение более десятилетия, глобальный мониторинг водного цикла будет расширен с помощью космических радиолокаторов для измерения осадков и пассивных микроволновых датчиков, использование которых координируется крупной международной сетью спутников.

Ожидается, что измерения топографии поверхности океана, выполняемые с помощью радиолокационных альтиметров, и измерения вектора ветра у поверхности океана, выполняемые с помощью скаттерометров, которые были инициированы 20 лет назад на экспериментальной основе, будут усилены в ходе последующих программ. Также появятся новые возможности для измерения солености океана.

Серии оперативных спутников для целей метеорологии и мониторинга поверхности Земли будут обеспечивать непрерывные наблюдения за земной поверхностью, параметрами растительности и ледяными щитами. Системы усовершенствованных радаров с синтезированной апертурой (РСА) обеспечат новую информацию о свойствах поверхности, а активные и пассивные микроволновые приборы произведут измерение влажности поверхности почвы. Также появляется новое поколение датчиков с улучшенными возможностями для дистанционного зондирования земной поверхности, океана и атмосферы, включая оценку их химического состава.

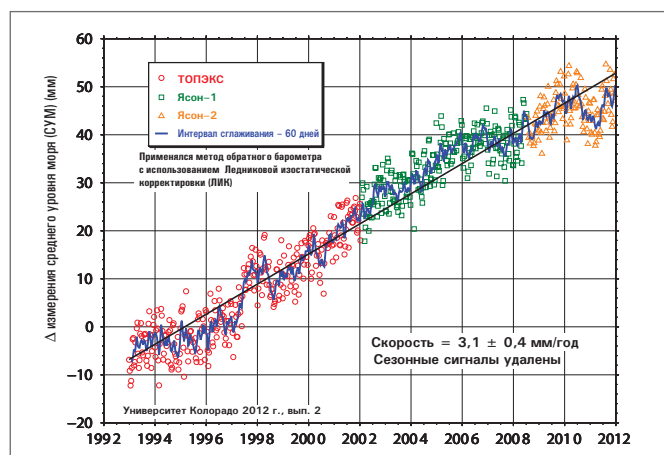
## Параллельные инициативы

Ряд инициатив по совершенствованию наблюдений в интересах науки о климате уже введены в действие. Любая стратегия по совершенствованию спутниковых наблюдений должна принимать эти инициативы во внимание, так же как и принципы последовательности и совместимости наблюдений и мониторинга в рамках глобальной архитектуры.

Например, развивающаяся Служба мониторинга изменения климата программы Европейского союза «Коперник» нацелена на предоставление информации о мониторинге и прогнозировании изменения климата, которая будет использоваться для деятельности по адаптации и смягчению последствий. Служба получает положительные результаты от использования сети устойчивых спутниковых наблюдений и наблюдений in situ, а также данных повторного анализа и сценариев моделирования. Посредством Службы мониторинга изменения климата можно будет получить доступ к климатическим индикаторам, таким как повышение температуры, подъем уровня моря, таяние ледяных щитов, потепление океана, и климатическим индексам, опирающимся на ряды данных о температуре, осадках и засухах, что позволит охарактеризовать как выявленные климатические факторы, так и ожидаемые воздействия климата.

## Выявление и устранение пробелов

Адекватность имеющихся и планируемых космических систем анализируется сообществом, связанным с Глобальной системой наблюдений за климатом



Подъем глобального уровня моря в период 1992–2012 гг. по данным наблюдений со спутников ТОПЭКС/Посейдон и Ясон

(ГСНК), а результаты анализа публикуются в докладе «Потребности в систематических наблюдениях для подготовки продукции на основе спутниковых данных в целях изучения климата (ГСНК-154)». Пробелы или недостатки выявляются или предупреждаются почти на любом этапе производственной цепи, от датчиков до рядов климатических данных.

Инициативы по устранению этих пробелов согласованным образом предпринимаются спутниковыми агентствами посредством Комитета по спутниковым наблюдениям за Землей (КЕОС) и Координационной группой по метеорологическим спутникам (КГМС), а также ВМО в соответствии с потребностями ГСНК.

## Определение общей архитектуры

В январе 2011 г. Глобальная система наблюдений за климатом и Космическая программа ВМО провели практический семинар с участием как политиков, так и технических экспертов. По результатам семинара было предложено учредить специальную группу экспертов, состоящую из представителей КЕОС, КГМС и ВМО, для подготовки стратегического документа по разработке архитектуры для мониторинга климата из космоса. В окончательном докладе, выпущенном в 2013 г. под названием «Стратегия разработки архитектуры для мониторинга климата из космоса», основное внимание уделено спутниковым наблюдениям для мониторинга климата и потребности в международной архитектуре, которая обеспечит предоставление данных этих наблюдений во временных масштабах, необходимых для долгосрочного анализа климатической системы Земли.

В докладе приводится краткое описание стратегии, которая намеренно задумана как стратегия высокого уровня, имеющая концептуальный и всеобъемлющий характер, с тем, чтобы мог быть достигнут широкий консенсус и все соответствующие организации могли определить свой потенциальный вклад. Однако наличие стратегии само по себе еще недостаточно. Стратегия ограничивается предложением логической структуры для определения видов деятельности и функций, которые необходимы для разработки сквозной системы. К числу ее четырех основных компонентов (см. «Основные компоненты логической структуры») относятся: зондирование, создание рядов климатических данных, мониторинг и анализ климата, поддержка принятия решений. Первоначальный акцент сделан на процессах, осуществляемых «вверх по технологической цепочке», – зондировании и создании рядов климатических данных. Однако внимание на применениях и видах обслуживания, осуществляемых «вниз по технологической цепочке», не менее важно.

Предлагаемая физическая архитектура предполагает необходимость научно-исследовательских и оперативных спутников, политики широкого и открытого обмена данными, планирования и соглашений на случай непредвиденных ситуаций. Эти элементы необходимы для того, чтобы обеспечить такую же непрерывность долгосрочных и устойчивых климатических наблюдений, которая обеспечена в отношении метеорологических наблюдений. Однако задача климатического мониторинга предполагает наличие требований, удовлетворение которых выходит за

рамки научно-исследовательских спутников однократного использования и оперативных спутниковых систем, существующих сегодня.

В докладе подчеркивается необходимость как для исследовательских, так и для оперативных учреждений в создании общих рамок для управления климатической информацией. Для обработки рядов климатических данных необходимы устойчивые экспертные навыки для работы с новыми и старыми климатическими датчиками, а также осуществление на устойчивой основе вспомогательных видов деятельности, включая калибровку, проверку правильности, совместную оценку и взаимное сравнение продукции. Это можно осуществить только путем совместных усилий как исследовательских, так и оперативных учреждений.

В докладе также определена настоятельная необходимость в дальнейшей и более широкой координации действий всех заинтересованных сторон, связанных как с политикой, так и с техническими аспектами, с тем, чтобы оптимизировать усилия, обеспечить согласованность и выделение необходимых ресурсов для осуществления. С технической точки зрения научное сообщество, соответствующие технические группы и другие механизмы должны быть более активно задействованы как в анализе предложенного подхода, так и в дальнейшей разработке физической архитектуры. С политической точки зрения предлагаемую физическую архитектуру следует проанализировать, используя принцип нисходящего анализа, чтобы гарантировать, что она адекватно поддерживает информационные потоки от компонента «процесс принятия решений» назад к компоненту «возможности для зондирования и требования». Это важный этап для лиц, определяющих политику, дающий возможность оценить и поддержать необходимость в интегрированной архитектуре для климатического мониторинга, которая способна удовлетворить потребности этих лиц, а также других пользователей. Наконец, в докладе имеется «дорожная карта» с дальнейшими планами и определены конкретные действия.

В докладе приводится обоснование следующих положений:

- необходимо вести каталоги для документального оформления вкладов имеющихся и планируемых систем наблюдений в решение проблем, связанных с климатом, так как имеющиеся системы наблюдений первоначально не предназначались для климатических целей;
- требования в отношении непрерывности спутниковых программ и действий в случае непредвиденных обстоятельств необходимо доработать в рамках международного сотрудничества между космическими агентствами;
- программы по созданию устойчивых рядов климатических данных (РКД) обеспечат возможности для замены имеющихся алгоритмов и комплектов данных улучшенными версиями после их успешной демонстрации, проверки и ввода в эксплуатацию;
- существует настоятельная необходимость в дальнейшей и более широкой координации действий всех заинтересованных сторон для обеспечения согласованности при использовании унифицированных методов.

Несмотря на то, что в докладе с описанием стратегии акцент сделан на наблюдениях из космоса, ожидается также, что на этапе осуществления космические агентства и соответствующие программы приступят к серьезному рассмотрению того, как компоненты наблюдений *in situ* могут быть представлены в рамках архитектуры. Для процесса интеграции следует воспользоваться существующими международными учреждениями и структурами, которые координируют сети наблюдений *in situ*. Принимая во внимание долгосрочные цели, логическая структура, представленная в докладе, намеренно носит концептуальный характер с тем, чтобы в будущем можно было быстро внести коррективы для описания функциональных компонентов интегрированной системы спутниковых наблюдений и наблюдений *in situ*.

Доклад рассчитан на координационные группы, принимавшие участие в его подготовке, их членов и на руководящие или консультативные органы и программы, имеющие полномочия или интересы в области климата, в особенности на те органы, которые проводили техническую рецензию доклада, – ГСНК, Группа по наблюдениям за Землей (ГЕО) и Всемирная программа исследований климата (ВПИК). Важно, чтобы эти органы признали необходимость в такой архитектуре, и выгоды,

которые могут принести международная координация и сотрудничество, особенно путем оптимизации ресурсов для спутниковых систем. Все климатические программы и структуры должны работать на международном уровне, чтобы усилить и оптимизировать климатические наблюдения и исследования. Их потребности могут удовлетворяться более эффективно, если стратегия разработки архитектуры для мониторинга климата из космоса будет обоснованной как с технической, так и с политической точек зрения.

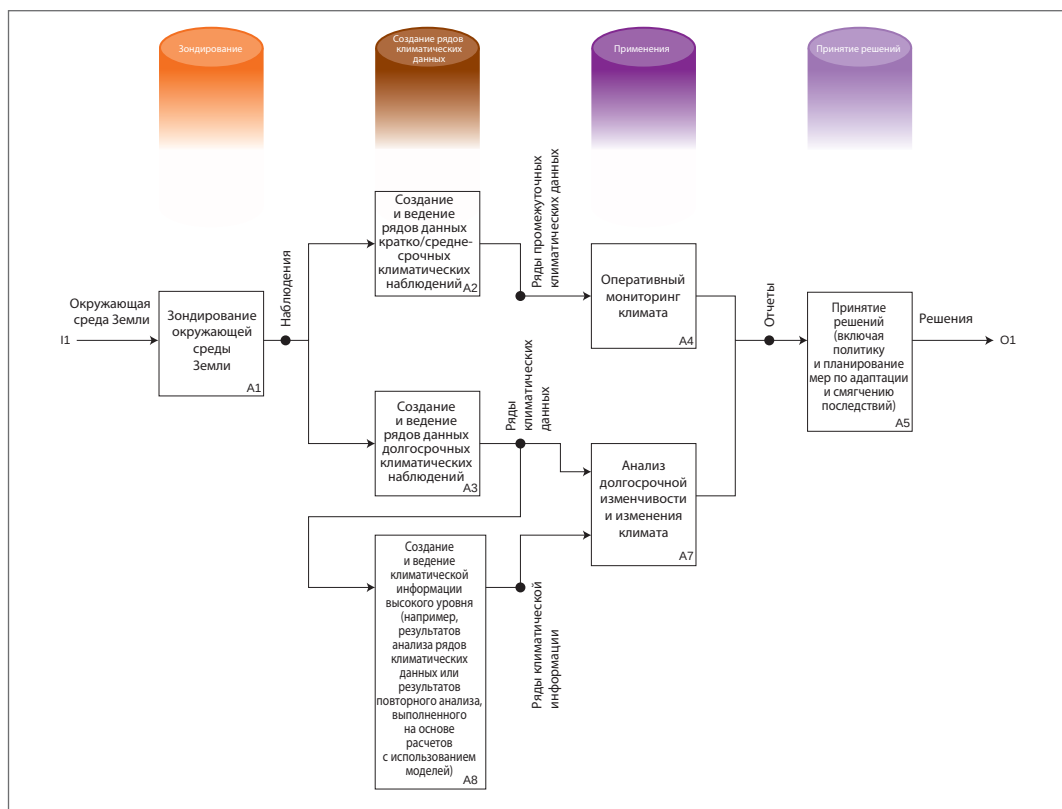
## Осуществление – планы на будущее

Конкретные планы на будущее предложены в докладе, и в настоящее время КЕОС, КГМС и ВМО приступают к осуществлению следующих этапов данной инициативы. К ним относится проектирование физической архитектуры, которая отражает текущую и планируемую стратегии на основе концепции ВКлП x ВКлП (важнейшие климатические переменные). Начальным шагом в этом процессе явится поддержка каталога ВКлП<sup>3</sup> для получения детального обзора текущих и планируемых возможностей. В этой

<sup>3</sup> Каталог ВКлП в сегодняшнем состоянии можно посмотреть по адресу: <http://ecv-inventory.com/>



Основные компоненты логической структуры



Разделение на составные части основных компонентов архитектуры (с акцентом на компонентах «Создание и сохранение рядов климатических данных» и «Применения»)



связи учреждения – члены КЕОС и КГМС – заполнили подробный вопросник, касающийся уровня продукции, что послужит в качестве основы для осуществления указанного каталога на начальном этапе.

Наконец, существенно важным аспектом ценности архитектуры является ее сквозной характер, который с точки зрения пользователя обеспечивает информационный поток от компонента «политика принятия решений» назад по цепочке через компонент «требуемые применения» к компоненту «необходимые комплекты данных» и в конечном итоге к компоненту «требуемые средства наблюдений», являющемуся опорой этого информационного потока.

В краткосрочной перспективе план состоит в том, чтобы удостовериться, что предлагаемая архитектура адекватно поддерживает климатические применения и осуществляемый на их основе процесс принятия решений. Предусматривается, что реализация плана будет осуществляться путем применения архитектуры для конкретных предметных исследований в различных масштабах (глобальном, региональном, локальном) в соответствии с развитием климатического обслуживания. Есть вероятность, что политики по достоинству оценят ценность такой интегрированной системы для мониторинга климата, которая удовлетворяет их потребности.

## КПМН-16 ТЕКО-2014 МЕТЕОРЭКС-2014

будут проводиться совместно в июле 2014 г.  
в Санкт-Петербурге, Российская Федерация

### ТЕКО-2014 (7–9 июля 2014 г.)

Техническая конференция ВМО по приборам и методам наблюдений в области метеорологии и окружающей среды (ТЕКО-2014) способствует обмену информацией о последних достижениях в области приборного оснащения и систем наблюдений. Первое объявление о проведении ТЕКО-2014 и предложение представить доклады для этой конференции будут выпущены в ближайшее время.

### МЕТЕОРЭКС-2014 (7–9 июля 2014 г.)

Выставка метеорологических приборов, смежного оборудования и обслуживания будет проводиться в том же месте и в то же время, что и ТЕКО-2014.

### КПМН-16 (10–16 июля 2014 г.)

Шестнадцатая сессия Комиссии ВМО по приборам и методам наблюдений рассмотрит приоритеты КПМН на предстоящие четыре года, включая взаимные сравнения приборов, и ей будет предложено утвердить текст следующего издания Руководства по метеорологическим приборам и методам наблюдений (Руководство КПМН).

Дополнительная информация об этих мероприятиях будет размещена в положенное время на сайте: [www.wmo.int/pages/prog/www/CIMO/cimo-teco-meteorex.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/CIMO/cimo-teco-meteorex.html)



Всемирная  
Метеорологическая  
Организация  
Погода • Климат • Вода



# Каскадный процесс для повышения качества обслуживания в области прогнозирования и предупреждений



Статья подготовлена Секретариатом ВМО

В последние десятилетия достигнуты огромные успехи в области численного прогноза погоды (ЧПП) благодаря более многочисленным и более качественно усвоенным данным наблюдений, более широким вычислительным возможностям и достижениям в понимании динамики и физики. Эти успехи, благодаря которым прогнозирование погоды становится все более успешным, станут еще более значимыми в будущем. Вследствие этого в области оперативной метеорологии, гидрологии, океанографии и климатологии основное внимание было перенесено на осуществление все более сложных и разнообразных численных моделей и применений для обслуживания непрерывно растущего многообразия пользователей.

Оперативные системы ЧПП обычно выдают точную картину развивающихся метеорологических явлений с заблаговременностью от нескольких часов до нескольких дней. Поэтому в национальных метеорологических и гидрологических службах (НМГС) они являются одним из наиболее необходимых компонентов регулярных прогнозов и предупреждений о суровой погоде. Однако возможности НМГС в области прогнозирования погоды сильно различаются. Более

развитые НМГС используют достижения в области ЧПП, а прогресс НМГС развивающихся и наименее развитых стран незначителен вследствие скромного финансирования и ограниченных возможностей. И этот разрыв все больше увеличивается.

В настоящее время Глобальная система обработки данных и прогнозирования (ГСОДП) расширяется, выходя за пределы Всемирной службы погоды (ВСП), чтобы охватить все системы стран – членов ВМО (включая системы, координирование которых осуществляется совместно с другими международными организациями, такими как ИКАО). Это позволяет всем странам – членам ВМО использовать достижения в области ЧПП, обеспечивая рамочную основу для совместного использования данных, касающихся оперативной метеорологии, гидрологии, океанографии и климатологии.

Основной опорой для обмена и предоставления этих данных, т.е. продукции ГСОДП, служит Информационная система ВМО (ИСВ). Одним из ключевых преимуществ ИСВ является увеличение диапазона центров, которые могут подключиться к этой системе, что позволяет расширять спектр применений ГСОДП.

## Численный прогноз погоды

Для численного прогноза погоды используются математические модели атмосферы и океанов, чтобы прогнозировать погоду на основе данных наблюдений за текущими метеорологическими условиями.

Сбор данных о погоде ежедневно осуществляется с метеорологических спутников, доплеровских радиолокаторов, метеорологических станций, метеорологических шаров-зондов и других источников, таких как самолеты и корабли. Для составления прогнозов погоды компьютеры обрабатывают эти данные, используя математические или численные модели, опирающиеся на научное понимание законов природы и физики.

Таким образом, имея данные о текущих погоде, климате и атмосферных условиях, компьютеры используют модели численного прогноза погоды, чтобы помогать прогнозировать погоду на ближайшие дни.

Благодаря достижениям в области численного прогноза погоды, точность современного прогноза на 5 дней соответствует точности прогноза на 2 дня 20 лет назад. И развитие в этом направлении продолжается. «За последние 30 лет оправдываемость глобального численного прогноза погоды повысилась почти на 1 день за 10 лет. Как показывают наши результаты, даже сегодня оправдываемость продолжает повышаться с такой же скоростью – около 1 дня за 10 лет», – заявил Алан Торп, начальник метеорологического отдела ЕЦСПП.

Однако все еще остается проблема уменьшения растущего технологического разрыва в области прогнозирования погоды. Как мы можем преодолеть разрыв между теми, кто имеет знания, и теми, кто их не имеет, между теми, кто имеет возможность запускать, эксплуатировать, развивать и поддерживать такие сложные системы, и теми, кто такой возможности не имеет? С 2006 г. действует Показательный проект по прогнозированию явлений суровой погоды (далее – Проект), который является инициативой ГСОДП и призван ликвидировать этот разрыв, повышая доступность и развивая возможности для использования ЧПП, включая системы ансамблевого прогнозирования (САП), в тех странах, где ЧПП используется неэффективно.

## Структура ГСОДП

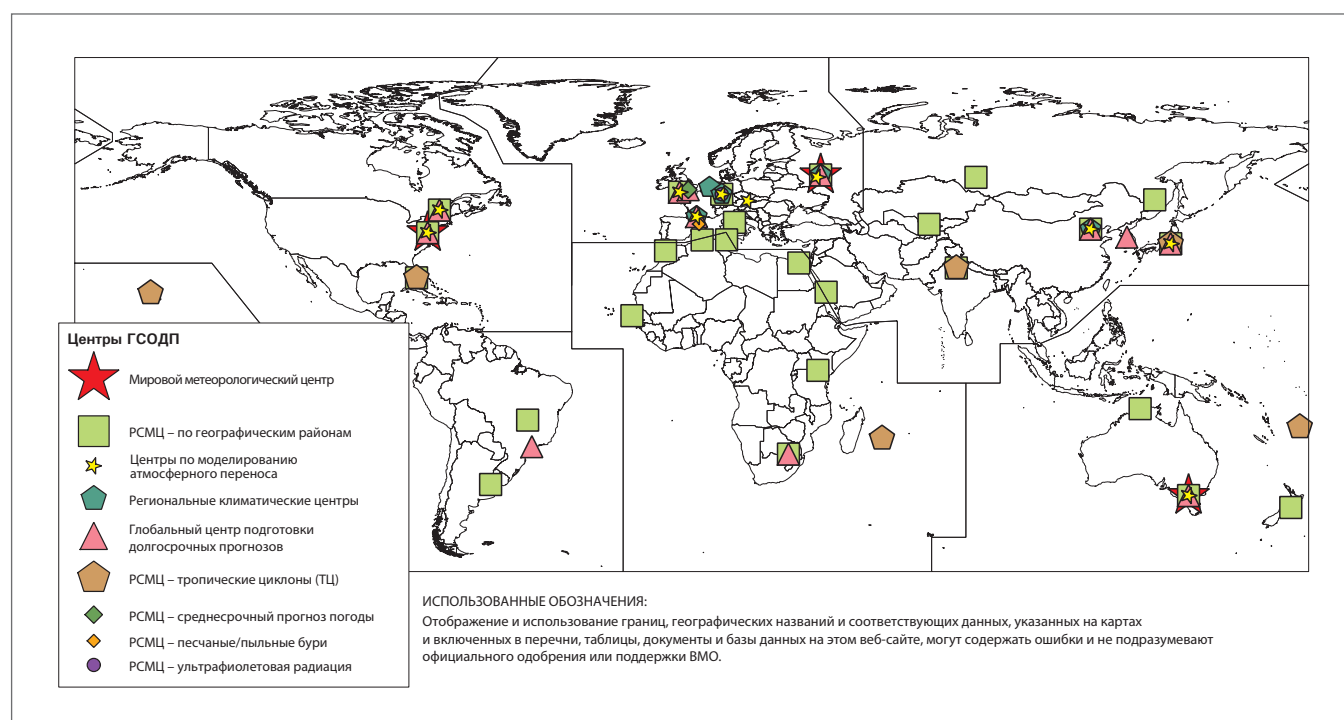
ГСОДП состоит из всемирной сети оперативных центров, находящихся в ведении стран – членов ВМО. Цель этой системы состоит в том, чтобы в течение 365 дней в году круглосуточно предоставлять странам – членам ВМО согласованную продукцию и услуги для применений, связанных с погодой, климатом, водными ресурсами и окружающей средой. Тем самым ГСОДП позволяет всем странам – членам ВМО как можно более эффективно совместно использовать научно-технические достижения в метеорологии и смежных областях, извлекая максимальную пользу.

Функционирование, организационная структура и режим работы ГСОДП построены в соответствии с потребностями НМГС и их способностью вносить свой вклад в систему и извлекать пользу из ее работы.

ГСОДП представляет собой трехуровневую систему с различными функциями, которые выполняются на глобальном (Мировыми метеорологическими центрами, ММЦ), региональном (Региональными специализированными метеорологическими центрами, РСМЦ, и Региональными климатическими центрами, РКЦ) и национальном (Национальными метеорологическими центрами) уровнях (см. рисунок). Она содействует сотрудничеству и обмену информацией, помогая таким образом наращивать потенциал во всех странах, включая развивающиеся и наименее развитые страны.

Мониторинг точности прогностической продукции, предоставляемой передовыми центрами ГСОДП, осуществляется с помощью объективных процедур проверки. Цель состоит в том, чтобы обеспечить последовательную стандартизованную проверку прогностической продукции центров ГСОДП для того, чтобы пользователи могли наилучшим образом использовать продукцию, а центры могли определить возможности для усовершенствования. Контроль качества данных наблюдений является неотъемлемой частью систем ЧПП, управляемых центрами ГСОДП, что способствует комплексному подходу к менеджменту качества во всех компонентах Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ).

Неоперативные функции ГСОДП включают долгосрочное хранение данных наблюдений и продукции и проверку результатов для использования в оперативных и научных целях.



*Назначенные на сегодняшний день Мировые метеорологические центры (ММЦ), Региональные специализированные метеорологические центры (РСМЦ), включая Региональные климатические центры (РКЦ)*

## Каскадный процесс прогнозирования

Из-за высоких вычислительных затрат на глобальные ЧПП и ЧПП по ограниченному району, включая технологию САП с использованием нескольких моделей, лишь немногие центры ГСОДП ввели такие системы в оперативную эксплуатацию. Многие последние достижения в области систем ЧПП, например так называемые модели, «позволяющие учитывать конвекцию», особенно хорошо подходят для прогнозирования опасных метеорологических условий в тропических и субтропических регионах, но в связи с большим объемом вычислений они поддерживаются лишь ведущими центрами ГСОДП. Более того, эффективное использование ЧПП и ансамблевых систем также требует применения комплексных систем постобработки выходных данных моделей для подготовки прогностической продукции в поддержку прогнозирования суровой погоды. Существуют несколько центров ГСОДП, которые могут предоставлять прогнозистам эту сложную продукцию (карты потенциальных вихрей скорости, индексы конвекции и т.д.).

Показательный проект по прогнозированию явлений суровой погоды (ПППСП, далее – Проект) был инициирован с тем, чтобы обеспечивать все страны – члены ВМО продукцией ЧПП и САП наиболее передовых центров ГСОДП. С помощью *Каскадного процесса прогнозирования* этот Проект предоставляет продукцию глобального масштаба всем Региональным специализированным метеорологическим центрам (РСМЦ), которые интегрируют и синтезируют ее, а затем направляют в НМГС своего географического района ежедневные рекомендации для краткосрочных и среднесрочных прогнозов опасных метеорологических

условий и связанных с погодой опасных явлений. Учитывается ограниченная пропускная способность многих принимающих НМГС – они получают тот объем продукции, который могут легко загрузить/визуализировать. Таким образом, НМГС получают возможность выпускать эффективные предупреждения о явлениях суровой погоды для органов по обеспечению гражданской обороны и готовности к стихийным бедствиям в своих странах. Поскольку НМГС одного географического района обычно нужна одна и та же продукция, Проект позволяет повысить эффективность работы за счет координации потребностей этих НМГС.

Проект содействует наращиванию потенциала, помогая развивающимся странам получить доступ к существующей продукции ЧПП и использовать ее для повышения качества предупреждений об опасных явлениях погоды. Проект способствует тому, чтобы оперативные прогнозисты использовали соответствующую стандартную или недавно разработанную продукцию и процедуры, которые уже внедрены во многих центрах ГСОДП. Первоначальная цель состояла в том, чтобы показать, как дальнейшее сотрудничество между оперативными метеорологическими центрами может усовершенствовать процесс прогнозирования нескольких видов опасных метеорологических явлений, что, в свою очередь, улучшит обслуживание, предоставляемое НМГС в виде предупреждений. Однако эта концепция получила дальнейшее развитие, и в настоящее время ожидаются следующие результаты:

- Более широкие возможности НМГС прогнозировать явления суровой погоды и выпускать предупреждения на национальном уровне, включая более высокую точность и увеличение заблаговременности;



Каскадный процесс прогнозирования

- Налаживание процессов подготовки предупреждений, согласованных с национальными органами по обеспечению гражданской обороны и готовности к стихийным бедствиям, наряду с выполнением запланированных действий по реагированию для защиты жизни людей и имущества;
- Налаживание процессов подготовки прогнозирования и Систем менеджмента качества (СМК), а также расширение возможностей прогнозирования в поддержку других секторов пользователей (таких как сельское хозяйство и продовольственная безопасность, авиация, безопасность на море, транспорт и др.) на национальном уровне;
- Повышение уровня осведомленности национальных правительств и организаций о значении НМГС, что в перспективе приведет к более широкой поддержке и увеличению объема инвестиций на национальном уровне и, в свою очередь, к повышению эффективности предоставления данных наблюдений в ГСОДП и обратной связи с потребителями;
- Уменьшение числа жертв и ущерба имуществу и вклад в достижение Целей в области развития, сформулированных в Декларации тысячелетия в части ликвидации крайней нищеты и сокращения детской смертности.

Проект осуществляется совместно с Программой метеорологического обслуживания населения (МОН) с целью повышения качества обслуживания в области прогнозирования и предупреждений о явлениях суровой погоды. Он также взаимодействует с другими техническими комиссиями и программами ВМО, что позволяет расширить диапазон применений и увеличить выгоду для других секторов пользователей в обществе.

В рамках Проекта осуществляются проверка и оценка в режиме, близком к реальному времени, на основе наблюдений метеорологических параметров, полученных на местных метеорологических станциях, и информации о влиянии опасных метеорологических явлений. Результаты оценки действия каскадного процесса, включая качество продукции ЧПП/САП и методологической продукции, направляются в соответствующие центры в качестве обратной связи для дальнейшего усовершенствования этого процесса и продукции.

Подготовка кадров является важнейшим компонентом Проекта и осуществляется на ежегодной основе. Прогнозистам необходимо знать, как оптимальным образом использовать разнообразную продукцию, поступающую из центров ГСОДП. Подготовка кадров также осуществляется по вопросам, касающимся принципов и практики предоставления услуг, включая ориентацию на пользователей, коммуникативные навыки и оценку степени удовлетворения пользователей.

## Выгоды от обслуживания для НМГС и общества

Ценность Проекта не ограничивается прогнозированием суровой погоды; он также поддерживает регулярные повседневные прогнозы погоды. Более того, он играет важную роль в гармонизации повседневных прогнозов НМГС для одного географического района. В настоящее время участвующие НМГС увеличили заблаговременность уведомления пользователей до 3–5 суток, а также расширили свои возможности в прогнозировании опасных явлений погоды. Проект также укрепил уверенность прогнозистов при выпуске предупреждений, что является важным элементом связи с пользователями. В настоящее время они завоевывают признание со стороны органов по обеспечению гражданской обороны и готовности к стихийным бедствиям, с которыми они все теснее взаимодействуют. НМГС также извлекают пользу от повышения своей репутации в глазах общественности, а статус и повышение общественной значимости способствовали привлечению национальных инвестиций в системы заблаговременного предупреждения. Именно с помощью Программы метеорологического обслуживания населения Проект помогает НМГС строить эффективные взаимоотношения с пользователями, включая заинтересованные организации, занимающиеся проблемой реагирования и готовности к чрезвычайным ситуациям.

В начале демонстрационного этапа Проекта количество опасных явлений дало возможность проверить применимость Проекта в сложившихся условиях бедствия. На совещании о ходе работ по Проекту, состоявшемся в 2007 г. в Мапуту (Мозамбик), важность роли органов по обеспечению готовности к бедствиям была подчеркнута в связи с выходом на побережье тропического циклона «Фавио». Департамент гражданской обороны, отвечающий за обеспечение готовности к бедствиям в Зимбабве, отметил, что «после развертывания в ноябре 2006 г. Показательного проекта по прогнозированию явлений суровой погоды наблюдаются заметные улучшения



*Женщины и дети в ожидании своей очереди во дворе главной клиники города Виланкуло (Мозамбик) после того, как циклон Фавио опустошил город 26 февраля 2007 г.*

Рейтер/ЮНИСЕФ/Т. Делвинь-Жан/Рекламный листок



в области информации и продукции, касающихся суровой погоды, которые предоставляются НМГС».

В 2011 г. г-н Маджодина от лица Метеорологической ассоциации стран Южной Африки (МАСА) дал высокую оценку Проекту, который представляет собой «уникальное партнерство между развитыми и развивающимися странами в области метеорологии». Затем он отметил пользу для всего региона, поскольку первоначальный проект, в котором в 2008 г. участвовало лишь пять НМГС, расширился и охватил все 16 стран южноафриканского региона (по просьбе МАСА и при дополнительной поддержке ВМО). На ежегодном совещании министров Сообщества по вопросам развития юга Африки Проект признан как вклад в адаптацию к изменению климата в части усовершенствования прогнозов суровой погоды и выражено пожелание, чтобы НМГС, принимая во внимание связь Проекта с региональным социально-экономическим развитием, обеспечили его будущее, выделяя достаточно финансовых средств для его продолжения.

Главы национальных метеорологических служб Восточноафриканского сообщества (ЕАК), встретившись ранее в том же году, также признали значительный вклад Проекта в уменьшение опасности стихийных бедствий, устойчивое развитие и способность противостоять изменению климата, а также его вклад в жизненно важные социально-экономические отрасли, такие как сельское хозяйство и рыболовство. Они единодушно признали, что Проект повысил авторитет и общественную значимость национальных метеорологических служб и укрепил доверие населения и правительств к точности и надежности прогнозов и предупреждений об опасных метеорологических явлениях. Они признали далее, что в рамках Проекта реализуется систематический и практический подход к укреплению потенциала развивающихся и наименее развитых стран, так как осуществляется передача знаний и навыков для составления более точных прогнозов и предупреждений о суровой погоде с целью спасения жизни людей и сохранения источников их существования и имущества.

### **Базовая система во всех НМГС**

Проект продолжает приносить большую пользу и активно развиваться. В настоящее время реализуются или находятся на стадии разработки пять региональных проектов: Южная Африка, Юго-западный сектор

Тихого океана, Восточная Африка, Юго-Восточная Азия и Бенгальский залив/Южная Азия.

Будущие планы включают организацию обслуживания данными Проекта в других географических районах. Конечная цель состоит в том, чтобы иметь базовый комплекс систем высококачественных численных прогнозов погоды и сверхкраткосрочного прогнозирования, который будет использоваться во всех НМГС. Это позволит расширить возможности по предоставлению обслуживания в области гидрометеорологического прогнозирования и предупреждений с целью уменьшения опасности стихийных бедствий и поднять на новый уровень ряд других применений.

### **Литература**

WMO, 2007: Report submitted by the Zimbabwe Departments of Meteorological Services and Civil Protection: Coordination between Zimbabwe Meteorological Services and Disaster Management Authorities, Meeting of the Regional Subproject Management Team, 27 February to 2 March 2007, Maputo, Mozambique.

WMO, 2008: Final Report: Severe Weather Forecasting Demonstration Project—Regional Subproject in RA I—Southeast Africa, Geneva.

WMO, 2008. Public benefits of the SWFDP in south-eastern Africa, MeteoWorld, [http://www.wmo.int/pages/publications/meteoworld/archive/dec08/swfdp\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/publications/meteoworld/archive/dec08/swfdp_en.html).

WMO, 2009. Severe Weather Forecasting Demonstration Project, MeteoWorld, [http://www.wmo.int/pages/publications/meteoworld/archive/aug09/swfdp\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/publications/meteoworld/archive/aug09/swfdp_en.html).

WMO, 2011. Report of the meeting of the Regional Technical Implementation Team of the SWFDP for Southern Africa, 32p, <http://www.wmo.int/pages/prog/www/CBS-Reports/documents/Report-RTIT-SWFDP-SA-Mauritius-July2011.pdf>.

EAC, 2013. Report of the meeting of the East African Community (EAC) Head of Meteorological Services and Ministries in charge for Meteorology.

### **Сотрудник Секретариата ВМО, подготовивший материал для статьи**

Элис Соарес, научный сотрудник, подразделение систем обработки данных и прогнозирования, ВМО

# Программа метеорологического обслуживания населения – Чего ожидать в будущем?

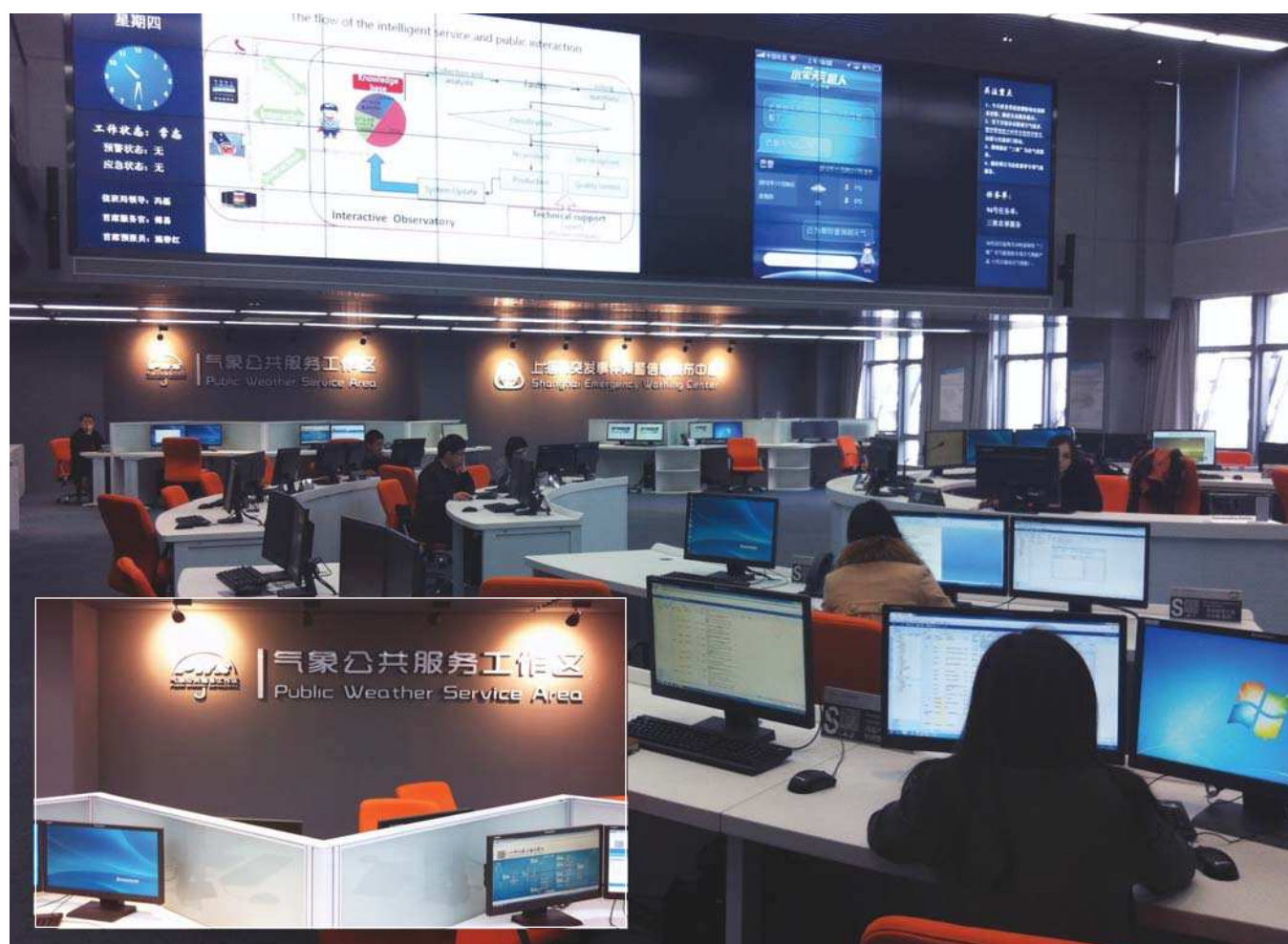


Статья подготовлена Секретариатом ВМО

Основная деятельность НМГС заключается в том, чтобы предоставлять в общественных интересах важную и надежную информацию о погоде, климате и связанных с ними параметрах для населения в целом. При выполнении этой задачи НМС зависят от международного сотрудничества и поддерживающей инфраструктуры Всемирной службы погоды (ВСП). Благодаря обмену данными и сотрудничеству, получившему развитие при активном содействии ВСП,

НМС образуют целое, которое больше, чем сумма его составных частей.

НМС сталкиваются со многими внутренними и внешними проблемами, – финансированием, поддержанием в рабочем состоянии наблюдательных сетей, конкуренцией со стороны поставщиков обслуживания из частного сектора, укомплектованием кадрами, развитием технологий, ростом урбанизации



ГКО

## Предоставление информации и обслуживания

Достижения в области технологий, вычислительных возможностей и средств связи коренным образом изменят методы сбора, использования, обмена, интегрирования и распространения данных, информации и знаний об окружающей среде. Данные и информация будут предоставляться всем, кто в них нуждается, туда, где и тогда, когда они необходимы, и в наиболее удобном формате, т.е. данные и информация будут организованы и доставлены в формате, ориентированном на пользователя и с учетом его потребностей.

В будущем многие НМС перейдут к методам предоставления информации по многим каналам, предлагая интерактивные технологии «выталкивания» информации и обслуживания, ориентированное на конкретных пользователей, чтобы еще более улучшить своевременный доступ к информации. Методы распространения информации будут развиваться в ускоренном темпе. Для подготовки прогнозов будет использоваться больше графических форматов. Распространение широкополосной связи во всем мире позволит предоставлять прогностическую информацию в стандартных форматах данных, которые могут использоваться всеми средствами связи и мобильными технологиями. Системы ГСОМ, смартфоны и системы оповещения о чрезвычайных ситуациях будут беспрепятственно усваивать и отображать графические метеорологические данные и предупреждения. Трехмерная метеорологическая информация будет доступна на носителях для цифрового вещания и программных средствах визуализации Земли.

Задача национальных метеорологических и гидрологических служб будет заключаться в представлении информации такими способами, которые полностью удовлетворяют пользователей с тем, чтобы сохранить их в качестве клиентов. Для этого некоторые НМС могут пожелать работать с частными компаниями, которые обеспечивают решения или приложения

на различных платформах с тем, чтобы самим и далее концентрировать внимание на своей основной деятельности – метеорологической и климатической информации и обслуживании. Другие могут предпочесть просто подготовить информацию в формате, с которым может работать любой разработчик, например, как в случае с Протоколом общего оповещения (CAP), разработанным Международным союзом связи, чтобы способствовать передаче предупреждений для населения по Интернету (см. MeteoWorld, июль 2013 г.). Третьи могут развивать свои собственные внутренние возможности в сотрудничестве с другими НМС для разработки предоставления таких приложений конечным пользователям.

## Обслуживание на основе воздействий

В будущем для предоставления информации будет использоваться подход, учитывающий многие опасные явления и разные условия окружающей среды. НМС будет предоставлять информацию через бюро прогнозов, которое будет тесно связано с организациями-партнерами, обеспечивая принцип «одного окна» для обслуживания всеми видами прогнозов и информацией об окружающей среде.

Данные о вероятности возникновения метеорологических или гидрологических явлений со значительными последствиями будут объединяться в единое целое для подготовки пакетов информационного и прогностического обслуживания. Подготовка таких пакетов интегрированной продукции и ориентированного на результат обслуживания, которые уже появляются в некоторых национальных гидрологических и метеорологических службах, будет основываться на связях НМС с соответствующими поставщиками услуг. Например, подготовка и распространение показателя воздействия качества воздуха на здоровье, который включает прогнозы качества воздуха, информацию о том, кто подвергнется наибольшему воздействию, и эффективные стратегии для ограничения подверженности риску, осуществляются совместно со службами здравоохранения.



Офис будущего

Университет Северной Каролины/Андрей Стейт



и загрязнения, – этот список можно продолжать. ВСП также помогает НМС справляться с этими проблемами с помощью Программы метеорологического обслуживания населения (МОН) ВМО, созданной в 1991 г. для расширения возможностей НМС в предоставлении комплексного метеорологического обслуживания населению и в стимулировании лучшего понимания со стороны населения возможностей НМС и наиболее эффективного использования этого обслуживания.

За последние 20 лет программа МОН оказала помощь НМС путем организации множества мероприятий по подготовке кадров, содействия многочисленным экспертам, подготовившим десятки руководящих документов и отчетов, и осуществления проектов с целью построения диалога между пользователями и производителями метеорологической информации. В данной статье отражена эта работа и обсуждаются некоторые технологические, социальные, экономические и культурные факторы, которые будут формировать будущее, очерчивая перспективы развития НМС. В статье, следующей за данной статьей, «Обсерватория в Гонконге – предоставление обслуживания на основе науки» приводится практический пример с позиции небольшой НМС.

## Создание Программы МОН

Тенденция к приватизации коммунальных предприятий и определению альтернативных источников доходов для служб, финансируемых за счет государства, активизировалась во второй половине XX века. НМС, получающие финансовую поддержку государства, не стали исключением; на них было оказано давление с тем, чтобы они стали более рентабельными за счет получения больших доходов от предоставления специализированного обслуживания. Кроме того, некоторые НМС столкнулись с жесткой конкуренцией со стороны предприятий частного сектора, предлагающих такие же услуги.

В 1987 г. на Десятом Всемирном метеорологическом конгрессе было выражено единодушное мнение о том, что все НМС могли бы получить дополнительную выгоду, более активно обмениваясь опытом и знаниями в области основной деятельности по обслуживанию населения. Конгресс также признал необходимость развития более тесных связей с пользователями метеорологических услуг, представляющими население, чтобы найти способы лучшего удовлетворения их потребностей. Дальнейшее обсуждение привело к тому, что предложенная Программа МОН была утверждена на Одиннадцатом Всемирном метеорологическом конгрессе в 1991 г. в качестве компонента ВСП. С тех пор Программа МОН

сосредоточила свои усилия на том, чтобы помочь НМС понять, почему пользователи нуждаются в обслуживании, предоставляемом НМС, и каким образом они его используют при принятии решений с тем, чтобы НМС могли адаптировать это обслуживание к потребностям пользователей.

## Получение признания

Ключом к обеспечению высокой эффективности работы НМС в чрезвычайных ситуациях является их способность предоставлять населению высококачественные и надежные метеорологические услуги на регулярной ежедневной основе. В таком случае НМС получают признание населения будучи регулярным и надежным источником авторитетных рекомендаций по широкому спектру метеорологических проблем. Это требует поддержания прочных связей с органами по обеспечению готовности к стихийным бедствиям, регулярно подкрепляемых совещаниями и диалогами с целью совершенствования планирования мероприятий по обеспечению готовности. «Руководство по практике метеорологического обслуживания населения» (ВМО, № 834), выпущенное Программой МОН, дает ценные рекомендации для поддержки НМС в этих областях и для расширения их возможностей в повседневной деятельности, а также в условиях бедствия.

Однако давление на некоторые НМС с тем, чтобы сократить численность их персонала и сделать их деятельность рентабельной, продолжало расти. В условиях усиления конкуренции в мире большинство НМС осознало важность повышения их общественной значимости и демонстрации их полезности за счет предоставления высококачественного метеорологического обслуживания и вселения уверенности в том, что их следует рассматривать в качестве основного источника этого обслуживания. ВСП и ее Программа МОН помогали им и в том и в другом посредством подготовки кадров и распространения передового опыта.

1990-е годы были объявлены Международным десятилетием по уменьшению опасности стихийных бедствий ООН, а в 1995 г. темой Всемирного метеорологического дня являлось «Метеорологическое обслуживание населения». Благодаря этому НМС получили большие возможности повысить свою общественную значимость и уровень информированности населения. Программа МОН и НМС использовали эти события, чтобы подчеркнуть важную связь между предоставлением надежной и своевременной метеорологической информации местным общинам, находящимся в опасности, и доступностью информации на национальном и международном уровнях.



В 2005 г. 168 стран обсудили и приняли «Хиогскую рамочную программу действий (ХРП) на 2005–2015 гг.: создание потенциала противодействия бедствиям на уровне государств и общин», что позволило в деле управления рисками стихийных бедствий перейти от установки на реагирование в период постстихийного бедствия к более комплексному подходу, включающему также превентивные меры и мероприятия по обеспечению готовности. НМС оказались в центре внимания. Для достижения целей Хиогской рамочной программы действий Всемирный метеорологический конгресс учредил в 2007 г. Программу по уменьшению опасности бедствий (ПУОБ). Эта программа помогает НМС координировать работу систем заблаговременного предупреждения, что повышает возможности местных общин и способствует расширению сотрудничества между правительственными учреждениями и на региональном уровне.

С момента запуска программы МОН в рамках ВСП она начала взаимодействовать с другими программами ВМО, уделяя основное внимание социально-экономическим выгодам от гидрометеорологического обслуживания. Программа МОН тесно сотрудничает с многочисленными экспертами из многих стран – членов ВМО, выполняя большой объем работы – подготовка руководящих документов, отчетов и научных статей – по всем аспектам деятельности НМС.

### **Взгляд в будущее – проблемы и возможности**

Ряд глобальных факторов, таких как рост народонаселения, увеличение урбанизации и технический прорыв в области приема и передачи информации, в ближайшие десятилетия окажет влияние на природу, диапазон и способы предоставления метеорологического обслуживания населению. Самому сильному воздействию, вероятно, подвергнется обслуживание, связанное с производством продуктов питания и управлением водными ресурсами. Ожидается, что НМС окажут поддержку местным правительствам в том, что касается использования ограниченных ресурсов, таких как вода и электроэнергия. Понимание городской метеорологии будет чрезвычайно важным для решения сложных проблем и удовлетворения нужд мегаполисов, а также для устойчивого развития. Различия в образе жизни городских и сельских жителей будут дальше расти, что потребует предоставления разных видов обслуживания. Все больше внимания будет сосредоточено на вопросах окружающей среды, и главнейшими из них будут проблемы, обусловленные изменчивостью и изменением климата.

Правительства, озабоченные обеспечением безопасности населения от природных и антропогенных опасных явлений, будут все чаще обращаться к НМС для получения информации, которая позволит снизить соответствующие риски. От них будут ожидать большего, особенно в области повторной оценки опасных явлений и предоставления заблаговременных предупреждений, а также увеличения заблаговременности, что позволит проводить более эффективные мероприятия по реагированию. Также предполагается, что НМС будут обеспечивать прогноз условий окружающей среды, которые могут привести к вспышкам заболеваний, и заранее предоставлять службам здравоохранения предупреждения о них.

Успешное развитие НМС будет зависеть от степени их взаимодействия с гражданами, клиентами и партнерами в установлении приоритетов и интегрировании достижений в области науки и техники. Будучи главным информационным каналом НМС должны будут обеспечивать широкий ассортимент новой продукции и обслуживания, которые помогут обосновать правительственные решения и выработать верную политику на локальном, национальном и международном уровнях. Чтобы быть эффективными, НМС придется постоянно отслеживать и учитывать развитие средств, методов и потребностей пользователей и объединять научные достижения, новые технологии и применения для расширения обслуживания в поддержку принятия решений.

Именно эти проблемы послужили причиной создания ВСП и обусловили возникновение ее преемника – Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ). Под эгидой ВСП НМС могут сотрудничать, учиться и получать выгоду от научно-технических достижений своих коллег во всем мире. С помощью многочисленных программ будут совершенствоваться умения и навыки, можно будет осуществлять обмен данными и обеспечивать доступ к ним и добиться многого другого.

ИГСНВ будет оказывать всяческую поддержку НМС в удовлетворении будущих потребностей пользователей и политиков в соответствующей и своевременной информации и обслуживании для того, чтобы повысить устойчивость общества и дать ему возможность решить сложные проблемы и использовать возможности завтрашнего дня.

### **Сотрудница Секретариата ВМО, подготовившая материал для статьи,**

Хале Кутвал, начальник Отдела метеорологического обслуживания населения, ВМО

# Гонконгская обсерватория – предоставление обслуживания на основе науки



Ц М Шунь, директор Гонконгской обсерватории<sup>1</sup>

Четыре филиала и 318 сотрудников Гонконгской обсерватории (далее называемой Обсерватория) отметили 130-ю годовщину Обсерватории 23 марта, когда праздновался Всемирный метеорологический день. Когда Обсерватория появилась в 1883 г., ее миссия состояла в **обслуживании** сектора морских перевозок, который был очень важен для торговли и экономического развития Гонконга (Китай<sup>2</sup>), собирающегося стать крупным судовой узлом. Сотрудники Обсерватории, осознающие важность науки и профессионализма в метеорологическом обслуживании<sup>3</sup>, всегда стремились к инновациям для достижения своих целей. И сегодня ситуация не изменилась: посредством научных инноваций и партнерских связей, при поддержке Всемирной службы погоды (ВСП), Обсерватория старается обслуживать непрерывно растущее сообщество пользователей метеорологического обслуживания.

В последние десятилетия Обсерватория отважилась на внедрение новых дисциплин, таких как мониторинг радиоактивного излучения, реагирование на чрезвычайные ситуации и дальнейшее развитие метеорологического обслуживания авиации для нового международного аэропорта в Гонконге. В ознаменование 130-й годовщины Обсерватория привлекла своих сотрудников к тому, чтобы привести в соответствие с современными требованиями перспективу развития Обсерватории, ее миссию и иерархию ценностей, руководствуясь которыми Обсерватория

будет осуществлять свою деятельность в течение следующего десятилетия и в дальнейший период:

**Перспектива развития** – Стать примером для подражания в обеспечении защиты жизни людей и совместного созидании более совершенного общества на основе науки.

**Миссия** – Предоставлять ориентированное на потребности людей качественное обслуживание в области метеорологии и смежных областях и расширять возможности общества в деле предотвращения стихийных бедствий и реагирования на них на основе науки, инноваций и партнерских связей.

**Ценности** – На основе науки мы предоставляем обслуживание, проявляем заботу, вводим новшества, демонстрируем энтузиазм, обучаем, сотрудничаем и стараемся быть лучше всех.

## Инновации

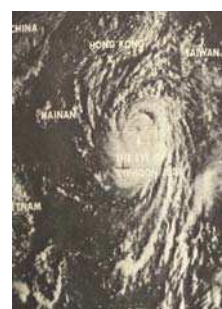
В первые дни существования ВСП, после запуска в феврале 1966 г. ЭССА-I и ЭССА-II, первой в мире системы оперативных метеорологических спутников, за очень короткий промежуток времени Обсерватория организовала работу оперативной системы для получения спутниковых изображений ЭССА-II (и НИМБУС-II). Система использовала лишь самое базовое оборудование, однако качество спутниковых изображений было сопоставимо с качеством лучших

<sup>1</sup> Г-н Шунь также является Постоянным представителем Гонконга (Китай) при ВМО, президентом Комиссии ВМО по авиационной метеорологии и председателем Комитета ЭСКАТО/ВМО по тайфунам.

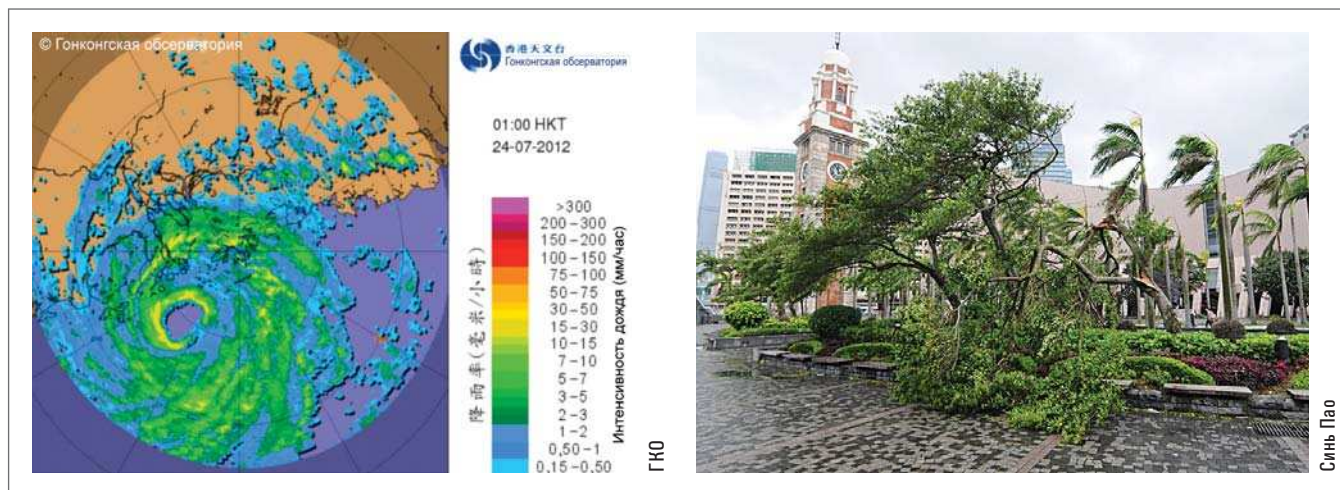
<sup>2</sup> Часть Британской империи с 1842 г., суверенитет был вновь обретен Китаем в 1997 г., и тогда этот район получил официальное название «Специальный административный район Гонконг Китайской Народной Республики»

<sup>3</sup> «...потребовал создать сигнальный шар на основе научного определения времени ... и указал на необходимость иметь более профессиональную базу для выпуска предупреждений о штормах ... еще в 1877 г., а затем в 1879 г. прозвучали требования создать в Гонконге обсерваторию для выполнения этих задач» – Первые исследования в Китае в области прибрежной метеорологии: роль Гонконга, П.Кевин МакКеон»

Публикуется в журнале World Today с  
разрешения библиотеки Гонконгского  
университета



В 1966 г. Петер МК Яу использовал базовое оборудование стоимостью около 200 долларов США, чтобы принимать спутниковые снимки для Обсерватории. Справа представлен снимок тайфуна Джуди, полученный в мае 1966 г.



В последние десятилетия количество человеческих жертв, связанных с тайфунами, значительно снизилось. Мощный тайфун Висенте в 2012 г. (его четко выраженный глаз виден на верхнем снимке, сделанном с помощью метеорологического радиолокатора) послужил поводом для выпуска предупреждения уровня 10, который является самым высоким по шкале Обсерватории. Однако человеческих жертв не было зафиксировано.

изображений, полученных с помощью оборудования, стоимость которого составляла много миллионов долларов. Один из пионеров осуществления этой системы приема спутниковых снимков профессор Петер М К Яу, который в настоящее время является специалистом в области физики облаков и тропических циклонов в Университете Макгилла (Канада), посетил Обсерваторию в августе 2013 г. и вспомнил инновационный дух, который царил там в 1966 г., когда он был 20-летним ассистентом научного сотрудника.<sup>4</sup>

Инновационный дух среди сотрудников Обсерватории продолжал царить на протяжении всей истории ВСП. Основным движущим фактором были потребности общества, связанные с уменьшением опасности стихийных бедствий. Инновации были необходимы для строительства города, более устойчивого к капризам погоды, для сооружения нового международного аэропорта в Гонконге (HKIA) и для реагирования на изменения климата. Например, эти инновации внесли свой вклад в разработку первой системы обнаружения сдвига ветра на малых высотах для аэропорта Кай Так в Гонконге в конце 1970-х годов, в подготовку к эксплуатации доплеровского акустического радара для обнаружения сдвига ветра на малых высотах и для исследования воздушной вентиляции в поддержку градостроительства в начале 1980-х годов, в монтаж первых автоматических метеорологических станций также в начале 1980-х, в разработку системы текущего прогнозирования осадков (известной под названием SWIRLS – «Short-range Warning of Intense Rainstorms in Localized Systems» (Краткосрочное предупреждение о сильных ливнях в локализованных системах)) в 1990-х и в разработку первой в мире лидарной системы оповещения о сдвиге ветра в условиях ясного неба.<sup>5</sup>

Система SWIRLS оказалась полезной, обеспечивая оперативные предупреждения об оползнях, вызванных сильным дождем. Она получила международное признание в прогностических показательных проектах во время проведения Олимпийских игр в Пекине в 2008 г. и на Всемирной выставке ЭКСПО в Шанхае в 2010 г. Система продолжала развиваться, интегрируя данные, полученные с заново установленной региональной сети обнаружения грозových разрядов, впервые разработанной Обсерваторией в середине 2000-х, и предлагая ряд новых видов обслуживания по текущему прогнозированию конвекции в поддержку эксплуатации аэропортов и управления воздушным движением. Это были своевременные разработки, так как интенсификация воздушного движения и расширение аэродрома повышают уязвимость аэропорта HKIA к особым явлениям погоды. Крупнейшая электроэнергетическая компания Гонконга недавно также начала пользоваться прогнозами текущей погоды в своей работе. Первая в мире услуга по текущему прогнозированию осадков для конкретной территории, приложение для мобильного телефона MyObservatory, также создана на основе выходной продукции SWIRLS.

Учитывая постоянно меняющиеся потребности пользователей и быстро развивающиеся и появляющиеся технологии и средства связи, способность к инновациям является необходимым ключом к успеху метеорологического обслуживания. За последние 50 лет Обсерватория прошла длинный путь от использования «кучи сильно устаревшего оборудования, которое, обеспечивая получение данных с метеорологических спутников, давало результаты стоимостью миллион долларов» до применения последних технологий, позволяющих довести метеорологическую информацию практически до каждого человека, где бы он ни находился, благодаря инновационному духу и философии обслуживания, которой придерживается Обсерватория и ее сотрудники.

<sup>4</sup> [www.weather.gov.hk/hkonews/D4/news-20130830e.htm](http://www.weather.gov.hk/hkonews/D4/news-20130830e.htm)

<sup>5</sup> Shun, C. M., and P. W. Chan, 2008: *Applications of an Infrared Doppler Lidar in Detection of Wind Shear*. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 25, 637–655.



## MyObservatory

Приложение для мобильного телефона MyObservatory ([www.hko.gov.hk/myobservatory\\_e.htm](http://www.hko.gov.hk/myobservatory_e.htm)) было разработано в начале 2010 г. Оно обеспечивает предоставление данных метеорологических наблюдений и фотоснимков для ближайшего к местонахождению пользователя района, определяемого мобильной платформой. В течение нескольких месяцев MyObservatory было модернизировано с целью предоставления комплекта метеорологической информации, включая отображение прогнозов погоды и предупреждений, радиолокационные и спутниковые изображения, данные о молниях, информацию о приливах, слежение за тропическими циклонами, информацию о воздействии ультрафиолетового излучения, видеоматериалов Обсерватории на YouTube и многое другое. Модернизация проводилась с учетом растущих ожиданий пользователей, вызванных появлением MyObservatory.

Новая версия моментально стала пользоваться большим успехом и количество скачиваний и просмотров страниц резко возросло. Количество скачиваний MyObservatory на платформах iOS и Android в настоящее время превысило 3,8 миллиона. Недавно количество просмотров страниц MyObservatory превысило просмотры страниц веб-сайта Обсерватории. В настоящее время ежедневное количество превышает 100 миллионов просмотров страниц – в среднем это свыше 14 просмотров страниц на человека в

день, учитывая, что население Гонконга составляет 7,2 миллиона человек. Максимальный суточный показатель достиг 205 миллионов 22 сентября 2013 г. во время приближения мощного тайфуна Усаги.

Успех MyObservatory в Гонконге вдохновил Обсерваторию на разработку первого в мире официального мобильного приложения прогнозов погоды MyWorldWeather, которое является дополнительным модулем сайта «Обслуживания информацией о мировой погоде (ОИМП) ВМО» для мобильных платформ. В настоящее время MyWorldWeather имеется на девяти языках: арабском, китайском, английском, французском, немецком, корейском, польском, португальском и испанском.



Мобильное приложение MyObservatory доступно на платформах iOS и Android.

ГКО

## Партнерство

Учитывая огромный успех ВСП в укреплении международного сотрудничества в области погоды, климата и водных ресурсов за последние 50 лет, нельзя переоценить важность партнерских связей для национальных метеорологических служб (НМС). Особенно это касается небольших НМС, таких как Обсерватория. В своем стремлении к инновациям и обслуживанию Обсерватория установила сотрудничество с национальными гидрологическими и метеорологическими службами, университетами и научно-исследовательскими учреждениями как в самой стране, так и за рубежом. Сотрудники Обсерватории тесно сотрудничают со своими партнерами в континентальном Китае по проектам, вызывающим обоюдный интерес, чтобы собрать воедино все знания и ресурсы, например, в области высокопроизводительных вычислительных платформ и совместного использования данных.

В первые годы существования Обсерватории сотрудничество и партнерство на местном уровне играло важную роль для сбора данных метеорологических наблюдений, особенно морских и аэрологических данных. Прием сводок погоды с судов по беспроводному телеграфу начался в 1908 г. и получил широкое распространение в 1920-х и 1930-х годах, при этом количество ежегодно получаемых сводок составляло около 10 000. В этот же период началось сотрудничество с авиацией, и

началось оно с наблюдения за температурой в верхних слоях атмосферы, впервые проводившегося в 1924 г. совместно с британскими военными. В 1938 г. начались регулярные аэрологические наблюдения в учебной школе для пилотов; таким образом, к 1939 году обеспечение наблюдений с самолетов вошло в повседневную



Коллеги из Обсерватории и Правительственной авиационной службы проверяют зонд для сбора метеорологических данных, установленный на самолете с неподвижным крылом Jetstream-41.

ГКО



практику. Авиационные и морские сообщества также получали свою выгоду от метеорологического обслуживания, предоставляемого Обсерваторией.

Партнерские связи с авиационным сообществом достигли исторического рубежа в 2011 г., когда Обсерватория начала сотрудничать с Правительственной авиационной службой с целью выполнения полетов для разведки тропических циклонов над северной частью Южно-Китайского моря на самолете с неподвижным крылом Jetstream-41. За два года до этого Обсерватория оснастила Jetstream-41 зондом для сбора метеорологических данных с целью выполнения регулярных полетов для сбора данных в поддержку исследований сдвига ветра и турбулентности для аэропорта HKIA. Усвоение метеорологических данных, собранных вблизи тропических циклонов, оперативной моделью численных прогнозов погоды в Обсерватории позволило уменьшить ошибки прогнозов траектории тропических циклонов и усовершенствовать прогнозы осадков. Данные о ветре, собранные на низких высотах, также оказались полезными при оперативной оценке ветровой структуры тропических циклонов. Такие разведывательные полеты в настоящее время стали более или менее повседневной практикой всякий раз, когда ожидается, что тропический циклон может нанести ущерб Гонконгу. Собранные данные предоставляются странам – членам ВМО. В предстоящем году Jetstream-41 заменит реактивный самолет Challenger 605, с борта которого также будут сбрасываться зонды; таким образом, сбор и передача данных с борта самолета в реальном времени в зоне тропических циклонов над Южно-Китайским морем станет реальностью.

Обсерватория начала работу по осуществлению международного сотрудничества в 1930-е годы, когда провела

первую Конференцию директоров дальневосточных метеорологических служб. Цель конференции состояла в том, чтобы заключить региональное соглашение о стандартизации предупредительных сигналов о тропических циклонах (которое привело к появлению системы, известной в дальнейшем как универсальный свод штормовых сигналов). После Второй мировой войны сотрудники Обсерватории играли активную роль во многих направлениях деятельности ВМО, включая наращивание потенциала, исследования тайфунов и муссонов, подготовку морских климатологических сборников, метеорологическое обслуживание населения, метеорологическое обслуживание авиации и т.д. Эта деятельность достигла кульминации в последнее десятилетие, когда были созданы веб-сайты «Центр информации о суровой погоде (СВИК)<sup>6</sup>» и «Обслуживание информацией о мировой погоде (ОИМП)<sup>7</sup>», что повысило доступность официальных предупреждений и прогнозов стран – членов ВМО для населения и средств массовой информации во всем мире. Обсерватория не смогла бы этого достичь без сотрудничества и партнерских связей со странами – членами ВМО.

Обсерватория могла бы представить множество примеров партнерских отношений, но суть понятна: качество метеорологического обслуживания населения не достигло бы современного уровня, если бы национальным гидрологическим и метеорологическим службам приходилось развивать его собственными силами. Партнерские отношения, сложившиеся при поддержке ВМО, имеют большое значение, сводя воедино знания и ресурсы, которых

<sup>6</sup> <http://severe.worldweather.wmo.int/>

<sup>7</sup> <http://worldweather.wmo.int/>

## Коллективная сеть метеорологической информации (Co-WIN)

Co-WIN является результатом совместных усилий Политехнического университета Гонконга и Обсерватории, направленных на поддержку образования в области погоды и климата на основе подхода «обучение действием». Члены Co-WIN могут установить базовую автоматическую метеорологическую станцию серийного производства, оснащенную программным обеспечением и подключенную к Интернету, чтобы выкладывать сводки погоды на веб-сайте [weather.ap.polyu.edu.hk](http://weather.ap.polyu.edu.hk). Мобильное приложение позволяет членам предоставлять для коллективного пользования метеорологические фотоснимки по Интернету на сайте [co-win.org](http://co-win.org) и в социальной сети Facebook ([www.facebook.com/icwos](http://www.facebook.com/icwos)).

С момента создания в августе 2007 г. количество участников Co-WIN выросло с 35 до 133. Они охватывают широкий спектр от начальных и средних школ до геронтологических центров, от Ассоциации скаутов до отделения Всемирного фонда природы (ВФП) в Гонконге. Благодаря двум новым членам из

Комитета ЭСКАТО/ВМО по тайфунам, представляющим о-в Гуам (США) и Филиппины, членство стало международным. В 2010 г. Королевское метеорологическое общество наградило сеть Co-WIN премией Вайсалы за успехи в области метеорологических наблюдений и измерений.



Коллективная схема наблюдения за погодой Co-WIN. Страница социальной сети Facebook для обмена метеорологическими снимками между участниками схемы.

может не оказаться в данный конкретный момент в распоряжении какой-либо отдельно взятой метеорологической службы, стремящейся придерживаться новых инициатив в области погоды, климата и водных ресурсов. Результаты таких партнерских отношений положительно сказываются на всем сообществе НМС и в конечном счете на обществе в целом.

После создания Глобальной рамочной основы для климатического обслуживания (ГРОКО) Обсерватория начала организовывать локальные проекты совместно с такими партнерами, как Бюро геотехнического строительства, Департамент водоснабжения и электроэнергетические и газовые компании, с целью развития климатического информационного обслуживания для уменьшения опасности стихийных бедствий, управления водными ресурсами и использования этой информации в энергетическом секторе. Это позволит обществу лучше подготовиться к реагированию на

изменение климата. Обсерватория готова делиться опытом, накопленным в процессе сотрудничества с международным сообществом с тем, чтобы это новое климатическое обслуживание нашло широкое применение в сфере деятельности национальных гидрологических и метеорологических служб.

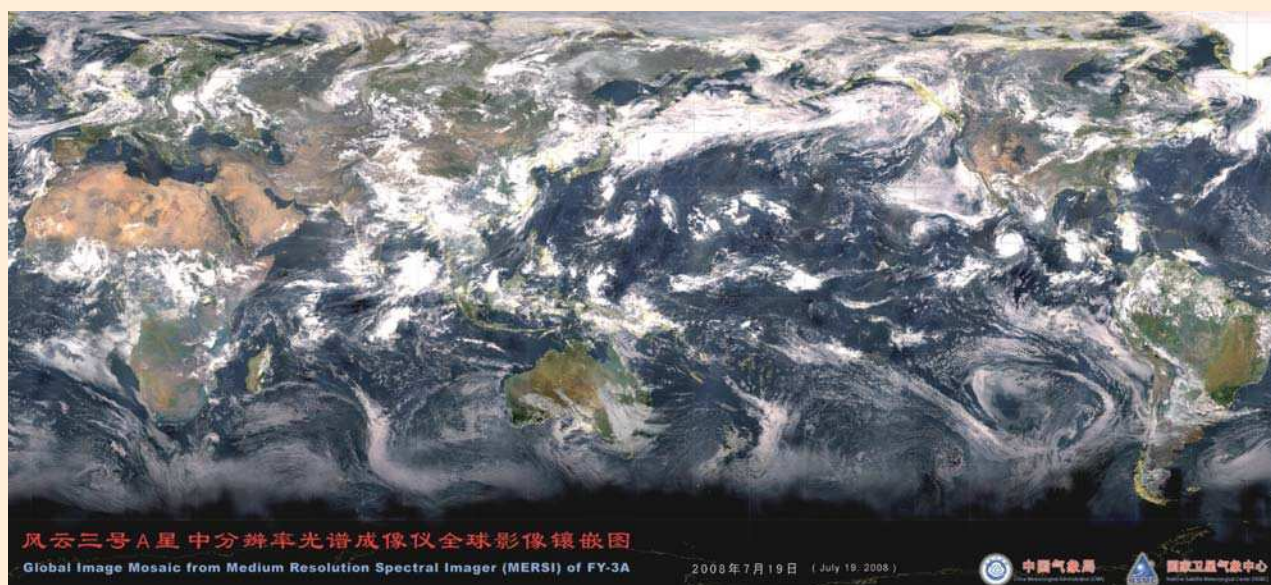
Наука, инновации и партнерство заложены в генах Обсерватории. В будущем Обсерватория будет стараться поддерживать свой активный вклад в семью ВМО, содействовать дальнейшему сотрудничеству с партнерами на всех уровнях, поддерживать возможности в области развития и решать сложные задачи в будущем. В мире, стоящем перед необходимостью решения проблем и использования возможностей, обусловленных изменением климата, Обсерватория будет продолжать обслуживать общество, предоставляя информацию, основанную на достижениях науки.

### Китай ликвидирует пробел в спутниках с помощью серии FY-3

Правительство Китая приняло 10-летний план по запуску 11 оперативных спутников с целью развития программы метеорологических спутников Feng-Yun (FY). Feng-Yun в переводе на русский язык означает «ветер и облако».

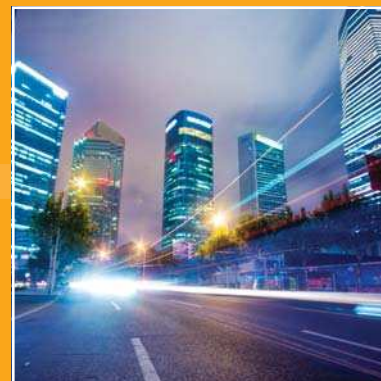
FY-3C, запущенный 23 сентября, является третьим летательным аппаратом в серии FY-3, включающей семь оперативных метеорологических спутников на гелиосинхронной орбите. Расчетный срок службы спутников составляет три года. Политика замены основана на запуске спутников с регулярными интервалами: один спутник каждые два года. Серия спутников на полярной орбите FY-3 обслуживает пользователей по всему миру.

Китайское метеорологическое управление (КМУ) заинтересовано в обеспечении работы усовершенствованной Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО совместно с другими спутниковыми операторами. В этой связи при взаимодействии с Космической программой ВМО и при содействии Европейской организации по эксплуатации метеорологических спутников (EUMETSAT) и Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НУОА) КМУ выполняет технико-экономическую оценку и анализ разработки серии спутников FY-3 для вывода на раннюю утреннюю орбиту, чтобы ликвидировать пробел в наблюдениях, выполняемых метеорологическими спутниками на полярной орбите. Это будет важным вкладом в усовершенствование глобального численного прогноза погоды.



*Спутники занимают уникальную выгодную позицию в глобальном мониторинге метеорологических и климатических явлений. Здесь представлено мозаичное изображение, полученное с помощью устройства формирования спектральных изображений со средней разрешающей способностью, которое установлено на спутнике КМУ FY-3A.*

# По мере того, как Информационная система ВМО начинает работать в полную силу, пользователи оказываются в выигрыше



Маркус Хене<sup>1</sup>

Два последних года были отмечены интенсивными усилиями по завершению разработки Информационной системы ВМО (ИСВ) и ее приведению в полную функциональную готовность. К трем первым Глобальным центрам информационной системы (ГЦИС), которые обеспечили официальное начало работы ИСВ в январе 2012 г., присоединились еще четыре центра, и еще восемь центров начнут работать в 2014 г. Совместно эти 15 ГЦИС будут играть ключевую роль в деле введения глобальной системы обмена метеорологическими, климатическими и гидрологическими данными в эпоху Интернета. Учитывая, что создание инфраструктуры системы практически завершено, в последующие несколько лет будет продемонстрирована обещанная огромная ценность этой инновационной концепции, по мере того как все страны – члены ВМО будут активно участвовать в ИСВ и предоставлять больше данных.

Концепция ИСВ осуществляется в соответствии с резолюцией Всемирного метеорологического конгресса 2003 г., в которой выражено стремление расширить и укрепить управление данными стран – членов ВМО и их распространение. До этого только Всемирная служба погоды (ВСП) и связанные с ней программы могли осуществлять обмен этими данными, используя Глобальную систему телесвязи (ГСТ). С появлением ИСВ другие программы ВМО и международные программы теперь также могут осуществлять обмен данными и предоставлять доступ к данным, и все пользователи получают пользу от работы усовершенствованных сервисов обнаружения данных и управления данными. Для обеспечения плавного перехода ИСВ строится на основе инфраструктуры ГСТ, использует существующие системы и инвестиции и обеспечивает достаточный уровень гибкости,

чтобы участвующие системы могли расширить свои возможности с течением времени по мере роста их национальных и международных обязанностей.

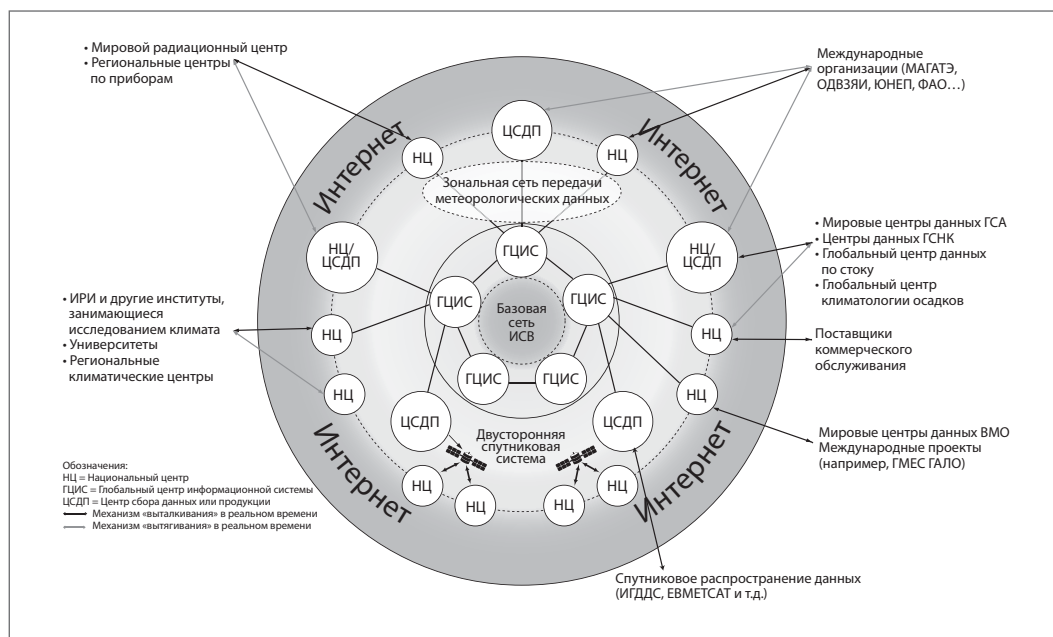
## Обеспечение связи центров данных между собой

ИСВ проектировалась таким образом, чтобы использовать существующие технологические процессы ГСТ, которые являются надежными, эффективными и четко управляемыми. Она также включает новые системы, работающие на основе Интернет-технологий с более высокой скоростью. В результате ИСВ можно рассматривать как систему, состоящую из двух частей: одна часть использует технологические процессы ГСТ для данных, требующих немедленной обработки и применения, тогда как другая часть разрабатывается на основе этих процессов путем внедрения новых информационных технологий и сервисов, которые обеспечивают гибкие сервисные функции обнаружения данных, обеспечения доступа к ним и их извлечения. Такой подход позволяет пользователям заново использовать свои традиционные системы и добавлять новые сервисы ИСВ. Более того, любая страна – член ВМО может делегировать предоставление определенных сервисов другим странам-членам. Эти два элемента – возможность заново использовать существующие традиционные системы и принцип делегирования – обеспечивают возможности для простого входа в ИСВ для всех стран-членов.

В состав ИСВ входят три типа центров. Глобальные центры информационной системы (ГЦИС) являются главным новшеством ИСВ. Каждый ГЦИС ведет комплексный каталог метаданных, который синхронизируется с каталогами других ГЦИС. Он накапливает все предназначенные для глобального обмена данные и продукцию, поступившие за последние 24 часа, и предлагает гибкую подписку на пользование сервисами, обеспечивающими предоставление

<sup>1</sup> Метеорологическая служба Германии, координатор по вопросам ИСВ





Виды центров ИСВ и типовые взаимосвязи  
 (Источник: Руководство по ИСВ, ВМО-№ 1061)

данных и продукции. ГЦИС связаны между собой посредством базовой сети ИСВ для обеспечения сквозного предоставления предупреждений в течение двух минут после инициализации. Три ГЦИС, которые были введены в эксплуатацию в январе 2012 г., размещаются в Пекине (Китай), Оффенбахе (Германия), и Токио (Япония)<sup>2</sup>. Другие введенные в эксплуатацию ГЦИС размещаются в Мельбурне (Австралия), Тулузе (Франция), Сеуле (Республика Корея) и Эксетере (Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии). В настоящее время находятся в процессе ввода в эксплуатацию ГЦИС в Бразилии (Бразилия), Нью-Дели (Индия), Тегеране (Исламская Республика Иран), Москве (Российская Федерация), Джидде (Саудовская Аравия) и Вашингтоне (Соединенные Штаты Америки). ГЦИС в Претории (Южная Африка) и Касабланке (Марокко) будут введены в эксплуатацию в 2014 году.

Ко второй категории центров ГЦИС относятся Национальные центры. Все существующие Национальные метеорологические и гидрологические центры стран – членов ВМО были одобрены Исполнительным Советом ВМО в 2013 г. в качестве Национальных центров ИСВ. Чтобы получить статус Национального центра больших усилий не требуется. Каждый Национальный центр должен быть связан с одним из ГЦИС, куда он будет загружать и откуда скачивать данные по Интернету, по ГСТ

или через промежуточный региональный узел связи ГСТ. Единственная новая задача для Национального центра заключается в том, что нужно загружать метаданные для обнаружения, которые описывают предоставляемые данные и продукцию с тем, чтобы можно было осуществить их поиск.

Третий вид центров – это Центры сбора данных или продукции (ЦСДП). Эти центры собирают, распространяют, «добавляют» качество и архивируют региональные данные и продукцию и данные и продукцию по конкретным программам. Как и Национальные центры, они предлагают сервисы обнаружения данных, обеспечения доступа к ним и их извлечения. Они загружают свои метаданные для обнаружения в главный ГЦИС. В качестве примеров таких центров могут служить Региональные узлы телесвязи, Европейская организация по эксплуатации метеорологических спутников (ЕВМЕТСАТ), Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) и Африканский центр по применению метеорологии для целей развития (АКМАД).

По положению на ноябрь 2013 г. в структуру ИСВ входят около 230 национальных центров, 130 центров сбора данных или продукции и 15 введенных в эксплуатацию или находящихся в предэксплуатационном состоянии Глобальных центров информационной системы.

## Обнаружение данных с помощью каталога

Когда в январе 2012 г. было положено официальное начало работе ИСВ, был предложен комплексный каталог, содержащий приблизительно 135 000 записей

<sup>2</sup> См. также пресс-релиз ВМО № 939 за 2012 г.: «Новая система метеорологической и климатической информации вводится в эксплуатацию», [www.wmo.int/pages/mediacentre/press\\_releases/pr\\_939\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_939_en.html)

метаданных для обнаружения. Из них 75 000 записей описывали данные и продукцию ГСТ, а 60 000 записей – другие данные и продукцию. Сегодня каталог содержит почти 150 000 записей.

Профиль метаданных ИСВ для обнаружения совместим со стандартом ИСО 19139. Выбор общепринятого стандарта ИСО позволяет странам – членам ВМО и другим поставщикам данных ИСВ заново использовать метаданные для обнаружения в национальных, региональных и межрегиональных программах. Например, метаданные ИСВ для обнаружения можно использовать без какой-либо модификации в рамках Инфраструктуры для географической информации по Европе (ИНСПИРЕ) или Глобальной системы систем наблюдений за Землей (ГЕОСС).

### Обслуживание потребителей

ИСВ обслуживает множество потребителей, действуя в качестве единого окна для всех видов деятельности, связанных с управлением данными. Впервые пользователи, имеющие соответствующие права доступа, могут легко найти и извлечь все метеорологические,

климатические и гидрологические данные в одном месте. Данные и продукция, представляющие глобальный интерес, остаются доступными в кэш ГЦИС, где хранятся данные и продукция, поступившие за последние 24 часа. Зарегистрированные пользователи могут получить немедленный доступ к данным без необходимости ждать неопределенное время, пока их запрос будет маршрутизирован через различные узлы ГСТ перед тем, как будут предоставлены запрашиваемые данные. Более того, они без труда могут внести изменения в свою подписку на данные и поддерживать свои метаданные для обнаружения в соответствии с потребностью.

В настоящий момент, когда ИСВ работает уже почти два года, необходимо перенести акцент на обучение пользователей с тем, чтобы они могли ознакомиться с сервисами. ГЦИС проводят совещания и учебные мероприятия по наращиванию потенциала, чтобы информировать пользователей о концепции ИСВ и рассматривать вместе с пользователями метаданные для обнаружения и процедуры для загрузки данных и продукции. ГЦИС также ведут учет потребностей и напрямую осуществляют обратную связь с



Глобальные центры информационной системы в 2013 г.

● – введены в эксплуатацию ● – в предэксплуатационном состоянии (Источник: Херманн Асенцио, Метеорологическая служба Германии)  
Перечень введенных в эксплуатацию ГЦИС поддерживается в режиме онлайн по адресу: [www.wmo.int/pages/prog/www/WIS/GISCs.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/WIS/GISCs.html)

сообществом пользователей. Эта обратная связь имеет важнейшее значение для совершенствования предлагаемых сервисов. В результате создается ситуация беспроигрышная для обеих сторон: пользователи получают пользу от более качественного обслуживания и уменьшения повседневной рабочей нагрузки, а поставщик обслуживания может использовать ресурсы, высвободившиеся в результате обратной связи, более эффективно и, таким образом, еще более улучшить обслуживание и повысить уровень удовлетворенности пользователей.

Помимо того, что ИСВ поддерживает национальные метеорологические и гидрологические службы в области оперативного мониторинга и прогнозирования, поддержка также оказывается широкому кругу других пользователей. Можно привести следующие примеры:

- Аспирантка из Южной Африки исследует аномалии климата. Оформив в своем ГЦИС один раз запрос на поиск, она может получить все данные наблюдений и продукцию, соответствующие ее запросу. С помощью данных для обнаружения она может определить формат данных и то, где можно найти дополнительную информацию по декодированию данных. Скачав несколько образцов, успешно декодировав данные и отладив функцию импортирования, она может подписаться на получение таких данных на регулярной основе.
- Национальному метеорологическому и гидрологическому центру требуются метаданные по всей общедоступной продукции для национального портала геоданных, который также стремится повысить международную значимость своей продукции. Специалист этого центра по управлению данными может зарегистрироваться в своем главном ГЦИС и, используя онлайн-редактор, создать метаданные для метеограмм, опубликованных в сети. Сохранив запись метаданных, он осуществляет скачивание записей для национального портала геоданных. Тем временем другой ГЦИС извлекает эту запись, и она становится доступной на глобальном уровне.

Хорошим примером является финансируемый Европейским союзом проект БАЛТРАД, в рамках которого создается устойчивая сеть метеорологических радиолокаторов для региона Балтийского моря.

Для проекта требуются 12-часовые данные об осадках с как можно большего количества станций стран-участниц проекта. Специалист по анализу данных может разместить в ИСВ запрос на комбинированный поиск данных об осадках в этом географическом регионе. Выбрав соответствующие данные, он может подписаться на получение этих данных.

Всего лишь за два года работы ИСВ уже достигла успеха в обеспечении всеобъемлющего подхода к управлению данными в масштабе всей ВМО, включая развивающуюся Интегрированную глобальную систему наблюдений ВМО (ИГСНВ), а также соответствующие международные программы, такие как Всемирная программа исследований климата. Таким образом, ИСВ приносит пользу всем людям, проектам, программам и организациям, осуществляющим поиск метеорологической, климатической и гидрологической информации. Дальнейшая польза будет состоять в том, что она повысит уровень взаимодействия между странами – членами ВМО и вдохновит на новые формы сотрудничества в ряде новых областей.

## Выражение признательности

Автор выражает благодарность сотрудникам сектора ИСВ Секретариата ВМО, авторам публикации «ИСВ в двух словах» и своим коллегам Херманну Асенсио, Альберту Бротцеру и Михаэлю Драйукеру за их вклад в подготовку статьи.

## Литература

WMO Information System Compliance Specifications of GISC, DCPC, and NC, available at [www.wmo.int/pages/prog/www/WIS/documents/TechnicalSpecification1-2.doc](http://www.wmo.int/pages/prog/www/WIS/documents/TechnicalSpecification1-2.doc)

Manual on the WMO Information System (WIS), WMO-No. 1060, available at [http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice\\_display&id=9254](http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=9254)

Guide to WMO Information System (WIS), WMO-No. 1061, available at should be [http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice\\_display&id=6856](http://library.wmo.int/opac/index.php?lvl=notice_display&id=6856)

WIS in a Nutshell, available at <http://wis.wmo.int/page=wis-in-a-nutshell>



# Поиск бозона Хиггса в стоге сена



Эндрю Перцелл<sup>1</sup> и Альберто Пейс<sup>2</sup>

*Как отмечается в предыдущей статье, метеорологическое сообщество быстро развивает свои возможности по управлению и распространению растущих объемов данных и информации, которые производят страны – члены ВМО и другие организации. Поэтому неудивительно, что другие технические и научные сообщества также работают над тем, как лучше организовать большие объемы данных. Как и ВМО, они решают эту задачу, выгодно используя развитие Интернета, рост производительности компьютеров и более усовершенствованное программное обеспечение.*

*Ниже описывается стратегия, которую принимает на вооружение Европейская организация ядерных исследований, известная под французской аббревиатурой*

*CERN (ЦЕРН) и располагающаяся всего в нескольких километрах от штаб-квартиры ВМО в Женеве. Несмотря на то, что потребности ЦЕРН в области управления данными во многом отличаются от соответствующих потребностей ВМО, представляется интересным сравнить стратегию ЦЕРН с подходом, который использует Информационная система ВМО.*

Когда частицы сталкиваются, количество данных быстро увеличивается. Большой адронный коллайдер (БАК), построенный в ЦЕРН, производит приблизительно 1 миллион гигабайт данных в секунду. Используя высокотехнологичные системы отбора, ученые ЦЕРН могут оставить только самые интересные данные, но даже после этого остаются более 25 миллионов гигабайт, с которыми организация должна справляться ежегодно, – объем, эквивалентный более 5 миллионам цифровых видеодисков (DVD). Эффективный анализ и интерпретация этих данных – задача не из легких, для решения которой нужны объединенные усилия на

<sup>1</sup> Редактор издания «International Science Grid This Week», выпускаемого на базе ЦЕРН

<sup>2</sup> Руководитель группы по обслуживанию данными и организации хранения данных, отдел информационных технологий, ЦЕРН



*Грид-система никогда не спит: на этом снимке показана ее работа 1 января 2013 г. сразу после полуночи, при этом выполняется 250 000 заданий.*

глобальном уровне. Несмотря на то, что в ЦЕРН эта задача имеет более крупный масштаб, чем во многих других организациях, из того, как ЦЕРН работает с данными, можно извлечь важные уроки.

Процесс современных научных вычислений можно разделить на три компонента:

- **Обработка** – для преобразования и анализа данных, связанных с конкретным исследовательским проектом, может потребоваться множество вычислительных ядер. Например, для анализа данных БАК требуется вычислительная мощность, эквивалентная мощности 300 000 самых быстрых на сегодняшний день процессорных ядер персонального компьютера.
- **Организация сети** – наличие быстрой сети, включая широкополосный доступ в Интернет, имеет жизненно важное значение для обеспечения доступа к вычислительной инфраструктуре для географически рассредоточенных научных центров и лабораторий.
- **Работа с данными** – данные нужно хранить, перемещать в любой момент времени туда, где есть ресурсы для обработки, распространять среди большого количества заинтересованных сторон (университетов, научных лабораторий и т.д.). Также часто очень важно обеспечить долгосрочное сохранение данных.

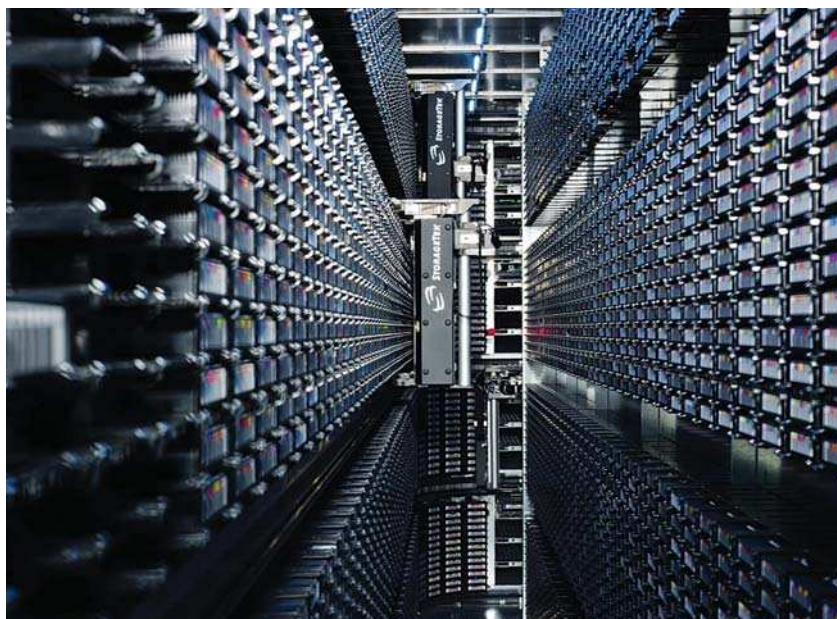
Несмотря на то, что компьютеры являются важным инструментом почти во всех областях науки, никогда они не были более неотъемлемой частью научных исследований, чем сегодня. Исторически научные вычисления концентрировались, в первую очередь, на обработке информации, но в последние годы

наблюдается значительное развитие технологий, касающихся хранения, обработки, распространения и обеспечения долгосрочного сохранения данных. ЦЕРН, с одной стороны, ориентирован на это развитие, а с другой стороны, извлекает из него пользу, показывая яркий пример того, как надо успешно работать с большими объемами научных данных.

### Общемировой компьютер

Энергопотребление вычислительного комплекса центра данных ЦЕРН составляет 3,5 мегаватта, а наличие 88 000 процессорных ядер поражает воображение. Тем не менее ЦЕРН обеспечивает только 15 % вычислительных мощностей, необходимых для обработки огромного объема данных, которые производит БАК, даже после того, как в результате использования комплексных алгоритмов фильтрации остается всего лишь около 1 % произведенных данных.

Уже в конце 1990-х годов было ясно, что ожидаемый объем данных, производимых БАК, намного превысит вычислительные мощности ЦЕРН, взятой в отдельности. По этой причине в 2001 г. ЦЕРН инициировала проект по созданию Общемировой грид-системы БАК (ОГСБ), которая представляет собой технологию распределенных вычислений, связывающую между собой ресурсы для обработки и хранения данных более 150 центров в почти 40 странах по всему миру. Начиная с 2003 г. ОГСБ постепенно набирала обороты, решив ряд задач по увеличению производительности до того, как в 2008 г. состоялся ее официальный ввод в эксплуатацию. Сегодня ее услугами пользуются около 10 000 ученых-физиков, и, в целом, она обеспечивает параллельное выполнение более 250 000 заданий.



ЦЕРН

*Работа с кассетами с магнитной лентой в настоящее время полностью автоматизирована, так как они хранятся на стеллажах в хранилищах, где автоматизированный механизм перемещает их между стеллажами и лентопротяжными устройствами. На постоянном хранении находятся более 100 петабайт данных, что эквивалентно объему кинофильмов качества full HD (полномасштабной высокой четкости), просмотр которых займет 700 лет.*

## Сила в большом количестве

ОГСБ имеет многоуровневую структуру, при этом основная копия всех данных хранится в центре данных ЦЕРН, который часто обозначается как уровень-0. Отсюда ЦЕРН рассылает вторую копию данных в 11 основных центров данных по всему миру, которые все вместе образуют первый уровень или уровень-1. В ближайшем будущем к системе планируют присоединиться центры данных в России и Южной Корее, и тогда общее число центров ОГСБ уровня-1 достигнет 13.

Центры уровня-1 отвечают за долгосрочную защиту данных и обеспечивают второй уровень обработки данных. Каждый центр уровня-1 связан с рядом центров уровня-2, расположенных, как правило, в том же географическом районе. Всего имеется около 140 центров уровня-2, это в основном факультеты университетов и физические лаборатории. Несмотря на то, что центры уровня-2 в большинстве случаев небольшие, в настоящее время они регулярно обеспечивают больше половины всех ресурсов. Именно в этих центрах осуществляется реальный физический анализ.

В начале этого года ЦЕРН и Центр физических исследований имени Вигнера открыли отделение центра данных ЦЕРН в Будапеште (Венгрия). Там уже введены в эксплуатацию 500 серверов, 20 000 вычислительных ядер и система хранения данных емкостью 5,5 петабайт. С февраля 2013 г. между двумя центрами функционируют выделенный и резервный выделенный каналы передачи данных на 100 Гбит/сек. Объект в Будапеште дистанционно управляется из ЦЕРН и существенно расширяет возможности уровня-0 ОГСБ.

## Распространение данных

При наличии крупной распределенной вычислительной системы самый важный фактор, ограничивающий обработку данных, заключается в том, что ресурсы центрального процессора могут находиться на значительном расстоянии от места хранения данных. Это ведет к необходимости передачи больших объемов данных часто по академическим сетям Интернета или по частным оптоволоконным каналам, в результате чего появляются промежутки времени, когда ресурсы центрального процессора не задействованы. Следовательно, оптимальная стратегия размещения данных имеет важнейшее значение для обеспечения максимально эффективного использования вычислительных ресурсов в любой момент времени.

На общую эффективность большое влияние оказывают стратегии кэширования данных, а также скорость передачи данных из внешней системы хранения данных в сетевую систему из удаленных центров в локальные, от серверов данных до локального диска, от локального диска до локального оперативного запоминающего устройства. Схожим образом стратегии, используемые для исправления ошибок и тиражирования данных, могут иметь значительные последствия как для доступности, так и для надежности данных. По этим причинам оптимальное управление данными – архитектура, политика и процедуры, управляющие всеми операциями с данными

и их жизненным циклом, – имеет большое значение в крупномасштабных научных вычислениях.

В рамках крупных исследовательских проектов потоки данных могут быть чрезвычайно комплексными: данные могут дублироваться в нескольких центрах для того, чтобы уменьшить вероятность потерь при крупных производственных происшествиях, увеличить число ядер центрального процессора, способных осуществлять параллельную обработку данных, или увеличить пропускную способность каналов для передачи данных по запросу (так как наличие нескольких копий может обеспечить параллельное предоставление данных).

## Несколько пулов

Физические эксперименты на базе БАК в ЦЕРН являются хорошим примером деятельности по управлению данными. Данные, производимые в рамках этих экспериментов, регулярно перемещаются из одного пула хранения в другой с тем, чтобы минимизировать расходы, или в связи с тем, что качество обслуживания, предоставляемое разными пулами, разное. Пул хранения, работающий на основе твердотельных накопителей с несколькими тиражируемыми копиями данных и при наличии быстрой сети, может использоваться, например, для хранения ценных необработанных данных, которые необходимо проанализировать. После обработки те же данные можно переместить в медленный, недорогой архивный репозиторий, где ключевым фактором является долгосрочная надежность. В то же время некоторые промежуточные результаты анализа, которые можно пересчитать в случае потери, вероятно, следует переместить в быстрый, высокопроизводительный, недорогой, не обеспечивающий надежности пул временного хранения, именуемый «рабочее пространство».

Модель данных в экспериментах на базе БАК, конечно, значительно более комплексная в сравнении с приведенным здесь кратким описанием, и налицо очевидная необходимость в том, чтобы были пулы хранения данных с разным качеством обслуживания (с точки зрения надежности, производительности и стоимости). Также необходимы инструменты для перемещения данных между пулами и их обработки.

О необходимости иметь архитектуру, предусматривающую несколько пулов, для эффективной работы с комплексными потоками данных в рамках научных исследований свидетельствует тот факт, что даже самый простой компьютер имеет несколько типов устройств хранения: кэш первого и второго уровней, оперативная память, жесткий диск. Эксплуатация компьютера с одним типом устройств хранения явилась бы упрощением, которое привело бы к снижению эффективности.

## Стоит ли объединять пулы в один общий пул?

В требовании иметь несколько пулов с конкретным качеством обслуживания, возможно, заключается основное различие между подходами к работе с большими объемами данных, которые определяются как подход «облачная система хранения данных» и подход «большие данные».



- При использовании подхода «облачная система хранения данных» все данные хранятся в одном огромном, неструктурированном, унифицированном пуле хранения. Так как есть только один пул, содержащий все данные (обычно три тиражируемые копии данных, распределенные по нескольким центрам), нет необходимости перемещать данные. Подход с использованием одного пула предполагает унифицированное качество обслуживания и в результате быстро становится неоптимальным (а следовательно, и неэкономичным), как только объем данных превысит тот рубеж, когда расходы на хранение данных будут составлять значительную часть стоимости всего научного проекта.
- И наоборот, подход «большие данные» предполагает наличие более чем одного унифицированного пула хранения. В рамках этого подхода внедряются концепции рабочих потоков данных, жизненного цикла данных, перемещения данных, размещения данных и инфраструктуры хранения данных на основе нескольких пулов с различным качеством обслуживания, в результате чего расходы на хранение данных могут быть значительно сокращены и, хотелось бы надеяться, оптимизированы.

### Достоинства технических носителей

Все, кто пользуется компьютером дома или на рабочем месте, ясно представляют себе, что можно ожидать от жестких дисков. Здравый смысл говорит, что они достаточно быстродействующие и недорогие. Большинство пользователей переносных и стационарных компьютеров также сказали бы, что они достаточно надежны, потому что никогда не сталкивались с потерей данных из-за сбоя в работе диска, хотя, вероятно, знают о том, что такое может случиться. Однако в центре данных ЦЕРН у нас есть возможность для систематической оценки качества различных технических носителей в применении к очень

большому объему данных, и в этой связи мы пришли к некоторым неожиданным заключениям.

Мы пришли к выводу, что жесткие диски являются экономически эффективным решением для сетевого хранения данных (не принимая во внимание стоимость потребления энергии для работы в режиме 24 часа в сутки/7 дней в неделю) и демонстрируют приемлемую производительность (100 мегабайт в секунду при чтении и записи единственного потока данных, время поиска дорожки при этом составляет несколько миллисекунд). Однако их надежность очень низка для обеспечения приемлемого уровня обслуживания без потери данных: в центре данных ЦЕРН 80 000 дисков, и мы столкнулись с тем, что обычно сбой дают в среднем 5 дисков в день. Получается, что ежедневные потери данных составляют 10 000 гигабайт, что эквивалентно объему 5 000 почтовых ящиков пользователей среднего размера в день. Это, разумеется, неприемлемо, и поэтому хранение только одной копии данных на единственном диске не является перспективной стратегией для сервиса хранения данных.

### Да здравствует долговременное хранение

По нашим оценкам, ситуация с лентами совершенно иная, нежели ситуация с дисками. Ленты помещаются в кассетах емкостью 4 000 – 5 000 гигабайт и по цене (0,02 евро за гигабайт) сопоставимы с дисками. Основной недостаток лент заключается в том, что они медленные (большое время доступа), так как может потребоваться пара минут, чтобы перемотать ленту, демонтировать ее, установить другую кассету и перемотать вперед до места, где нужно считать данные. Тем не менее, несмотря на то, что у лент репутация медленного носителя, после того как лента установлена и нужное место на ленте найдено, данные можно записывать и читать со скоростью, которая обычно в два раза выше, чем в случае с жесткими дисками. Кроме того, у ленточных накопителей отдельные головки для



ЦЕРН

*В центре данных ЦЕРН размещаются серверы и системы хранения данных не только для обеспечения работы уровня-0 ОГСБ и осуществления физического анализа, но также для систем, которые имеют критически важное значение для повседневного функционирования лаборатории.*

чтения и записи, что позволяет моментально читать данные сразу после их записи, и это обеспечивает дополнительный фактор повышения скорости потоковой передачи в тех случаях, когда требуется проверка достоверности данных. В отличие от жестких дисков ленты не потребляют электрической энергии, когда не происходит чтения или записи данных.

Еще одно различие между дисками и лентами обнаруживается при сравнении их надежности. Когда лента дает сбой, потеря данных ограничивается локализованным участком ленты, остальная часть ленты читается. В результате такого сбоя в работе ленты потери данных варьируются от нескольких сотен мегабайт до нескольких гигабайт, т.е. на три порядка величины меньше, чем потери данных при сбое в работе диска. Эта цифра подтверждается центром данных ЦЕРН, который, работая с более чем 50 000 лент, теряет ежегодно в результате сбоев в работе лент всего лишь несколько сотен гигабайт данных. Для сравнения потери данных в результате сбоев в работе дисков ежегодно составляют несколько сотен терабайт.

Кроме того, потери данных в результате сбоев в работе лент значительно менее взаимосвязаны между собой: вероятность сбоя при чтении на ленте А совершенно независима от вероятности сбоя на ленте В. В случае с жесткими дисками взаимосвязь между дисками растет, если диски находятся на одном и том же сервере или управляются одним и тем же контроллером, – вероятность того, что за первым сбоем последует второй, значительно выше, чем вероятность первоначального сбоя. Независимость сбоев друг от друга является ключевой стратегией повышения надежности обслуживания, и этой независимости часто не хватает, когда в инфраструктуре используются серверы с большим количеством дисков.

## Противоречия и целостность данных

Центр данных ЦЕРН на сегодняшний день записал более 100 петабайт (100 миллионов гигабайт) физических данных, произведенных БАК, что приблизительно эквивалентно объему кинофильмов качества full HD (полномасштабной высокой четкости), просмотр которых займет 700 лет. Столкновение частиц в условиях БАК произвело только в последние три года около 75 петабайт таких данных. В ЦЕРН основная часть данных (около 88 000 петабайт) размещена на лентах. В общей сложности у ЦЕРН есть восемь роботизированных ленточных библиотек, распределенных по двум зданиям, и каждая библиотека может содержать до 14 000 кассет с лентой. В настоящее время ЦЕРН располагает примерно 52 000 кассет. Остальная часть физических данных хранится с помощью системы жестких дисков, оптимизированных для быстрого анализа и доступных одновременно для большого числа пользователей. Данные хранятся на более чем 17 000 дисков, подключенных к 800 дисковым серверам.

В системе с несколькими пулами, которую, например, использует ЦЕРН, важно обеспечить отсутствие противоречий между многочисленными копиями

данных, растиражированными по различным пулам. В идеале, когда программное обеспечение ведет себя так, как задумано, тиражирования на основе метаданных должно быть достаточно, чтобы обеспечить адекватный уровень согласованности. Однако там, где возникают противоречия между комплектами данных в различных пулах, важно иметь наготове четко определенную стратегию для их разрешения.

Безопасность является еще одним важным аспектом обеспечения долгосрочной целостности данных. Каждый запрос, который выполняет служба хранения данных, должен быть соотнесен с конкретными идентификационными данными, а эти идентификационные данные необходимо соотнести с конкретным лицом. Безопасность может, например, предполагать кодирование данных или введение ограничений для отдельных пользователей на доступ к тем или иным данным и на возможность их изменения. Однако обеспечение безопасности высокого уровня может потребовать нахождения компромиссов между производительностью, возможностью расширения и затратами.

## Выводы

В статье показано, что несмотря на то что распространять петабайты научных данных в режиме 24 часа в сутки/7 дней в неделю, может быть, и сложно, но, без сомнения, возможно. Сбои в работе компонентов такой масштабной системы неизбежны, поэтому важно создавать устойчивые системы. Стоит принять во внимание, что потребовалось десятилетие, чтобы выстроить ОГСБ. В процессе эксплуатации ОГСБ сети показали себя более надежными, чем предполагалось, и более осуществимыми с финансовой точки зрения. Глобальная федеративная идентификация также сыграла ключевую роль в успехе ОГСБ, потому что ученые часто переходят из одной организации в другую, однако все равно хотят иметь доступ к «своим» данным.

ЦЕРН находится на переднем крае работы с очень большими комплектами данных с использованием высокотехнологичных решений для обработки, распространения и анализа данных. В настоящее время ЦЕРН решает задачи, связанные с долгосрочным сохранением данных. Для сохранения и обеспечения целостности данных требуются постоянные усилия даже после окончания финансирования экспериментальных исследований, при этом сегодня необходимость принятия соответствующих мер часто выдвигается в качестве одного из требований финансовых учреждений. Это важная и своевременная тенденция, потому что у нас есть важное обязательство перед будущими поколениями, которое состоит в том, чтобы эффективно и с высокой степенью точности сохранить данные, полученные в рамках экспериментальных исследований ЦЕРН.

*Более подробную информацию о том, как ЦЕРН работает с данными, можно получить, посмотрев видеоматериал, доступный по адресу: <http://cds.cern.ch/record/1541893>.*

# Лауреат премии ММО профессор Завиша Янич



57-я премия Международной метеорологической организации (ММО) была вручена профессору Завише Яничу в знак признания его выдающегося многолетнего вклада в развитие теории и практики моделирования атмосферы и численных прогнозов погоды, и в частности в разработку нескольких поколений моделей атмосферы на основе инновационных численных схем и методов параметризации. Кроме того, профессор Янич сыграл ведущую научную роль в разработке модели Гидрометеорологического института и Белградского университета (HIBU), модели НЦПОС Eta, негидростатической мезомасштабной модели прогнозирования и исследования погоды (WRF NMM) и новой унифицированной многомасштабной модели NMMB. Эти модели использовались для исследования и прогнозирования погоды во всем мире, стимулируя деятельность многих ученых и способствуя подготовке прогнозов для миллионов пользователей. На церемонии награждения в мае 2013 г. профессор Янич дал краткое интервью для Бюллетеня ВМО.

## Каким из важных достижений Вы гордитесь больше всего?

В своей карьере я сталкивался со многими сложными задачами. На решение некоторых из них потребовались годы, а некоторые я еще не решил. Помимо преподавания большая часть моей карьеры была посвящена метеорологическому

обслуживанию. В таких обстоятельствах человек постоянно сталкивается с проблемами, требующими немедленного реагирования. Это было сложным, но при этом стимулирующим научную мысль направлением и, как я полагаю, очень выгодным, поскольку я имел возможность видеть более масштабную картину и более правильно реагировать на различные проблемы, с которыми приходилось сталкиваться.

В начале своей карьеры основное внимание я уделял численным методам дискретизации гидростатической динамики. Будучи аспирантом, я нашел устойчивое и эффективное решение проблемы разделения сетки на несвязанные подсетки при расчетах на полусмещенных горизонтальных сетках путем выделения лишь наиболее значимых членов в уравнении неразрывности. Это была моя первая научная работа, опубликованная в авторитетном научном журнале.

Другая проблема, которой я занимался, была связана с измерением погрешности силы, обусловленной градиентом давления, в орографических системах координат и преобразованием кинетической и потенциальной энергии посредством члена «омега-альфа» в термодинамическом уравнении. Здесь я дал объяснение погрешности силы, обусловленной градиентом давления, предложил способ ее минимизации и разработал схему сохранения энергии для члена «омега-альфа» в термодинамическом уравнении. В отличие от общепринятого расщепления по времени я сохранил адвекцию давления в члене «омега-альфа» в группе быстрых мод. Таким образом, система распадалась на подсистемы сохранения энергии.

Однако проблемой, которая всегда вызывала у меня живой интерес, была нелинейность атмосферных потоков. На мою работу в этой области оказала влияние деятельность профессора Акио Аракава. Его определитель Якоби, сохраняющий энергию, энтрофию и количество движения и управляющий каскадом нелинейной энергии, возможно, является



*Церемония награждения, май 2013 г.*



наиболее значительным вкладом в численные методы, использовавшиеся в атмосферных моделях в XX веке. Однако когда я начал заниматься нелинейными потоками, еще даже не было ясно то, насколько возможно должным образом применить определитель Якоби Аракавы на полусмещенных горизонтальных сетках. Первая построенная мной нелинейная схема сохраняла энергию и энтрофию, но вскоре я понял, что формального сохранения энергии и энтропии на полусмещенных сетках было недостаточно для обеспечения эффективного управления каскадом нелинейной энергии во всем спектральном диапазоне. При дальнейшем изучении определителя Якоби Аракавы я заметил некоторые из его ранее неизвестных свойств и, используя эти свойства, разработал новую схему адвекции для полусмещенных сеток, которая сохраняла ряд интегральных свойств и более четко управляла нелинейным каскадом, чем любая другая известная схема. Я надеялся, что вознаграждение придет в виде превосходной устойчивости результатов вычислений и отсутствия вычислительного шума во всех моделях, начиная с модели HIBU, а также в последующем успешном воспроизведении формы атмосферного спектра, которая не являлась всего лишь косметическим артефактом, полученным с помощью числовых фильтров. Этим достижением я горжусь больше всего.

Позднее на основе отличительного признака определителя Якоби Аракавы, суть которого в том, что каждый узел сетки обменивается потоками с восемью соседними узлами, я «изотропизировал» все операторы дивергенции и адвекции. Кроме того, я разработал временный «минимум» физических параметров. Все эти нововведения я впервые использовал в модели HIBU. Погрешность силы, обусловленной градиентом давления, член «омега-альфа» и моя первая схема сохранения энергии и энтропии стали темами моей докторской диссертации и работы, за которую я получил премию ВМО для молодых ученых за научные исследования. За работу с описанием метода предотвращения разделения подсеток в модели HIBU я удостоился премии из целевого фонда Боривое Добриловича, спонсируемого ВМО.

#### **Какими научными задачами отмечена Ваша последующая карьера?**

Динамика модели НЦПОС Eta следует таким же принципам, что и динамика модели HIBU, но при этом добавляется возможность блокировать поток с помощью ступенчатых гор. Здесь передо мной стояли две основные задачи, с решения которых началось мое сотрудничество с НМЦ/НЦПОС, продолжающееся уже более 20 лет. Одна задача – векторизация динамики, а другая, гораздо более сложная, – разработка всеобъемлющего комплекта физических параметров (кроме радиации). Этот комплект включал современные на тот момент процедуры представления турбулентности, приземных процессов, влажной конвекции и осадков из слоистообразных облаков. Что касается ступенчатых

гор, я внес вклад в уточнение внутренних боковых граничных условий. Решение этой проблемы заключалось в создании предварительного условия для применения блокирования с помощью ступенчатых гор, не нарушая при этом положительных свойств модели HIBU. Векторизованная динамика с возможностью блокирования с помощью ступенчатых гор и всеобъемлющий комплект физических параметров позднее будут известны как модель Eta, которая получила дальнейшее существенное развитие и совершенствовалась в течение многих лет эксплуатации. К сожалению, представление топографии в атмосферных моделях пока еще не имеет вполне удовлетворительного решения и продолжает привлекать внимание научного сообщества.

Даже несмотря на то, что я также разработал модель вязкого подслоя для области взаимодействия между атмосферой и морем и значительно более совершенную модель поверхности суши, в долгосрочном плане мой наиболее заметный вклад в разработку комплекта физических параметров относится к области параметризации турбулентности и параметризации влажной конвекции. Решая проблемы конвекции в модели Eta, я обобщил схему глубокой конвекции до такой степени, чтобы она охватывала широкий диапазон конвективных режимов и обеспечивала плавный переход к осадкам в пространственном масштабе сетки. Для мелкой конвекции я вывел замыкание, используя второй принцип термодинамики. Схема Бетса-Миллера-Янича (BMJ) с этими расширениями и обобщениями получила широкое применение.

Задачи, с которыми я столкнулся в связи с моделью турбулентности Меллора-Ямады уровня 2.5, были еще сложнее. Основной проблемой была специфическая особенность в уравнении получения и диссипации турбулентной кинетической энергии в случае роста турбулентности, вызванного конвекцией. Здесь я вывел критерий реализуемости и разработал неособенный, безусловно устойчивый метод решения уравнения кинетической энергии турбулентности в неустойчивом диапазоне. В случае устойчивой стратификации я вывел критерий для базового линейного масштаба на основе внутренних соотношений модели турбулентности. Этот критерий заменил популярный критерий, основанный на принципе устойчивости. С помощью расширенной схемы Меллора-Ямады-Янича стало возможным эффективное применение во всем диапазоне устойчивости, включая обусловленную конвекцией растущую турбулентность и свободную конвекцию.

#### **Какие изменения или новый подход Вы использовали в своих негидростатических моделях в применении к численному прогнозу погоды?**

В рамках инициативы по прогнозированию и исследованию погоды (WRF) я разработал негидростатическую модель, которая пригодна для численного прогноза погоды (WRF NMM). Эта

модель, которая заменила модель Eta в расчетах НЦПОС, и обеспечила одно из двух существующих динамических ядер модели WRF. Ядро WRF NMM также обеспечивает работу базирующейся на WRF модели НЦПОС для прогнозирования ураганов.

Большинство негидростатических моделей ЧПП разрабатывалось путем расширения концепций мезомасштабного негидростатического моделирования до синоптических масштабов и более. В противоположность этому мой подход основывался на ослаблении ограничений гидростатической аппроксимации в моей более ранней формулировке, которая нашла подтверждение в оперативном прогнозировании погоды и региональных исследованиях климата. В то же время я избегал излишней спецификации негидростатической системы уравнений. Негидростатическая динамика введена посредством дополнительного модуля, который можно подключать и отключать. Испытания классической негидростатической модели еще раз подтвердили обоснованность этого подхода.

Отдельное рассмотрение вклада негидростатической модели ясно показывает, как ослабление ограничений гидростатической аппроксимации влияет на гидростатические уравнения и позволяет сравнивать решения гидростатических и негидростатических уравнений. Поразительная вычислительная эффективность полной трехмерной модели была достигнута за счет недопущения расщепления и итеративного дифференцирования по времени.

В последние годы я разрабатываю унифицированную многомасштабную негидростатическую модель для широкого диапазона пространственных и временных масштабов (NMMB). Эта модель основана на опыте работы с WRF NMM. Проблема полярной особенности в глобальной версии изучается путем фильтрации тенденций базовых переменных модели, замедляя тем самым движения в тех масштабах, которые в противном случае были бы неустойчивыми. Региональная NMMB уже заменила WRF NMM в расчетах, выполняемых в НЦПОС.

#### **Какие области, по Вашему мнению, требуют дальнейших научных исследований?**

В моделировании атмосферных процессов достигнуты огромные успехи с момента первых перспективных попыток, предпринятых 60 лет назад. Однако ряд вопросов все еще требует внимания. О некоторых из них я упомяну здесь, но их перечень не будет исчерпывающим.

Успехи в моделировании атмосферы всегда были тесно связаны с достижениями в области компьютерных технологий. Беспрецедентные вычислительные ресурсы, которыми мы располагаем в настоящее время, позволяют оперативно применять горизонтальное разрешение порядка 10 км в глобальном масштабе. Параллельная вычислительная архитектура стала широко использоваться, и некоторые повсеместно внедренные парадигмы моделирования могут потребовать дальнейшего развития для продуктивного

использования всех огромных возможностей параллельной обработки данных. А именно применение локальных методов Эйлера и дифференцирования по времени явным методом становится более привлекательным для минимизации связей между процессорами, работающими параллельно.

В глобальном масштабе проблемой остается рассмотрение сферической геометрии. Простая широтно-долготная сетка с локальным пространственным дифференцированием и дифференцированием по времени явным методом лишена двумерной нелокальности, присущей дискретизациям Галеркина и дифференцированию по времени неявным методом, и, кроме того, требует более узкого окаймления подобластей. Однако полярное фильтрование на основе традиционных быстрых преобразований Фурье требует транспозиций с вовлечением дополнительных взаимосвязей. Поэтому в настоящее время проводится исследование, цель которого состоит в том, чтобы найти более эффективный способ обработки сферической геометрии и/или более быстрых параллельных преобразований Фурье.

Еще одна сложная задача в глобальном масштабе заключается в том, что идет быстрое приближение к пределу достоверности гидростатической аппроксимации. Учитывая чувствительность детерминистических прогнозов с расширенным сроком действия к малым возмущениям, нам могут понадобиться глобальные негидростатические модели скорее, чем мы думаем, и это может вызвать дополнительные проблемы с вычислительной эффективностью нелокальных схем.

С другой стороны, теория и практические результаты показывают, что неопределенности в прогнозировании атмосферных процессов можно уменьшить и статистически дать им количественную оценку с помощью ансамблевого прогнозирования. Однако пока не ясно, в какой момент истощится потенциал детерминистического прогнозирования и когда ансамблевое прогнозирование останется в качестве единственного подхода, обещающего значительные усовершенствования. На мой взгляд, этот момент еще не наступил, и дальнейшее повышение успешности прогнозирования во всех пространственных масштабах пока что возможно за счет усовершенствования систем детерминистического прогнозирования.

Другой многолетней проблемой, хотя и получившей некоторое развитие, является параметризация влажной конвекции. А именно допущение наиболее широко используемой парадигмы параметризации становится неприменимым при горизонтальных разрешениях, уже используемых в оперативных расчетах. Поэтому в настоящее время ведется поиск параметризаций, характеризующихся более правдоподобным асимптотическим поведением, с увеличивающимся горизонтальным разрешением.

Еще одной областью, требующей дальнейших исследований, является прогноз облачности и

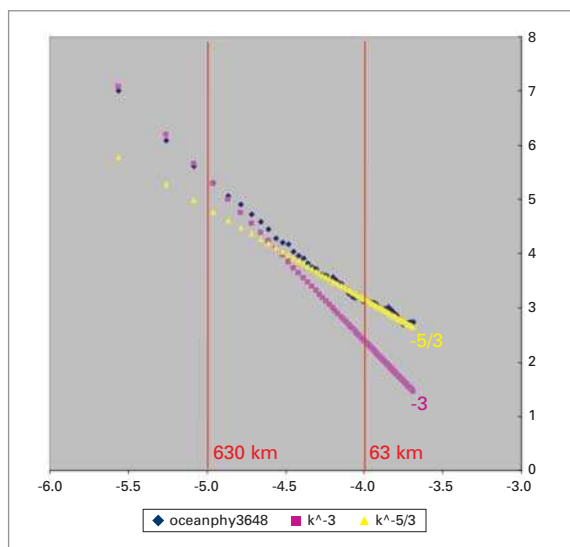
взаимодействие между облаками и радиацией. Эта проблема связана с параметризацией как микрофизики, так и радиации, и поскольку солнечная радиация является источником энергии, стимулирующей атмосферные процессы, она имеет особенно важное значение для прогнозов с расширенным сроком действия и исследования климата.

#### Какие сложные задачи, по Вашему мнению, стоят перед молодым поколением метеорологов?

Ничто не может компенсировать игнорирование атмосферных процессов, а также неточность или неадекватность начальных и пограничных условий. Поэтому в будущем я ожидаю дальнейших интеграций систем, таких как сопряженные модели атмосферы, суши, льда и океана и того, что будет принято во внимание все более сложное воздействие аэрозолей и химии атмосферы. Однако я полагаю, что большинство будущих усовершенствований в области детерминистического прогнозирования будет связано с дальнейшим усовершенствованием методов усвоения данных и усвоением более разнообразных типов данных, поступающих из дополнительных источников получения данных наблюдений. Именно в этой области, я думаю, вклад молодежи будет наиболее желателен.

#### Какие внешние факторы внесли вклад в Ваши научные исследования?

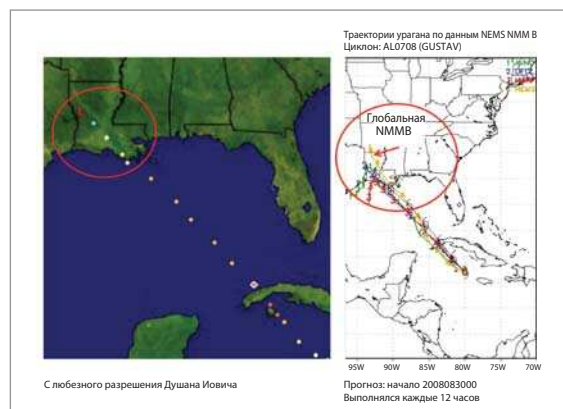
Я не живу и не работаю в вакууме. В течение своей карьеры я взаимодействовал со многими великими учеными, включая моих коллег, лауреатов премии ММО Акселя Виин-Нильсена, Леннарта Бенгтсона и Эухению Калнай. Также очень важными и во многих отношениях решающими были благоприятная и продуктивная рабочая атмосфера, а также понимание и поддержка, которую я получил в НМЦ/НЦПОС, особенно от докторов Рона МакФерсона, Луиса Учеллини, Стива Лорда и Джеффа ДиМего. Продолжительные дискуссии с доктором Джо Джеррити помогли мне уточнить и развить некоторые важные идеи, а также мне оказали большую помощь другие сотрудники НЦПОС. Я в долгу перед многими другими людьми, с которыми взаимодействовал и сотрудничал и по отношению к которым я поступаю несправедливо, не упоминая их здесь поименно. К сожалению, любой составленный мной список был бы неполным и, следовательно, еще более несправедливым. Однако моя карьера была бы намного короче, и все сделанное мною было бы невозможным без поддержки и помощи моей семьи, и особенно моей жены Горданы.



Временное осреднение за период от 36 до 48 часов спектров кинетической энергии первой версии NMMB (синие ромбы) на уровне 300 гПа в области с ограниченным районом над Атлантическим океаном. Для сравнения показаны отрицательные наклоны  $-3$  (розовые квадраты) и  $-5/3$  (желтые треугольники). Эксперимент начался 9 июля 2003 г. в 12 час. UTC (Всемирное координированное время) с разрешением 15 км и 32 уровнями. Эту область пересекал мощный внетропический циклон (Janjic, Z., 2004: The NCEP WRF Core. Extended abstract, 20th Conference on Weather Analysis and Forecasting/16th Conference on Numerical Weather Prediction, AMS, Seattle, Washington, 10–15 January 2004, 21 pp.).

Пространственное распределение восстановленной удельной влажности на уровне 500 гПа по данным FY3B VASS, полученным 01.09. 2013 г.

а) наблюдение при подъеме; б) наблюдение при снижении.







**Лауреат премии ММО  
профессор Завиша Янич**

**Год и место рождения:** 1949 г., г.Чачак, Сербия

**Образование:** 1971 г. – бакалавр наук в области метеорологии, Белградский университет; 1974 и 1977 гг. – степени магистра и доктора наук, университет в Загребе

**Основной научный интерес:** численное моделирование атмосферы

### Основные этапы карьеры

1971–1973 гг.: Центр атмосферных наук, Белградский университет

1973–1985 гг.: Югославский федеральный гидрометеорологический институт

1985–1986 гг.: Гидрометеорологический институт Сербии

**Профессор Белградского университета:** 1978 г. – помощник профессора, 1987 г. – доцент, 1991 г. – профессор. В 1987 г. занял должность на полную ставку в Колледже физики

1975–1976 гг.: Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП)

1989–1990 гг.: Руководитель научной программы ЮКАР (Корпорация университетов для исследований атмосферы) в Национальном метеорологическом центре (НМЦ) в г. Вашингтоне, О.К.

1994–2009 гг.: Национальный центр по прогнозированию окружающей среды (НЦПОС) в Вашингтоне, оставаясь сотрудником ЮКАР

2009: стал сотрудником НЦПОС

**Членство в научных организациях:** член-корреспондент Сербской академии наук и искусств, 2000 г.

**Международные научные органы:** Рабочая группа по исследованиям в области краткосрочных и среднесрочных прогнозов погоды Комиссии ВМО по атмосферным наукам, 1982–1986 гг.; председатель Руководящего комитета Проекта по моделированию

по ограниченному району во внетропических областях Комиссии ВМО по атмосферным наукам, 1983–1988 гг.; Совместная рабочая группа по численному экспериментированию Комиссии ВМО по атмосферным наукам и Международного совета научных союзов, 1985–1990 гг.; Научный консультативный комитет Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды, 1985–1993 гг.

### Обзор научной деятельности

- Анализ и оптимизация методов расчета силы градиента давления в орографических системах координат и другие аспекты учета воздействия гор в численных моделях;
- Разработка схем нелинейной адвекции сохранения энергии и энтропии с управляемым каскадом нелинейной энергии при расчетах на полусмещенных сетках;
- Формулировка и разработка параметризаций физических процессов, особенно тех, которые связаны с турбулентностью, влажной конвекцией, вязким подстилающим слоем и процессами на твердой поверхности;
- Разработка оригинального подхода к негидростатическому моделированию для применений численных прогнозов погоды (ЧПП);
- Разработка нескольких поколений моделей атмосферы, включая новую многомасштабную модель (от микро- и мезомасштаба до планетарного масштаба), обладающую несколькими инновационными и уникальными свойствами.

### Научные премии

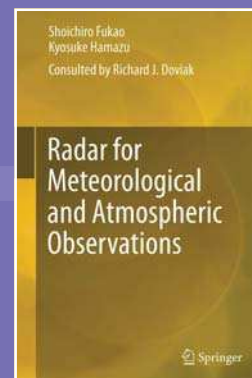
1978 г.: премия ВМО для молодых ученых за научные исследования от РА VI (Европа)

1981г.: премия из спонсируемого ВМО Целевого фонда Боривое Добриловича за научные исследования в области метеорологии

2007 г.: премия Американского метеорологического общества имени Френсиса У. Рейхельдерфера: «За выдающийся вклад в разработку и внедрение моделей прогноза погоды по ограниченному району НЦПОС (Eta и НММ). Разработанные им численные схемы и схемы параметризации идеально сочетают в себе теоретические решения, а также изысканность и практичность».

2012: 57-я премия Международной метеорологической организации (ММО)

# Рецензия на книгу: Радиолокатор для метеорологических и атмосферных наблюдений



Хироши Уеда, Центр гидросферных и атмосферных исследований, Нагойский университет

Использование радиолокатора существенно повысило наши возможности интерпретировать метеорологические явления и понимать атмосферную динамику. Оно также дало возможности для проведения новых типов наблюдений и получения более правильного представления об окружающей среде. Авторы книги *Radar for Meteorological and Atmospheric Observations (Радиолокатор для метеорологических и атмосферных наблюдений)* – академик Шоичиро Фукао и отраслевой эксперт Киосукэ Хамазу – сотрудничали в разработке различных типов метеорологических и атмосферных радиолокаторов, начиная от локаторов для средних и верхних слоев атмосферы и кончая радиолокаторами для наблюдения за пограничным слоем. Рабочий обмен мнениями с коллегами убедил их в том, что уровень знаний о метеорологических и атмосферных радиолокаторах можно повысить, если дать их всестороннее и систематическое описание в одном томе, используя общепринятые подходы. Таким образом, в начале книги «Радиолокатор для метеорологических и атмосферных наблюдений» внимание сосредоточено на определении соответствующего подхода к различению в спектре доплеровских частот восходящего потока воздуха в атмосфере и скорости выпадения частиц осадков при использовании радиолокатора для средних и верхних слоев атмосферы, когда требуется понимание как метеорологических явлений, так и динамики атмосферы. Опираясь на свой опыт в разработке различных типов радиолокаторов и проведении различных типов метеорологических и атмосферных наблюдений, авторы приходят к заключению, что научные и технические основы атмосферных наблюдений с использованием радиолокатора можно рассматривать одинаковым образом.

Первая половина книги сконцентрирована на теоретических аспектах разработки радиолокатора для метеорологических и атмосферных наблюдений, а во второй половине описаны реальные радиолокационные системы, а также наблюдения, выполняемые

с помощью этих систем. В первой половине книги глава, касающаяся принятия и обработки сигналов, отличается точностью и доступностью для восприятия, а также содержит базовые рисунки и описания. Во второй половине представлены разнообразные радиолокационные системы и результаты наблюдений, дополненные многочисленными фотографиями и рисунками, чтобы облегчить читателю понимание. Д-р Ричард Дж. Довиак, рецензент и редактор книги, отметил, что «авторы проделали большую работу по сведению воедино результатов исследований, связанных с радиолокаторами для метеорологических и атмосферных наблюдений, чтобы представить читателям всесторонний обзор важных наблюдений, которые были выполнены с использованием радиолокатора в качестве устройства для дистанционного зондирования метеорологических и атмосферных явлений».

Описание предыстории развития технических и оперативных аспектов радиолокационных наблюдений, которое включено в эту книгу, послужит в качестве полезной справочной информации для всех читателей, работающих в областях, связанных с радиолокаторами, хотя описание бортовых радиолокаторов космических аппаратов носит ограниченный характер. Книга предназначена для ученых, инженеров, студентов и других лиц, проявляющих интерес к метеорологии и атмосферной науке. Она также будет полезна для прогнозистов погоды и специалистов по управлению речными системами, которые занимаются радиолокационными наблюдениями и мониторингом. Она также может способствовать развитию сотрудничества между метеорологами, гидрологами и инженерами с целью выработки общего подхода к радиолокационным наблюдениям за метеорологическими и другими атмосферными явлениями, особенно в свете потребностей общества в таком сотрудничестве в связи с последствиями, вызванными случаями выпадения осадков, служащих причиной разрушений.

# Открытая научная конференция по мировой погоде (ОНКМП)

Монреаль, Канада, 16–21 августа 2014 г.

## Погода: какие перспективы?

Главной темой ОНКМП-2014 является «Непрерывное прогнозирование системы Земля: от минут до месяцев». Работа Конференции будет организована по двум программам:

- Научная программа Конференции, которая будет охватывать фундаментальные метеорологические исследования, расширяющие наши знания о процессах и системах, а также прикладные исследования, необходимые для формирования прогностических систем и оценки воздействий метеорологических и климатических явлений.
- Программа «Пользователи, применения и социальные науки», в рамках которой будут рассматриваться экономические аспекты, связанные с продукцией и услугами, и роль государственных органов в области уменьшения опасности бедствий и обеспечения готовности к ним, а также представление метеорологической информации.

## Прием тезисов докладов уже открыт!

- Срок представления тезисов докладов: 24 февраля 2014 г.
- В качестве основного автора можно представить тезисы только одного доклада; допускается до десяти соавторов.
- Уведомление о принятии тезисов докладов будет направлено по электронной почте в течение недели начиная с 21 апреля, после чего автор тезисов доклада, принятого для устного (стендового) представления, должен подтвердить свое участие до 22 мая.
- Примечание: заявки на получение финансовой поддержки на покрытие путевых расходов можно подавать вместе с тезисами докладов.



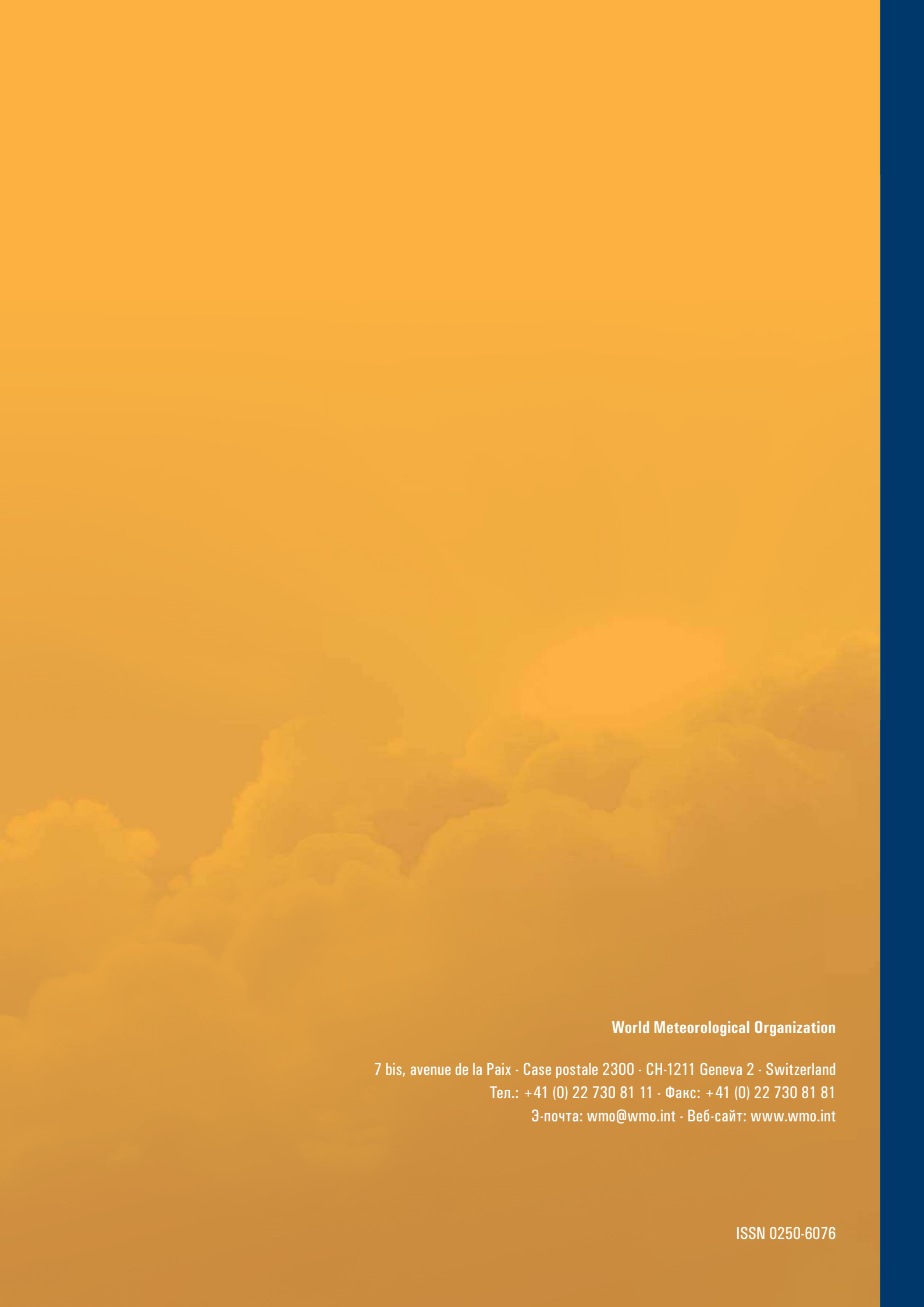
## На пленарных заседаниях научные доклады представят следующие докладчики:

- **Мел Шапиро** «Будущие научные задачи в области прогнозирования системы Земля с учетом перечня концептуальных научных работ, включенных в Бюллетень Американского метеорологического общества за 2010 г.»
- **Ал Келли** «Прошлое, настоящее и будущее высокопроизводительных вычислений и их применение для прогнозирования погоды»
- **Филипп Бужо** «Современное состояние мезомасштабного численного прогнозирования погоды (ЧПП) и региональные применения, а также краткая справочная информация о Полярном прогностическом проекте, Проекте по прогнозированию явлений погоды со значительными последствиями и о других проектах по научным исследованиям и разработкам (ПНИР) Всемирной программы метеорологических исследований (ВПМИ)»
- **Джулия Слинго** «Проблема непрерывного прогнозирования, в том числе заполнение пробела между глобальным ЧПП и прогнозированием климата с помощью прогнозирования во временных масштабах от субсезонного до сезонного»
- **Жан-Ноэль Тепо** «Текущее положение дел и будущие задачи в области усвоения данных и систем наблюдения (глобальных и региональных)»
- **Алан Торп** «Глобальное ЧПП — историческая перспектива и будущие направления»

[wwosc2014.org](http://wwosc2014.org)



**ОНКМП 2014**  
МОНРЕАЛЬ, КАНАДА



**World Meteorological Organization**

7 bis, avenue de la Paix - Case postale 2300 - CH-1211 Geneva 2 - Switzerland

Тел.: +41 (0) 22 730 81 11 - Факс: +41 (0) 22 730 81 81

Э-почта: [wmo@wmo.int](mailto:wmo@wmo.int) - Веб-сайт: [www.wmo.int](http://www.wmo.int)

ISSN 0250-6076