



# Бюллетень

Том 62 (1) – 2013 г. Тематические статьи | Интервью | Новости | Книжное обозрение | Календарь

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

## ВСЕМИРНОЙ СЛУЖБЕ ПОГОДЫ – 50 ЛЕТ

Глобальная система наблюдений



Международная гидрометеорологическая обсерватория в Тикси –  
Партнерство стран – членов ВМО  
в Арктике



Проект ARISE – Инфраструктура  
для исследований в Европе,  
сочетающая три метода измерений



Программа по приборам  
и методам наблюдений (ППМН)



Оценка инвестиций  
в системы обработки данных  
и прогнозирования –  
Выводы на основе опыта КМА



# Бюллетень

## Журнал Всемирной Метеорологической Организации

Том 62 (1) – 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. Кастангва

**Редакционная коллегия**  
Дж. Ленгоаса (председатель)  
С. Кастангва (секретарь)  
Ж. Асрар (исследования климата)  
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 пропрекламированными 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



Запуск ТАЙРОС-2,  
23 ноября 1960 г.

В этом номере . . . . . **2**

Всемирной службе погоды – 50 лет . . . . . **3**

Успехи Всемирной службы погоды  
и задачи на будущее –  
Интервью с Аланом Торпом

Эрик Андерссон . . . . . **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

## Глобальная система наблюдений

Сью Баррелл, Ларс Питер Риисхойгаард, Йохен Дибберн  
при содействии со стороны многих других авторов . . . . .

9

## Глаза НУОА в небе.

Что обещают метеорологам и обществу  
спутники будущего после пяти десятилетий  
прогнозирования погоды с использованием  
спутников для исследования окружающей  
среды?

Дерек Хэнсон, Джеймс Перонто, Дуглас Хилдербренд . . . . .

17

## Международная гидрометеорологическая обсерватория в Тикси – Партнерство стран – членов ВМО в Арктике

Танейл Уттал, Александр Макштас и Туомас Лаурила . . . . .

22

## Проект ARISE – Инфраструктура для исследований в Европе, сочетающая три метода измерений . . . . .

27

## Программа по приборам и методам наблюдений (ППМН) . . . . .

32

## Стипендии ВМО: Развитие практических навыков прогнозирования

Эвард Б. Уиссе (Либерия), Альфа М.М. Диалло (Сенегал),  
Калумбет Ирэн Б. (Танзания), Ньяга Дж. Уанджои (Кения) . . . . .

37

## Оценка инвестиций в системы обработки данных и прогнозирования – Выводы на основе опыта КМА

Ву Джинь Ли . . . . .

40



Погода и климат не знают национальных границ. Преобразование Международной Метеорологической Организации во Всемирную Метеорологическую Организацию (ВМО) в 1950 г. в этой связи стало существенной мерой в ответ на необходимость укрепления глобального сотрудничества в этой научной области. В 1960 г. Исполнительный Совет ВМО учредил Всемирный метеорологический день в целях повышения осведомленности общественности в отношении обслуживания, предоставляемого национальными метеорологическими службами и ВМО. Это обслуживание включает в себя наблюдения, а также сбор, обработку и распространение метеорологических, гидрологических и других соответствующих данных и продукции. Для празднования этого дня был выбран день 23 марта, так как он является днем вступления в силу Конвенции ВМО.

В 2013 г. темой Всемирного метеорологического дня является «Наблюдения за погодой для защиты жизни и имущества», а его подзаголовком – «Празднование 50-летия Всемирной службы погоды». Эта тема акцентирует внимание на важной роли метеорологических служб в укреплении безопасности и устойчивости по отношению к погодным явлениям. Она также воздает дань уважения Всемирной службе погоды, основополагающей программе ВМО, которая отмечает свое 50-летие в 2013 году.

Основанная в 1963 г., в разгар «холодной войны», Всемирная служба погоды стала выдающейся вехой в международном сотрудничестве. В 2013 г. Бюллетень отмечает юбилей Всемирной службы погоды, размещая на своих страницах статьи, кратко рассказывающие о ее истории и предлагающие перспективный взгляд на ее системы и программы. В этом номере мы представляем Глобальную систему наблюдений (ГСН) и Программу по приборам и методам наблюдений (ППМН).

Ряд международных учреждений-партнеров по работе в рамках Всемирной службы погоды также предоставили Бюллетеню свои материалы по случаю 50-й годовщины ВСП. В этот номер включены интервью с Аланом Торпом, Генеральным директором Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП), и статья Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НУОА), посвященная спутникам для исследования окружающей среды. Кроме того рассказывается о двух более поздних международных партнерских инициативах – Международной гидрометеорологической обсерватории в Тикси и проекте ARISE, под эгидой которых, как обещается, будут проведены научные исследования, способные внести вклад в развитие Всемирной службы погоды.

Развитие людских ресурсов и физической инфраструктуры для метеорологического обслуживания населения имеет ключевое значение для успеха Всемирной службы погоды. В двух последних статьях этого номера рассматриваются важные аспекты. В предпоследней статье четыре стипендиата ВМО рассказывают о своем опыте обучения в Китайском метеорологическом управлении. В заключительной статье освещается подход Корейской метеорологической администрации к оценке инвестиций в системы обработки данных и прогнозирования.

# Всемирной службе погоды – 50 лет



Создание Всемирной службы погоды является одним из главных достижений ВМО. Оперативность, с которой ВМО отреагировала на появление метеорологических спутников посредством учреждения ВСП, и ее последующее принятие всеми членами ВМО явили образец международного сотрудничества в рамках оперативных программ, который остается непревзойденным и в настоящее время.

В первые десятилетия функционирования ВСП ВМО отмечала значительный прогресс во многих странах в плане развития и совершенствования возможностей в области как наблюдений, так и телесвязи.

Расширились сети наземных станций, притом что торговый флот и специализированные океанские суда погоды продолжали играть важную роль на море, а в некоторых акваториях их работу дополняли метеорологические океанские буи. Кроме того, гражданская авиация начала предоставлять ценную аэрологическую информацию по основным маршрутам полетов. Но по-прежнему оставались большие территории, по которым метеорологической информации предоставлялось мало.

Крупный прорыв, связанный с появлением метеорологических спутников, частично устранил имеющиеся пробелы. СССР 4 октября 1957 г. осуществил запуск на околоземную орбиту первого спутника, который назывался СПУТНИК-1, после чего в этом же году последовал запуск СПУТНИКА-2, а 2 января 1958 г. США запустили спутник ЭКСПЛОРЕР-1. Первый в мире специализированный метеорологический спутник – ТАЙРОС-1 (спутник для наблюдений в видимом и ИК-диапазонах спектра) – был запущен США 1 апреля 1960 года. Эти запуски, по существу, ознаменовали начало новой эры в обеспечении охвата данными наблюдений для всего земного шара и явились основными факторами, которые привели к самому важному событию в истории метеорологии – к возникновению Программы Всемирной службы погоды ВМО.

## Развертывание Всемирной службы погоды

По прошествии короткого срока Организация Объединенных Наций (ООН) подтвердила наличие опасностей и выгод от того, что все больше стран будут запускать спутники. Она признала факт того, что ВМО послужила потенциальной моделью открытого и дружественного сотрудничества между странами в космической области для обеспечения двусторонних и общемировых выгод. Соответственно, одна из первых резолюций, принятых ООН в целях «международного сотрудничества в области мирного использования космического пространства» предусматривала усиленные требования в отношении ВМО. В Резолюции № 1721 (XVII), единодушно принятой Генеральной Ассамблеей ООН 20 декабря 1961 г., отмечалось:

*«Генеральная Ассамблея, отмечая с удовлетворением значительные возможности, которые открываются для метеорологической науки и техники благодаря успехам в освоении космического пространства, считая, что международное сотрудничество в научно-исследовательской работе по метеорологии и анализу данных о погоде принесет пользу всему миру,*



*СПУТНИК-1, первый в мире спутник на околоземной орбите, запущенный СССР*



1. *Рекомендует* всем государствам – членам Организации Объединенных Наций, а также Всемирной Метеорологической Организации и другим соответствующим специализированным учреждениям провести в ближайшем будущем в свете развития знаний о космическом пространстве всестороннее изучение мероприятий:

- а) для развития науки об атмосфере и технике ее исследования, с тем чтобы обеспечить лучшее понимание основных физических сил, действующих на климат, и возможности активного воздействия на погоду в широком масштабе;
- б) для улучшения существующих возможностей прогноза погоды и для содействия государствам – членам Организации в эффективном использовании таких возможностей через региональные метеорологические центры;

2. *Предлагает* Всемирной Метеорологической Организации в консультации, соответственно, с Организацией Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры и другими специализированными учреждениями и такими правительственными и неправительственными организациями, как Международный совет научных союзов, представить доклад правительствам ее государств-членов и Экономическому и Социальному Совету на его тридцать четвертой сессии относительно надлежащих организационных и финансовых мероприятий, направленных на достижение этих целей, для их дальнейшего рассмотрения на Семнадцатой сессии Генеральной Ассамблеи...



*Д-р Векслер (США) и академик Бугаев (СССР), два основателя Всемирной службы погоды, Женева (март 1962 г.)*

ВМО отреагировала оперативно, подготовив «Первый доклад о развитии атмосферных наук и их применений в свете достижений в освоении космического пространства». Термин «Всемирная служба погоды» был введен одним из авторов доклада, доктором Векслером (США), а общую цель сформулировал еще один автор доклада,

академик Бугаев (СССР), следующим образом: «развивать ВСП так, чтобы любая страна могла получить метеорологическую информацию любого масштаба». В докладе рассматривался широкий круг тем, включая прогнозирование погоды и климатологию и их применение, возможность изменений в глобальном климате, активное воздействие на погоду и метеорологические аспекты водных ресурсов. Однако основной акцент был сделан на том, что можно было бы рассматривать как аспекты оперативного обслуживания, т.е. на данных наблюдений и соответствующей системе телесвязи с тем, чтобы можно было быстро осуществить сбор и распространение данных и продукции. В соответствии с этим были определены три области, в рамках которых достижение прогресса имело принципиально важное значение для ВСП: а) охват данными наблюдений всего земного шара; б) системы обработки данных; в) скоординированная на глобальном уровне система телесвязи.

*Первый доклад*, без сомнения, можно считать одним из самых значимых документов в истории ВМО. Он был представлен Четырнадцатой сессии Исполнительного совета ВМО в 1962 г., а затем Генеральной Ассамблее ООН и другим органам. На Семнадцатой сессии Генеральной Ассамблеи ООН в 1962 г. доклад получил благоприятный отзыв, и была принята новая резолюция (резолюция 1802 (XVII)) в развитие предыдущей. Четвертый Всемирный метеорологический конгресс рассмотрел обе резолюции ООН, принял обязанности, возложенные на ВМО этими резолюциями, и решил: а) одобрить ВСП в качестве развития давно намеченных планов, касающихся возможностей и обслуживания, необходимых метеорологическим службам; б) создать Фонд развития в поддержку ВСП; в) создать в Секретариате отдел планирования ВСП.



*Предстартовые испытания метеорологического спутника ТАЙРОС (1960 г.)*

## Осуществление и определение компонентов

В период между Четвертым и Пятым Всемирными метеорологическими конгрессами в планировании ВСП был достигнут значительный прогресс и страны – члены ВМО начали адаптировать свои метеорологические службы таким образом, чтобы они находились в соответствии с этой новой структурой. На Пятом конгрессе был принят первый План и Программа осуществления ВСП на период 1968–1971 гг. В этой Программе в общем виде представлены общие характеристики ВСП как динамической, развивающейся системы, которая получит распространение по всему миру.

С самого начала ВСП включала три основных компонента, а именно: *Глобальную систему наблюдений (ГСН), Глобальную систему обработки данных и прогнозирования (ГСОДП) и Глобальную систему телесвязи (ГСТ)*. Она имела трехуровневую структуру, в которую входили мировые метеорологические центры (ММЦ), региональные/специализированные метеорологические центры (РСМЦ) и национальные метеорологические центры (НМЦ). Со времени своего образования ВСП развивалась главным образом как механизм, объединяющий и координирующий все возможности, находящиеся в ведении метеорологических служб стран-членов. Создание и успешное функционирование ВСП имели принципиально важное значение для улучшения прогнозов погоды и климатических данных.

В 1984 г. в Плате ВСП появилось два дополнительных элемента, а именно: Служба мониторинга и оперативной информации и Служба поддержки осуществления ВСП. По мере накопления опыта в области мониторинга и функционирования ВСП, окончательная структура претерпела незначительные изменения. В настоящее время ВСП включает в себя проектирование, осуществление, функционирование и дальнейшее развитие следующих трех основных компонентов:

- ГСН, включающей средства и системы для производства наблюдений на станциях на суше и на море, с самолетов, со спутников для изучения окружающей среды и других платформ;
- ГСТ, включающей комплексные сети и услуги средств телесвязи для быстрого и надежного сбора и распространения данных наблюдений и обработанной информации;
- ГСОДП, включающей Мировые, Региональные/специализированные и Национальные метеорологические центры для предоставления обработанных данных, результатов анализов и прогностической продукции.

Координация, интеграция и функционирование этих трех компонентов достигается с помощью двух вспомогательных программ: программы по управлению данными ВСП и программы деятельности в поддержку систем ВСП. Кроме того, Программа ВСП объединяет четыре программы, которые дополняют и усиливают основные компоненты ВСП и обеспечивают значительный вклад и поддержку других программ ВМО: а) Программу по приборам и методам наблюдений; б) программу по тропическим циклонам; в) деятельность по реагированию на чрезвычайные ситуации; г) программу по деятельности ВМО в Антарктике.

## Показательный пример

Всемирную службу погоды, отмечающую свою 50-ю годовщину, следует рассматривать как несомненный успех по любым показателям, как с точки зрения достижения основной цели, которая заключалась в том, чтобы обеспечить метеорологическим службам по всему миру возможности для предоставления более качественного обслуживания своим пользователям, так и в плане обеспечения модели для успешного международного сотрудничества в глобальном масштабе. За эти полвека прогностическая информация и продукция превратились из вещей, представлявших интерес только для авиации, судоходства и ряда любознательных энтузиастов, в вещи, жизненно необходимые для защиты жизни и собственности, а также для повседневной деятельности и принятия решений, оказывающих влияние практически на все секторы глобальной экономики. Все это стало возможным благодаря ВСП и ее компонентам, а разработчикам и проектировщикам ВСП, стоявшим у истоков ее создания, необходимо отдать должное за дальновидность и инициативу. Также следует отдать должное сегодняшней ВМО (Секретариату, техническим комиссиям, региональным ассоциациям и национальным метеорологическим и гидрологическим службам), продолжающей осуществлять сотрудничество по вопросам функционирования и совершенствования ВСП, обеспечивая предоставление с ее помощью самой лучшей продукции, которую позволяют подготовить научные знания, технологический прогресс и финансовые ресурсы для любого данного момента времени, в частности для XXI века и для последующего периода, для которых характерен изменяющийся и неустойчивый климат.

Тот факт, что практически все секторы экономики в настоящее время зависят от прогнозов погоды, является достижением ВМО, ВСП и НГМС, но в то же время это накладывает огромную ответственность. Следует помнить, что ни одна страна, какой бы богатой и мощной она ни была, не в состоянии обеспечить своих граждан такой своевременной и надежной информацией, которую они ожидают и на которую рассчитывают, если не будет сотрудничать с другими странами, как это показано на примере ВСП.

Для всех стран – членов ВМО важно, чтобы ВСП продолжала развиваться и расти. Можно восхищаться тем, насколько комплексна система, и, возможно, беспокоиться по поводу того, что это принимается как само собой разумеющееся, и что может появиться состояние самоуспокоенности и поставить под угрозу грандиозные успехи, достигнутые благодаря этой инициативе. Однако, нисколько не прекращая поступательного движения, ВМО и ВСП вступают в новую эру посредством таких инициатив, как Интегрированная глобальная система наблюдений ВМО (ИГСНВ), Информационная система ВМО (ИСВ), Глобальная рамочная основа для климатического обслуживания (ГРОКО). ВСП также является важной частью вклада ВМО в развитие вновь создаваемой Глобальной системы систем наблюдений за Землей (ГЕОСС). Можно только надеяться, что следующие 50 лет будут такими же успешными, как и предыдущие 50.

# Успехи Всемирной службы погоды и задачи на будущее

## Интервью с Аланом Торпом



Эрик Андерссон<sup>1</sup>

Профессор Алан Торп является Генеральным директором Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) и одним из членов-учредителей программы Эксперимента по изучению систем наблюдений и вопросов предсказуемости (ТОРПЭКС). Под умелым руководством профессора Торпа и д-ра Мела Шапиро, являющихся сопредседателями Международного научного руководящего комитета ТОРПЭКС, подготовка Международного научного плана ТОРПЭКС, который служит основой эксперимента и обеспечивает десятилетний план его развития, была завершена в 2004 году. ТОРПЭКС является основным компонентом Всемирной программы метеорологических исследований ВМО (ВПМИ).

ТОРПЭКС – это международная программа исследований, цель которой заключается в ускорении темпов повышения точности прогнозов погоды со значительными последствиями на срок от одного дня до двух недель. Такое повышение точности принесет существенную пользу человечеству, поскольку в XXI веке мы вынуждены решать проблемы, связанные с погодой. Подпрограммы исследований ТОРПЭКС касаются следующих вопросов: 1) глобальные и региональные факторы, влияющие на процессы развития и предсказуемость атмосферных процессов; 2) проектирование и демонстрация глобальной системы наблюдения; 3) определение мест производства целенаправленных наблюдений и усвоение данных наблюдений; 4) социально-экономический эффект и отдача для окружающей среды от улучшенных прогнозов. ТОРПЭКС занимается проблемами исследования и прогнозирования погоды, которые будут быстрее решаться за счет международного сотрудничества между научными институтами, центрами оперативного прогнозирования и пользователями прогностической продукции.

Несмотря на то, что ТОРПЭКС будет завершен лишь в конце 2014 г., многие цели уже достигнуты. Этот опыт еще раз показал, как сотрудничество в области исследований с сообществом ВМО может ускорить

достижения в прогнозировании погоды со значительными последствиями на благо человека и способствует постоянному совершенствованию систем, поддерживающих Всемирную службу погоды (ВСП).

Ниже приводится интервью с профессором Торпом.

### Важность ВСП для успеха ЕЦСПП

**Программа ВСП начала работать за десять лет до создания ЕЦСПП. Считаете ли Вы ВСП предшественницей ЕЦСПП, и повлияло ли появление ВСП на создание Европейского центра?**

Международное сотрудничество в области метеорологии начало развиваться в 60-е гг. прошлого столетия и значительно окрепло благодаря появлению Программы ВСП в 1963 году. Другой важной вехой явилась Программа исследований глобальных атмосферных процессов (ПИГАП), созданная в 1967 г., и ее Первый глобальный эксперимент ПИГАП (ПГЭП). Первые успехи ПИГАП в начале 1970-х гг. показали, что с помощью международного сотрудничества можно добиться большего, по сравнению с достижениями любой страны, действующей в одиночку. Примерно в то же время 19 европейских стран решили объединить усилия и создать центр исследований численных прогнозов погоды (ЧПП), суперкомпьютерных вычислений и составления численных прогнозов, т.е. ЕЦСПП. Так что в этом смысле я полагаю, что Программа ВСП являлась предшественницей ЕЦСПП. В то время уже понимали, что успехи в области ЧПП и деятельность ЕЦСПП будут зависеть главным образом от глобального обмена данными наблюдений и технической инфраструктуры, которая координируется и создается в рамках ВСП.

**Есть ли свидетельства того, что Программа ВСП внесла вклад в повышение успешности глобальных ЧПП?**

Наблюдения глобальной сети ВСП необходимы для инициализации моделей, и с наступлением эпохи спутников появились огромные объемы данных, призванные оказать влияние на решение проблемы наблюдений.

<sup>1</sup> Начальник отдела метеорологии ЕЦСПП, член Группы экспертов ВМО по эволюции ГСН и докладчик ВМО по научной оценке роли наблюдений в ЧПП



Но, без достоверного с научной точки зрения способа «заполнить пробелы» в наблюдениях, используя предыдущие прогнозы в качестве входных данных и применяя методы усвоения данных, невозможно было бы использовать наблюдения так эффективно.

В последние 30 лет прогностическая успешность глобальных ЧПП повысилась, примерно, на один день за 10 лет. На мой взгляд, такой успех обусловлен расширением научных знаний о погоде, совершенствованием вычислительной технологии, повышением качества наблюдений и более эффективным их использованием. Для меня очевидно, что ВСП и международное сотрудничество в области метеорологии внесли существенный вклад в этот успех.

На рисунке показан временной ряд, охватывающий большую часть периода существования ЕЦСПП, и количественно отражена растущая успешность 3-, 5-, 7- и 10-дневных прогнозов на протяжении этих десятилетий. Показана корреляция аномалий, отражающая в процентах успешность прогнозов высоты геопотенциала для уровня 500 гПа отдельно для Северного и Южного полушарий. Прогресс в области наблюдений (вклад спутников) и усвоение данных означали, что в конце 1990-х гг. разрыв между уровнями успешности в двух полушариях в значительной мере преодолен.

### Останется ли прежней скорость повышения успешности прогнозов?

Наши результаты показывают, что даже сегодня успешность продолжает повышаться с такой же скоростью,

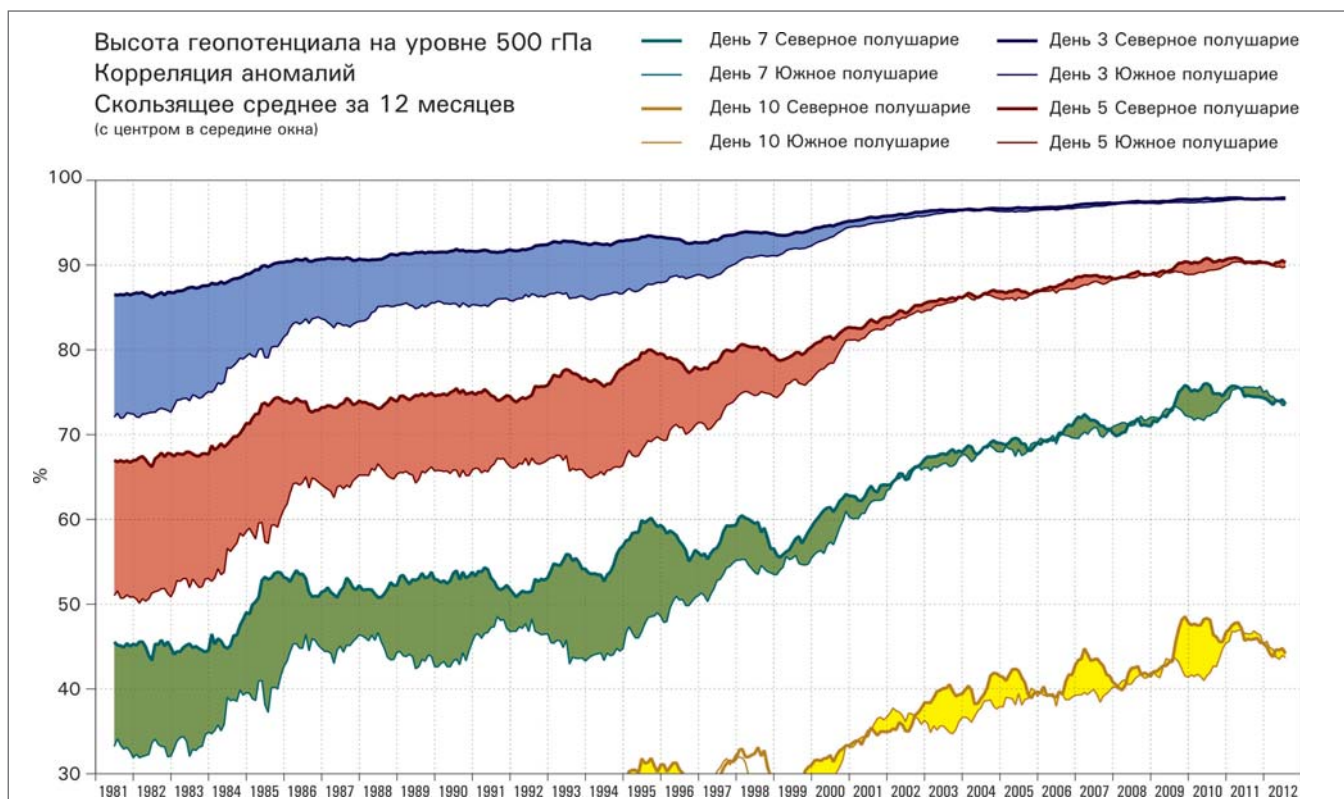
примерно один день за 10 лет. Для ВСП связанные с этим проблемы состоят в том, чтобы продолжать заниматься оставшимися районами, не охваченными наблюдениями, такими как Африка и Арктика, которые могут влиять на прогнозы для Европы и всего мира, а также обеспечивать постоянное финансирование в поддержку оперативных спутниковых программ.

### Перспективы прогнозов в различных временных масштабах с заблаговременностью до одного сезона

**В настоящее время у нас есть глобальные модели ЧПП с прогностической успешностью до одной-двух недель и с пространственным разрешением около 15 км. Каким образом ВСП может повлиять на дальнейшее расширение диапазона прогностической успешности свыше двух недель?**

Прогнозы погоды и климата зависят от наличия прогностических сигналов в системе. Большие успехи достигнуты в понимании источников, как предсказуемости, так и непредсказуемости в численных прогнозах. Например, значительный прогресс достигнут за счет использования концепции хаоса.

Хотя динамика атмосферы хаотична по природе, во всех временных масштабах имеются источники предсказуемости. Например, колебания температуры поверхности моря в Северной Атлантике связаны с влажными или сухими условиями, наблюдающимися в Европе месяцем ранее. Кроме того, колебание Маддена-Джулиана, стимулируемое конвекцией



Многолетняя эволюция успешности прогнозов на 3, 5, 7 и 10 дней для прогностической системы ЕЦСПП. В каждой паре жирная кривая (линия) обозначает Северное полушарие, а тонкая — Южное.

в тропиках, вызывает серии волн Россби планетарного масштаба, которые достигают внетропической зоны и высоких широт с временным масштабом до одного месяца. Есть еще два хороших примера, которые сразу же приходят на ум: стратосферное квазидвухлетнее колебание влияет на изменение режима погоды и начало Индийского муссона, а явление Эль-Ниньо/Южное колебание – колебание температуры поверхности моря в тропиках оказывает влияние на крупномасштабные синоптические ситуации во всем мире в сезонных временных масштабах.

Перспектива развития методов прогноза изменчивости зависит в основном от наличия высококачественных наблюдений за атмосферой, океаном и поверхностью суши и от эффективного механизма их глобального обмена. Во всех этих областях ВСП продолжает играть ключевую роль.

### **Как можно понять предсказуемость и непредсказуемость и выделить полезную информацию из хаоса?**

Упомянув очень важные источники предсказуемости, следует помнить, что несовершенные научные знания и неопределенности в начальных условиях и системе моделирования вносят свой вклад в существование основных источников непредсказуемости. Однако научные исследования в области ЧПП значительно продвинулись за счет использования научных принципов, как уменьшения, так и количественного определения этих неопределенностей. Это делается посредством использования ансамблей.

Для исследования диапазона неопределенностей в прогнозах центры ЧПП разработали параллельные реализации с незначительно меняющимися начальными условиями и физическими аспектами модели. Каждый член ансамбля является научно достоверным прогнозом, при этом возмущения спроектированы так, чтобы прогноз был надежным. Под надежностью я подразумеваю то, что прогнозируемая вероятность явления соответствует частоте, с которой оно фактически происходит. В целом ансамбль позволяет оценивать прогнозируемую вероятность погодных явлений во всех временных диапазонах. Таким образом, каждому прогнозу может сопутствовать оценка его неопределенности – это именно то, что требуют лица, принимающие решения.

### **Важность международного сотрудничества для научных исследований в области, связанной с ЧПП**

**Вы подчеркнули, что наука, наблюдения и компьютерные технологии продвинулись вперед благодаря активному международному сотрудничеству, и это привело к непрерывным улучшениям в области ЧПП. Расскажите поподробнее об этом.**

Метеорологическое и климатическое сообщества, включая всех тех, кто занимается научными

исследованиями и оперативной деятельностью, демонстрируют, на мой взгляд, наиболее тесное сотрудничество из всех научных сообществ. Цель ВСП и ПИГАП состояла в том, чтобы стимулировать существенные расширения наших возможностей в области наблюдения и прогнозирования погоды. Практически по любым меркам они достигли своей цели сверх всяких ожиданий.

С тех пор, благодаря ВМО, Международному совету по науке и другим международным органам, наука о погоде и климате продолжает с огромной пользой для себя использовать совместные международные программы (такие, как ТОРПЭКС Всемирной программы метеорологических исследований) для объединения ученых с целью решения общих проблем. Как показывает история, погружаясь в обдумывание конкурентных преимуществ успешности, мы, фактически, все прогрессируем благодаря коллективным международным усилиям.

### **Программа ТОРПЭКС завершается в конце 2014 года. Как, на Ваш взгляд, будет развиваться в будущем ее наследие?**

В качестве наследия ТОРПЭКС создаются три новых проекта, которым будет оказана всесторонняя поддержка со стороны ЕЦСПП, и я надеюсь, что другие учреждения и страны поступят так же. Например, ЕЦСПП будет продолжать вести архив мультимодельных среднесрочных ансамблевых прогнозов Интерактивного комплексного глобального ансамбля ТОРПЭКС (ТИГГЕ), и мы планируем расширить его, включив месячные прогнозы, получаемые в рамках Проекта по прогнозированию во временных масштабах от субсезонного до сезонного. Кроме того, при подготовке прогнозов ЧПП в ЕЦСПП и других центрах будут использоваться научные успехи, достигнутые в рамках Полярного прогностического проекта и Проекта по прогнозированию погоды со значительными последствиями.

И в заключение я хотел бы сообщить о Всемирной метеорологической открытой научной конференции, которая состоится в Монреале в августе 2014 года, и я надеюсь, что многие захотят принять участие в ней, поскольку это первая в истории открытая конференция, посвященная метеорологическим исследованиям.

(Более подробная информация о Всемирной метеорологической открытой научной конференции приведена на внутренней стороне задней обложки этого номера).

# Глобальная система наблюдений



Сью Баррелл<sup>1</sup>, Ларс Питер Риисхойгаард<sup>2</sup>, Йохен Дибберн<sup>3</sup>  
при содействии со стороны многих других авторов

В короне Всемирной службы погоды особенно ярко сверкают три бриллианта: Глобальная система наблюдений (ГСН), Глобальная система телесвязи (ГСТ) и Глобальная система обработки данных и прогнозирования (ГСОДП). Как предусматривалось в первоначальном перспективном плане для ВСП, эти отдельные компоненты обеспечивают результаты не в отрыве друг от друга, но посредством взаимосвязи, комплексно и с помощью энергичного процесса, касающегося потребностей пользователей, который лежит в их основе. Совокупные результаты намного превосходят сумму результатов отдельных компонентов, и никакой отдельно взятый компонент не сможет обеспечить ожидаемые выгоды изолированно. Однако ГСН бесспорно занимает уникальное положение, являясь основанием, на котором стоят другие компоненты, и, обеспечивая необходимые наблюдения, которые впоследствии распространяются по ГСТ и усваиваются и обрабатываются, приобретая форму прогностической продукции, с помощью ГСОДП.

ГСН является чрезвычайно комплексным предприятием, и, возможно, это – один самых амбициозных и успешных примеров международного сотрудничества за последние 100 лет. Она включает множество отдельных систем наблюдений, которые принадлежат и эксплуатируются разнообразными национальными и международными учреждениями с разными механизмами финансирования, ведомственной принадлежностью, главными приоритетами и процессами управления. Но все же общие требования и процедуры отчетности приняты почти повсеместно, и благодаря тандему ГСН и ГСТ каждый день страны – члены ВМО и другие партнеры получают миллиарды наблюдений и обмениваются ими в реальном масштабе времени. Без ГСН и ГСТ ни одна страна – член ВМО не смогла бы в одиночку

удовлетворить метеорологические потребности своих граждан так качественно, как это происходит сегодня.

Несмотря на технологическую подготовленность современного общества, а, возможно, и вопреки общепринятому мнению, наша зависимость от погоды в последние пять десятилетий не уменьшилась, а увеличилась. Это обусловлено совокупностью факторов, включая экспоненциальный рост количества морских и воздушных поездок и перевозок, то, что большая, чем когда-либо, часть населения проживает вдоль береговых линий или в других уязвимых местах, таких как поймы рек, рост степени использования методов интенсивного земледелия, чтобы накормить растущее население и т.д. Растущий спрос на метеорологическую информацию и зависимость от нее, а также появление новых возможностей в области наблюдений вынудили ГСН с самого начала постоянно развиваться, и потребность в развитии сохранится в будущем.

## Компоненты ГСН

В начале в состав ГСН входили спутники на полярной орбите, около 8 000 метеорологических станций на суше, примерно 4 000 судов торгового флота, направлявших на постоянной основе данные метеорологических наблюдений в ВСП. Около 800 наземных станций также осуществляли аэрологическое зондирование на высотах до 30 км. Кроме того, ручные наблюдения выполнялись примерно на 3 000 самолетах гражданской авиации.



Кристиан Морел

<sup>1</sup> Вице-президент ВМО и заместитель начальника отдела наблюдений и инженерно-технических работ Бюро метеорологии (Австралия)

<sup>2</sup> Председатель ОГПО-ИСН КОС и директор Объединенного центра усвоения спутниковых данных, Научный центр НУОА

<sup>3</sup> Сопредседатель ОГПО-ИСН КОС и начальник отдела технической инфраструктуры и операций Метеорологической службы Германии (Германия)



Сегодня в состав наземных систем наблюдений ГСН входят около 11 500 наземных станций, выполняющих наблюдения за метеорологическими параметрами, по меньшей мере, каждые три часа, а нередко каждый час, 1 000 метеорологических радиолокаторов, 1 300 аэрологических станций плюс около 15 судов, обеспечивающих профили верхних слоев атмосферы над океаном, более 3 000 автоматических систем наблюдения на борту самолетов, 4 000 судов, передающих данные наблюдений на постоянной основе, 1 250 дрейфующих буев, более 500 заякоренных буев, много других типов станций наблюдения (например, профилометры ветра, системы обнаружения молний, мареографы и т.д.) – все они направляют данные в ВСП. Около 4 000 из числа наземных станций входят в состав Региональных опорных синоптических сетей, а более 3 000 станций входят в состав Региональных опорных климатологических сетей. И те и другие находятся в ведении шести региональных ассоциаций ВМО. Группа этих наземных станций используется в Сети приземных наблюдений (СПН) Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК), а группа аэрологических станций образует Аэрологическую сеть (ГУАН) ГСНК.

Несмотря на то, что наступление космической эры явилось ключевым фактором создания ВСП и ГСН, именно сочетание космических и наземных компонентов остается основным принципом, обуславливающим успешное функционирование ВСП, участие и ответственность всех стран – членов ВМО и преобразование данных и информации в необходимую пригодную для использования конечную продукцию.

## Роль ВМО в ГСН

Компоненты ГСН принадлежат национальным метеорологическим и гидрологическим службам стран – членов ВМО, другим национальным и международным организациям или частным предприятиям. Роль ВМО состоит в том, чтобы координировать и направлять ГСН в плане как повседневного функционирования, так и стратегического развития. В связи с этим ВМО осуществляет регулярный обзор потребностей (РОП), направленный на то, чтобы проводить непрерывную оценку потребностей пользователей и приводить их в соответствие с текущими и развивающимися возможностями в области наблюдений. Общая ответственность за проведение РОП возложена на Комиссию по основным системам. Большая часть работы выполняется по линии Открытой группы по программной области (ОГПО) по интегрированным системам наблюдений (ИСН), которая включает ряд групп экспертов, а также официальные и неофициальные механизмы взаимодействия с другими соответствующими органами в пределах и за пределами структуры ВМО, например с техническими комиссиями и региональными ассоциациями.

В основе процесса РОП<sup>4</sup> лежат два краеугольных камня:

- Регулярно обновляемая база данных, в которую внесены потребности в данных наблюдений для всех областей применений, поддерживаемых программами ВМО;

<sup>4</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Documentation/RRR-process.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Documentation/RRR-process.pdf)

- Обновляемая база данных, в которую внесены все средства наблюдений, имеющиеся в распоряжении стран – членов ВМО и партнеров благодаря Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО (ИГСНВ).

Содержание этих двух баз данных ежегодно контролируется на соответствие друг другу, чтобы провести анализ имеющихся недостатков, результаты которого включаются в Заявления о руководящих принципах (ЗРП) для каждой области применений. Информация, включенная в ЗРП, носит тактический характер и полезна как для экспертов в области применений, так и для разработчиков и операторов систем наблюдений. Для первой группы ЗРП служат в качестве краткого ознакомления с соответствующими средствами наблюдений, а для второй группы они служат в качестве легко доступного справочного пособия, в котором перечислены самые важные недостатки ГСН в любой конкретный момент времени.

Тактическое руководство, которое обеспечивается с помощью ЗРП, дополняется двумя документами, имеющими более стратегический характер, это – *Перспективное видение ВМО в отношении ГСН<sup>5</sup>* и *План осуществления эволюции глобальных систем наблюдений (ПО-ЭГСН)<sup>6</sup>*. В первом документе приводится общее описание средств наблюдений, которые будут доступны для оперативных пользователей примерно в 15-летней перспективе (в настоящей версии на момент написания рассматривается период до 2025 г.), а во втором документе имеется детальный перечень действий, которые необходимо осуществить, чтобы реализовать Перспективное видение. Оба документа были одобрены Комиссией по основным системам и впоследствии приняты Исполнительным Советом в качестве официальной позиции ВМО.

## Эволюция компонентов ГСН и перспективы на будущее

### Наблюдения с борта воздушных судов и АМДАР

Между метеорологическим и авиационным сообществами существуют долгосрочные, тесные и взаимовыгодные связи. В то время как для большинства очевидно, что органы управления воздушным движением и организация полетов воздушных судов в значительной мере зависят от метеорологической информации и прогнозов, с точки зрения как обеспечения безопасности пассажиров, так и экономической эффективности воздушных перевозок, не все знают, что авиация предоставляет ценные данные и информацию в поддержку метеорологических и климатологических применений.

Первоначально это предоставление данных было ограничено таким образом, что доступны были только данные, зарегистрированные простыми метеорологическими приборами, и устные отзывы пилотов о явлениях и условиях, с которыми пришлось встретиться

<sup>5</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/WorkingStructure/documents/CBS-2009\\_Vision-GOS-2025.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/WorkingStructure/documents/CBS-2009_Vision-GOS-2025.pdf)

<sup>6</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Publications/EGOS-IP-2025/EGOS-IP-2025-en.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/OSY/Publications/EGOS-IP-2025/EGOS-IP-2025-en.pdf)



## Космическая программа ВМО

Космическая программа ВМО была создана для того, чтобы координировать вопросы и виды деятельности, связанные со спутниками для исследования окружающей среды в рамках всех программ ВМО. Ее основные цели заключаются в том, чтобы облегчать и содействовать целенаправленному использованию спутниковых данных и продукции по всему миру. Космическая программа уделяет особое внимание поддержанию непрерывности весьма важных наблюдений из космоса для численного прогнозирования погоды и прогноза текущей погоды, созданию устойчиво функционирующей космической системы наблюдений для мониторинга климата и расширению использования спутников во всех регионах ВМО и во всех областях применения.

Космическая программа поддерживает диалог и сотрудничество между спутниковыми операторами для обеспечения того, чтобы потребности пользователей в наблюдениях учитывались как можно лучше в текущей оперативной деятельности, а также в долгосрочных планах (это осуществляется посредством процесса регулярного обзора потребностей под эгидой ГСН). Такое международное сотрудничество позволило Координационной группе по метеорологическим спутникам (КГМС) разработать резервные планы, на основе которых спутниковые операторы оказывают друг другу взаимную поддержку, помогая удовлетворить базовые требования по обеспечению оперативной непрерывности основных оперативных программ.

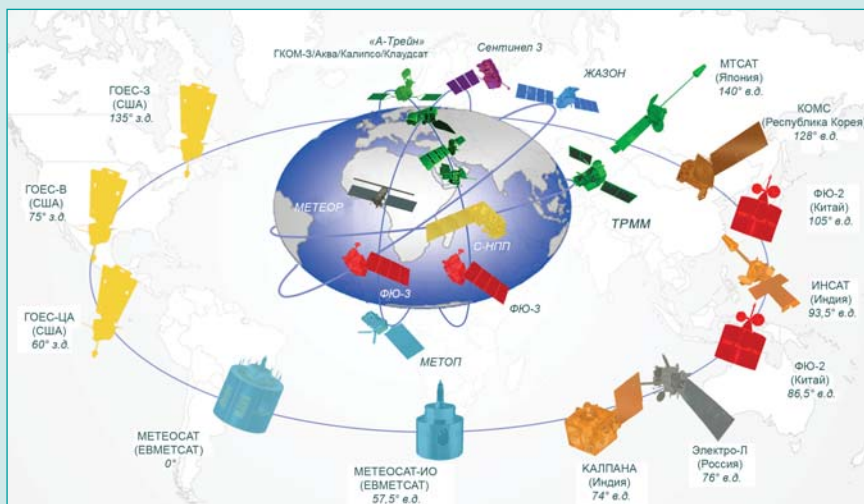
Глобальная космическая система взаимных калибровок (ГСИКС), которая в настоящее время находится на предэксплуатационном этапе, нацелена на то, чтобы в рабочем порядке обеспечивать точную и единообразную калибровку радиометрических измерений, производимых всеми спутниками, необходимую для обеспечения функциональной совместимости, согласованности и единообразия космических

наблюдений, особенно для целей моделирования климата и выявления климатических трендов.

Космическая программа также поддерживает глобальную координацию долгосрочных планов с целью получения максимальной пользы от разнообразных спутниковых программ, которые планируется осуществить в грядущие десятилетия, и обеспечения надлежащей выборки атмосферных явлений и других параметров окружающей среды. Это может привести к пересмотру штатного расположения оперативных геостационарных спутников над экватором и распределения низкоорбитальных спутниковых программ между сроками пересечения экватора и между несолнечно-синхронными орбитами.

Космическая система наблюдений, изначально созданная для целей оперативной метеорологии, получила значительное развитие и стала более широкофункциональным компонентом Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ), удовлетворяющим потребности ВМО в наблюдениях за атмосферой, океаном и земной поверхностью, с особым акцентом на мониторинге климата и уменьшении опасности бедствий. Космическая программа играет активную роль в рамках Всемирной службы погоды, Глобальной службы атмосферы, совместно спонсируемых программ, таких как Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК), международных органов, таких как КГМС и ее международные научные рабочие группы, и Комитета по спутниковым наблюдениям за Землей (КЕОС).

Первоочередная задача Космической программы заключается в развитии Архитектуры для мониторинга климата из космоса с целью обеспечить устойчивое наблюдение со спутников за индикаторами и движущими факторами изменения климата, а также с целью обеспечить включение этих наблюдений в непрерывные процессы проверки достоверности, ведущие к предоставлению климатической информации и обслуживанию под эгидой ГРОКО.



Космические компоненты Глобальной системы наблюдений

## Численное прогнозирование погоды

Международное сообщество, занимающееся численным прогнозированием погоды (ЧПП), является важнейшим партнером ВМО в деле развития ГСН, а взаимная польза от такого партнерства широко признается обеими сторонами. Качество ЧПП постепенно улучшалось на протяжении нескольких десятилетий под воздействием разных факторов, таких как быстрый рост вычислительных мощностей и более точное понимание и описание атмосферных процессов. В последние годы спутниковые данные внесли значительный вклад в дальнейшее улучшение результатов работы систем ЧПП, особенно в глобальном масштабе, увеличивая, таким образом, заблаговременность прогнозов и предупреждений. Это особенно очевидно для Южного полушария, где данных традиционных, наземных наблюдений не хватает, и спутниковые данные заполняют существенный пробел.

ЧПП служит основанием для большей части видов прогнозирования погоды и климата. Оно обеспечивает четкие количественные показатели информационного содержания для тех измерений, которые усваиваются моделями ЧПП. Таким образом, диагностика ЧПП, нацеленная на оценку вклада

отдельных систем наблюдений в повышение точности прогнозирования, широко используется в качестве основания для подготовки как Заявлений о руководящих принципах, так и документов более стратегического характера.

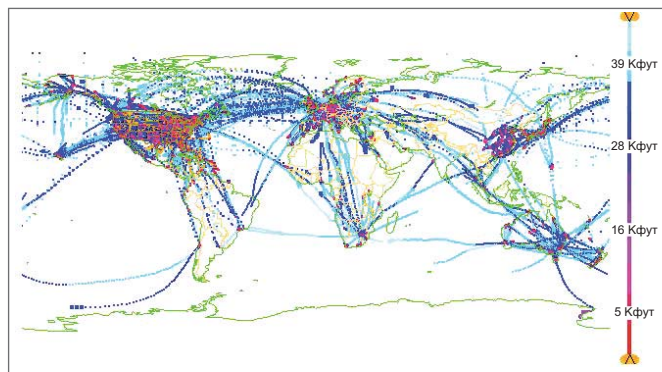
С 1997 г. ВМО спонсирует практические семинары по изучению воздействия различных систем наблюдений на ЧПП. С годами эти семинары стали основным местом встреч специалистов из разных стран для представления и сравнения результатов исследования последствий. В семинарах участвуют крупные центры ЧПП, научные эксперты и представители организаций-поставщиков данных, и эти семинары по-прежнему являются основным механизмом, посредством которого Открытая группа по программной области по интегрированным системам наблюдений получает информацию от пользователей, касающуюся объективной количественной оценки воздействия наблюдений.

Методы объективной оценки позволяют оценить сравнительный вклад различных систем наблюдений в ЧПП и, таким образом, помогают обосновывать важные решения, касающиеся соответствующих инвестиций в развитие сетей наблюдений.

во время полета. Позднее с появлением радиосвязи и более технически сложного бортового оборудования и авиационной радиоэлектроники предоставление данных было стандартизировано и в конечном итоге автоматизировано в форме донесений с борта воздушного судна (АИРЕП).

На протяжении десятилетий ученые, изучающие атмосферу, использовали воздушные суда в качестве платформ для сбора данных о верхних слоях атмосферы. В начале 1970-х гг. это привело к разработке оперативных программ непрерывного автоматизированного измерения отдельных параметров атмосферы, которое осуществлялось с бортов воздушных судов гражданской авиации в рамках совместных усилий авиационного и метеорологического сообществ.

Первой программой измерений такого типа явилась программа с использованием системы сбора и ретрансляции



Отображение глобального охвата авиационными наблюдениями за сутки в декабре 2012 г.

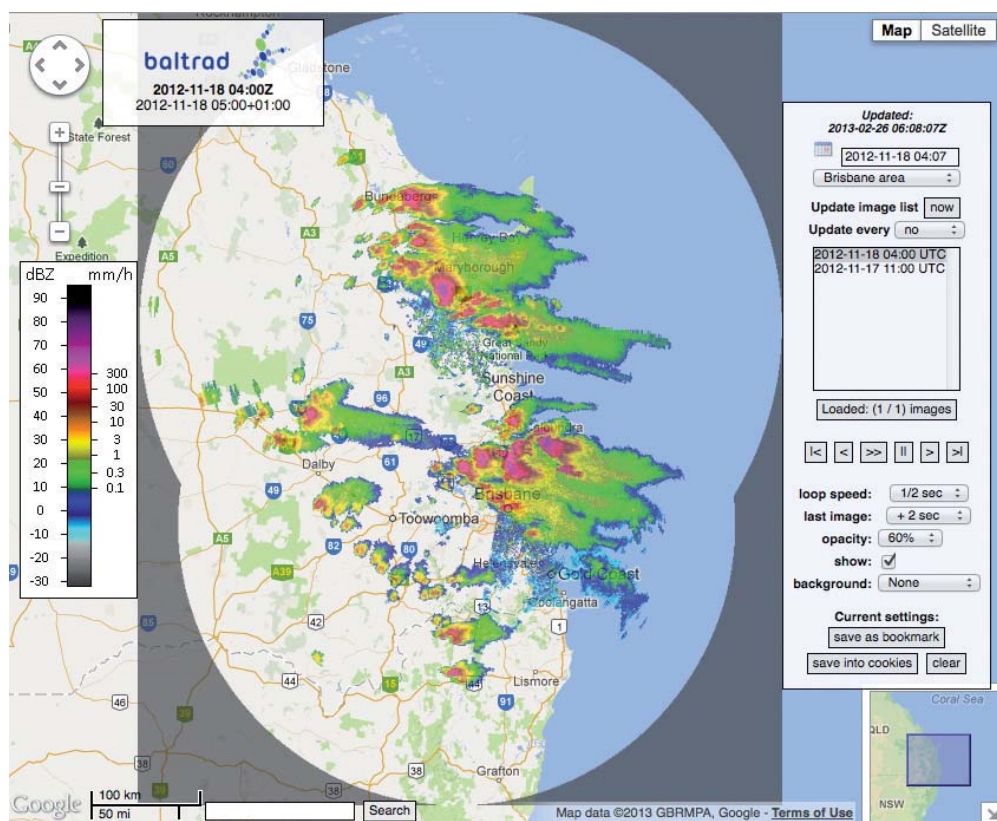
данных с воздушного судна через спутник (АСДАР), которая предусматривала оснащение фюзеляжа самолета оборудованием для сбора данных и связи. В 1980-е гг. на смену этой системе пришла система передачи метеорологических данных с самолета (АМДАР), которая обеспечивает сбор и передачу наблюдений с помощью датчиков, авиационной радиоэлектроники и систем связи, интегрированных в системы воздушного судна, конструкционных изменений корпуса воздушного судна или его систем не требуется. Это существенное преимущество в значительной мере содействовало быстрому росту использования АМДАР в два последних десятилетия, так что она стала одним из важных компонентов ГСН. В настоящее время около 40 авиакомпаний и более 3 000 воздушных судов вносят свой вклад, предоставляя ежедневно более 300 000 высококачественных наблюдений за температурой и ветрами и другими важными параметрами, включая влажность. Наблюдения АМДАР сопровождаются дополнительными автоматическими метеорологическими наблюдениями, выполненными с борта воздушного судна, которые предоставляются в качестве вспомогательной продукции систем, инициированных Международной организацией гражданской авиации, таких как Система автоматического зависящего наблюдения.

Ожидается, что наличие таких ценных данных, полученных с борта воздушного судна, в будущем будет расти в геометрической прогрессии, обеспечивая более полный глобальный охват аэрологических наблюдениями. Ожидаемое увеличение количества измерений влажности с борта воздушного судна могло бы потенциально улучшить работу авиакомпаний и принести пользу для окружающей среды посредством

## Прогресс в области прогнозирования текущей погоды

Для прогнозирования и выпуска предупреждений в сверхкраткосрочных временных масштабах наблюдения имеют особое значение. При прогнозировании в таких масштабах основным источником информации, который используют прогнозисты, становится не выходная продукция, а непосредственно данные наблюдений. Для интегрирования, интерпретации и использования информации, получаемой от метеорологических радиолокаторов и других наземных систем наблюдений, совместно со спутниковыми снимками высокого временного разрешения разработаны методы, позволяющие выпускать сверхкраткосрочные прогнозы или прогнозы текущей погоды. Истинное значение такой продукции с малой заблаговременностью

осознается только тогда, когда те, кого затрагивает предупреждение, могут своевременно получить эту продукцию и отреагировать. В густонаселенных городских районах и там, где явления суровой погоды угрожают особо значимым предприятиям, таким как предприятия добывающей промышленности и транспорта, и безопасности людей, даже частичное реагирование может принести значительную пользу. Несмотря на то, что многим развивающимся странам по-прежнему не хватает возможностей для полноценного реагирования, такие мероприятия, как Показательный проект по прогнозированию явлений суровой погоды (ПППСР) и ожидаемая широкая доступность данных с высоким временным и пространственным разрешением, получаемых с геостационарных спутников, позволят сделать в этом направлении еще один шаг вперед.



Дэниел Мичелсон, Алан Сид и Марк Куртис

*Сильные штормы над и вблизи г. Брисбен, шт. Квинсленд, Австралия, 18 ноября 2012 г., по данным трех метеорологических радиолокаторов национальной сети. Штормы быстро развивались и во многих местах вызвали град с градинами размером с мяч для игры в гольф и быстроразвивающиеся бурные паводки (Данные обработаны с помощью пакета программ BALTRAD совместными усилиями Шведского метеорологического и гидрологического института и Австралийского бюро метеорологии).*

использования таких прикладных технологий, которые позволяют предотвратить конденсационный след воздушного судна, предупредить о возможном обледенении и повысить топливную эффективность.

Измерение других атмосферных составляющих, важных для авиации и окружающей среды, таких как вулканический пепел, углекислый газ и метан находится на начальном этапе и, как ожидается, будет развиваться далее.

## Метеорологические радиолокаторы (осадки)

Сети метеорологических радиолокаторов продолжают расти, – в ведении национальных метеорологических и гидрологических служб находятся около 1 000 радиолокаторов, – однако значительные территории остаются еще не охваченными. С технической точки зрения программное обеспечение и возможности для обработки сигнала значительно улучшились, и в настоящее время во всех новых радиолокационных установках



наблюдается сдвиг к использованию поляриметрии. После нескольких десятилетий интенсивных научных исследований поляриметрия готова для оперативного использования, при этом ожидается, что это принесет пользу в таких аспектах, как классификация экосигналов, удаление из данных метеорологических экосигналов, обеспечение более качественной корректировки ослабления в гидрометеорах в диапазонах С и Х, что приведет к более точной оценке интенсивности осадков.

Важным фактором, содействующим росту сети метеорологических радиолокаторов, является растущий интерес к использованию радиолокаторов диапазона Х в качестве составной части оперативных систем для улучшения охвата наблюдениями, например, в горных районах или на городских территориях, в особенности для гидрологических целей, связанных с быстро развивающимися бурными паводками.

Выросло использование данных радиолокаторов в моделях ЧПП, а полученные на основе радиолокационных наблюдений данные об интенсивности осадков, радиотрагательной способности, радиальной скорости ветра и вертикальных профилях ветра используются в настоящее время, как для усвоения, так и для проверки, и послужили причиной повышения точности модельных прогнозов. Международный обмен этими данными является необходимым условием для дальнейшего развития.

### Профилометры ветра

Наземные дистанционные измерения вертикального профиля горизонтального вектора ветра в атмосфере впервые были продемонстрированы в начале 1970-х гг., с тех пор они непрерывно развивались и совершенствовались. Основное преимущество профилометров ветра заключается в их способности проводить измерение вертикальных профилей горизонтального ветра с высоким временным разрешением практически во всех метеорологических условиях, независимо от того, облачная погода или ясная, без необходимости в дополнительной, априорной информации.

Никакие другие приборы дистанционного зондирования таких возможностей не обеспечивают. Сравнения показывают, что точность данных, полученных с

помощью профилометра, который эксплуатируется и обслуживается надлежащим образом, по меньшей мере, сопоставима с точностью данных о ветре, полученных с помощью радиозондирования, если не выше. В настоящее время профилометры ветра широко используются как в оперативной метеорологии, так и для исследовательских целей.

Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы США создало первую оперативную сеть профилометров в середине 1990-х гг. на базе УВЧ-радиолокаторов (с частотой 404 и 449 МГц). С тех пор дополнительные сети были созданы в Европе и Азии. Растущее число профилометров привело в последнее десятилетие к более интенсивному использованию данных радиолокационных профилометров ветра в процедурах усвоения данных для целей ЧПП. Исследование, проведенное Метеорологическим бюро СК показало, что усвоение данных радиолокационных профилометров ветра определенно уменьшило ошибку в прогнозах, получаемых на основе как глобальных моделей, так и моделей с высоким разрешением, при этом отмечается, что общее положительное воздействие даже выше, чем при использовании радиозондовых наблюдений.

Наблюдения с высоким разрешением, обеспечиваемые радиолокационными профилометрами ветра, особенно хорошо подходят для описания состояния атмосферы в мезо или еще более мелких масштабах, где наблюдается тенденция к тому, что данных других наблюдений не хватает. Ожидается, что влияние данных радиолокационных профилометров ветра на мезомасштабные модели будет еще более заметным.

### Данные наземной Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС)

В метеорологических системах наблюдений всегда ощущается нехватка наблюдений за влажностью, и в последние годы данные наземной ГНСС (Zenith Total Delay or ZTD – общая задержка в зените или ОЗЗ) рассматриваются в качестве пути решения этой проблемы. Большинство площадок ГНСС предназначены для целей определения местоположения, и, таким образом, для операторов и основных пользователей задержка сигналов в атмосфере является шумовой составляющей. Однако сканограмму измерений ОЗЗ можно преобразовать в оценку содержания общего количества водяного пара в вертикальном столбе атмосферы над площадкой ГНСС, которую потом можно использовать в режиме, близком к реальному времени, для оперативных метеорологических применений.

Для выпуска оценок ОЗЗ необходимо тесное сотрудничество между специалистами в области геодезии и метеорологии. В будущем, вероятно, пользу получат обе стороны в том плане, что метеорологическая информация будет содействовать дальнейшему совершенствованию в определении местоположения с помощью ГНСС. Самыми известными системами ГНСС являются американская ГСOM и российская ГЛОНАСС. Однако ожидается появление новых европейской и азиатской систем. Их появление повысит качество оценок ОЗЗ и обеспечит возможности для выпуска новой, более детализированной продукции ГНСС для метеорологических



Метеорологическая служба Швейцарии

Пятикомпонентный профилометр ветра в Пайерне, Швейцария.



целей (градиенты ОЗЗ, наклонные задержки, томографическая реконструкция поля водяного пара).

С начала нового тысячелетия сеть GNSS NRT ZTD (ОЗЗ РБВВ (режим, близкий к реальному времени) ГНСС) очень сильно выросла. По оценкам, в настоящее время получают данные с 4 000 – 5 000 площадок, при этом большая часть данных поступает с имеющих высокую плотность сетей в Западной Европе, Северной Америке и Японии. В следующие несколько лет ожидается их сильный рост. Европейские данные ОЗЗ распространяются по ГСТ в качестве дополнительных данных, однако необходимо существенно улучшить обмен такими данными на глобальном уровне.

Среди множества метеорологических данных наблюдения ОЗЗ имеют уникальный характер, потому что качество данных ОЗЗ ГНСС улучшается со временем: реальное время – режим, близкий к реальному времени, – последующая обработка и, наконец, повторный анализ. Так происходит потому, что со временем становится доступной дополнительная и улучшенная информация о состоянии самой системы ГНСС, основанная на результатах измерений, а не на предсказаниях. Это открывает возможность выпуска более высококачественной продукции с использованием данных с более продолжительным периодом задержки, которая предназначена специально для климатических применений.

## Морские наблюдения

Как специализированные применения в области морской метеорологии, так и более общие применения в области погоды и климата широко используют наблюдения *in situ* и спутниковые метеорологические и океанографические наблюдения, выполняемые в условиях морской окружающей среды. Морские наблюдения *in situ* также являются средством наземной проверки спутниковых наблюдений и обеспечивают измерения, которые пока невозможно выполнить какими-либо другими средствами.

На протяжении десятилетий единственным средством проведения таких измерений были суда, но с появлением ВСП стали развиваться другие типы платформ наблюдений. К ним относятся специализированные океанские суда погоды, дрейфующие буи, волноизмерительные буи, метеорологические и океанографические заякоренные

буи, мареографы, платформы мониторинга цунами (мониторинг как подземных землетрясений, так и волн цунами на поверхности), в последнее время появились глубоководные ныряющие буи Арго, надводные и подповерхностные глайдеры, высокочастотные (ВЧ) прибрежные радиолокаторы, осуществляющие мониторинг волн и поверхностных океанических течений.

Рассматривая эволюцию получения морских метеорологических и климатических данных с различных типов платформ наблюдений в последние 75 лет (см. график), можно отметить, что со времени появления ВСП наблюдается внушительный рост числа наблюдений, с около 1,5 миллиона до более чем 9 миллионов. Несмотря на то, что количество судовых наблюдений существенно сократилось, это сокращение было компенсировано ростом количества наблюдений с дрейфующих и заякоренных буюв.

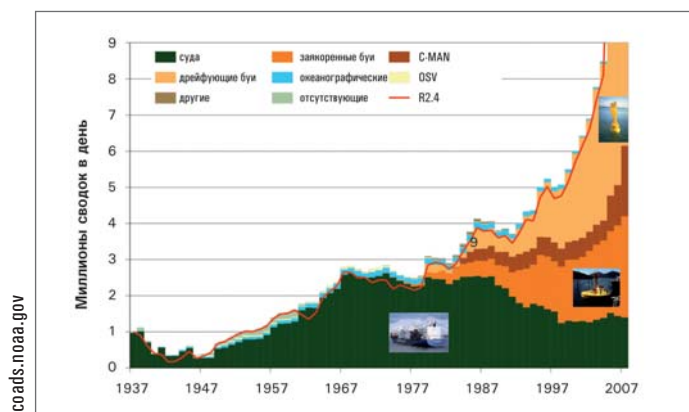
В последние десять лет существенные усилия были предприняты на международном уровне силами ВМО, а также в партнерстве с Межправительственной океанографической комиссией (МОК) ЮНЕСКО, чтобы разрабатывать и осуществлять системы морских метеорологических и океанических наблюдений более скоординированным образом. Сегодня завершено развертывание 62 процентов исходной составной системы океанических наблюдений, а три компонента достигли изначально запланированных показателей: группировка дрейфующих буюв (сентябрь 2005 г.) – 1 250 единиц, ныряющие буи в рамках программы Арго (ноябрь 2007 г.) – 3 000 единиц, флот проекта СДН Климат (июнь 2007 г.) – 250 судов.

Заглядывая в будущее, следует отметить появление потребностей в новых технологиях и наблюдениях за дополнительными параметрами, в особенности за биогеохимическими переменными. Ожидается, что все больше будет использоваться новые типы платформ наблюдений за океаном, например надводные волноизмерительные глайдеры, подповерхностные глайдеры, средства наблюдений, закрепленные на морских животных, донные платформы наблюдений, подключенные к кабелям связи старых подводных лодок.

## Выгоды для конечных пользователей

Выгоды для конечных пользователей, связанные с ВСП, разнообразны, включая повышение эффективности и продуктивности сельского хозяйства, сокращение уровня загрязнения в городах, улучшение здоровья людей в связи с более эффективным управлением экологическими системами. Не менее важны научная основа для выпуска продукции и механизм предоставления обслуживания, которые в конечном счете дают возможность национальным метеорологическим и гидрологическим службам предоставлять улучшенную и более адресную продукцию, ориентированную на конкретные нужды конечных пользователей. Эти выгоды следует отнести на общий счет всех компонентов ВСП, однако имеются заметные области, в которых достигнуты успехи, связанные более непосредственно с ГСН.

На всех этапах цикла по уменьшению опасности бедствий (УОБ) – планирование, подготовка,



Исторические морские метеорологические климатические данные разных типов из комплекта данных ИКОАДС начиная с 1937 г.

прогнозирование, реагирование, восстановление, критический анализ – ГСН приносит пользу. Концепции интеграции и построения сетей не только лежат в основе подхода, предусматривающего многие опасные явления, но без интеграции на глобальном уровне, которую обеспечивает ГСН, местные наблюдения в лучшем случае можно было использовать для обоснования решений только на местном уровне. Способность уверенно мобилизовать усилия по реагированию на бедствия на региональном и международном уровнях строится на надежности и доверии к повседневным наблюдениям, которые ГСН предоставляет 24 часа в сутки, 365 дней в году, и на своевременном обмене данными этих наблюдений по ГСТ.

Долгосрочные ряды данных наблюдений обеспечивают убедительнейшие доказательства изменения глобального климата. Несмотря на то, что в прошлом способность спутниковой системы осуществлять мониторинг изменений, простиравшихся за пределы срока службы одного какого-либо спутника, не получила особого признания, сегодня космические и наземные компоненты ГСН признаны способными регистрировать и документально фиксировать реальные показатели временных трендов и географического распространения изменений глобального климата. Международное политическое внимание высокого уровня, сконцентрированное в настоящее время на стремлении понять и решить проблему воздействий изменения климата, обеспечивает весомые доказательства ценности международного сотрудничества в области систем наблюдений. Этот уровень внимания, нашедший также отражение в международных механизмах, созданных, чтобы понять и решить проблему изменения глобального климата, таких как Межправительственная группа экспертов по изменению климата и Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата, не был бы достигнут без прошедших обсуждения и согласованных на международном уровне стандартов проведения наблюдений и предоставления данных и без создания глобальных систем наблюдений, включая высококачественные опорные сети. Для мониторинга характера и воздействий изменения климата необходимо непрерывное развитие и укрепление скоординированных на международном уровне систем наблюдений, примером которых является ГСН.

Тот факт, что области применения, выходящие далеко за рамки прогнозирования погоды, получают пользу от Глобальной системы наблюдений, ясно показывает, что ГСН – это не только о погоде: она также является примером и обеспечивает прочный фундамент, на котором можно строить даже более комплексные программы наблюдений.

ГСН напрямую и косвенно содействует экономическому росту и процветанию, так как имеются многочисленные и разнообразные секторы экономики, которые полагаются на своевременную и надежную информацию о погоде и метеорологические прогнозы при принятии решений в широком диапазоне временных

масштабов. ГСН играет исключительно важную роль в защите жизни и собственности.

## Планы на будущее: интеграция

Концепция интеграции имела важнейшее значение для ГСН с самого начала, предполагая объединение и оптимизацию вкладов многих разных космических и наземных компонентных систем наблюдений в рамках комплексной системы систем. За последние два десятилетия ЧПП произвело революционные изменения в области усвоения данных наблюдений для широкого диапазона временных и пространственных масштабов и получило дополнительную пользу от интеграции как на уровне систем, так и на уровне данных. Это содействовало тому, чтобы получать на основе наблюдений продукцию с добавленной стоимостью и определять типы наблюдений, имеющих богатое информационное содержание. В настоящее время потребности различных областей применения можно удовлетворять более эффективно и комплексно за счет сочетания компонентных и взаимодополняющих систем, которые, по возможности, эффективно используют принцип «производи наблюдения один раз, используй результаты наблюдений много раз», в то время как регулярный обзор потребностей помогает определять уникальные дополнительные виды измерений, которые необходимы для удовлетворения еще не удовлетворенных потребностей пользователей.

В настоящее время ГСН является частью Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ), реализующей концепцию интеграции наблюдений в еще более широком смысле, которая позволит еще большему числу стран-членов и сообществ получить пользу от использования систематического и всеобъемлющего подхода к метеорологическим наблюдениям. ИГСНВ нацелена на обеспечение более скоординированного подхода ко всем системам наблюдений, поддерживаемым ВМО и ее странами-членами, распространяя концепцию системы систем, уже реализованную в рамках ГСН, на другие системы, такие как Глобальная служба атмосферы (ГСА), Всемирная система наблюдений за гидрологическим циклом (ВСНГЦ), Опорная сеть для измерения приземной радиации (БСРН) и Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК). Цель ИГСНВ заключается в том, чтобы стать всеобъемлющей, скоординированной и устойчиво функционирующей системой систем наблюдений и совместно с ИСВ повысить способность стран – членов ВМО обеспечивать широкий спектр видов обслуживания на основе наблюдений и лучше удовлетворять потребности соответствующих научно-исследовательских программ. ИГСНВ также является важным вкладом ВМО в Глобальную систему систем наблюдений за Землей, в развитие которой ИГСНВ вносит все возможности и опыт ВСП, подход ГСН, комплексно и систематически ориентированный на потребности пользователей, связь с пользователями и дух добровольного международного сотрудничества и совместной работы.

# Глаза НУОА в небе

Что обещают метеорологам и обществу спутники будущего после пяти десятилетий прогнозирования погоды с использованием спутников для исследования окружающей среды?



Дерек Хэнсон<sup>1</sup>, Джеймс Перонто<sup>2</sup>, Дуглас Хилдербрэнд<sup>3</sup>

Несмотря на то, что сегодня спутники для исследования окружающей среды выполняют много важных функций, одна из важнейших функций состоит в том, чтобы обеспечивать метеорологов данными, которые имеют первостепенное значение для выпуска точных жизненно необходимых прогнозов погоды. Эти «глаза в небе» непрерывно движутся по орбите над нами. Они производят наблюдения за атмосферой, данные которых вводятся в компьютерные модели численного прогнозирования погоды (ЧПП), и предоставляют метеорологам изображения метеорологических явлений, которые позволяют осуществлять мониторинг штормов по всему земному шару, обнаруживать вулканический пепел и дым от стихийных пожаров и следить за развитием ураганов. Учитывая все эти причины, Национальное управление по исследованию океанов и атмосферы (НУОА) США давно признало, что спутники для исследования окружающей среды имеют принципиальное значение для выполнения миссии НУОА по защите жизни и собственности, и поэтому оно будет продолжать поддерживать и совершенствовать этот крайне важный ресурс.

Когда в 1963 г. была создана Всемирная служба погоды, спутники находились все еще в зачаточном состоянии. Во времена, когда не было глобального охвата спутниковыми наблюдениями и почти непрерывного зондирования атмосферы Земли, метеорологи полагались на нерегулярные данные с метеорологических шаров-зондов, опыт прошлого и сводки, поступающие от метеорологов, находившихся ближе к вызывающим интерес явлениям, располагающимся «выше» их местонахождения. Обширные просторы океанов и малонаселенные территории были слабо охвачены наблюдениями, и метеорологи располагали лишь небольшой частью информации, необходимой для подготовки точных прогнозов.

<sup>1</sup> Специалист по международным отношениям, подразделение НУОА/НЕСДИС по международным и межведомственным вопросам

<sup>2</sup> Специалист по анализу программ, отдел международной деятельности НУОА/НМС

<sup>3</sup> Советник по вопросам политики (в области погоды и спутников), отдел по вопросам политики НУОА

За пять десятилетий начиная с 1963 г. сильно выросли возможности спутников для исследования окружающей среды, так же как и умение ученых их использовать, а сегодня мы находимся на пороге появления нового впечатляющего поколения этих спутников.

В этой статье мы сначала рассмотрим использование метеорологами как полярно-орбитальных, так и геостационарных спутников для исследования окружающей среды, для целей прогнозирования погоды. Затем обсудим эволюцию спутников в Соединенных Штатах, прошедших путь, по сути, от фотоаппарата в космосе до сегодняшних в высшей степени функциональных аппаратов, производящих измерения и получающих изображения. В заключение мы рассмотрим следующее поколение американских спутников по исследованию окружающей среды, а также то, какое значение изменения, коснувшиеся спутников, будут иметь для метеорологов и населения, потребности которого метеорологи удовлетворяют.

## Прогнозирование погоды с использованием спутников по исследованию окружающей среды

Спутники по исследованию окружающей среды предоставляют метеорологам различные типы данных и находятся в космосе на разных орбитах. Ниже рассматриваются типы данных, которые собирают спутники по исследованию окружающей среды, а затем обсуждаются две главные орбиты, которые используют спутники по исследованию окружающей среды, и возможности, обеспечиваемые этими орбитами.

## Получение изображений и моделирование

Очевидная и уникальная способность спутников по исследованию окружающей среды связана с обзором, который они обеспечивают, – из космоса спутники видят Землю издали, позволяя метеорологам следить за штормами и их развитием по движению облаков и водяного пара. Мы называем эту способность «получение



изображений». Наряду с тем, что получение изображений обеспечивает ценную информацию по всем типам штормов, эта способность являлась весьма примечательной на раннем этапе развития спутников для исследования окружающей среды в связи с ее использованием для прогнозирования и мониторинга ураганов. Прогнозирование сильных штормов над океанами без использования этой способности было затруднительно и иногда приводило к разрушительным результатам. Одним из хорошо известных примеров является Галвестонский ураган 1900 г., который обрушился на жителей Галвестона, шт. Техас, при этом предупреждение не было выпущено. У прогнозистов в Галвестоне, полагавшихся в основном на информацию от наземных источников и нескольких судов в море, было мало возможностей знать точное местоположение урагана в Мексиканском заливе или точно предсказать его движение, чтобы предупредить жителей. Таким образом, в результате сильного Галвестонского урагана, по оценкам, погибли 8 000 человек, и он стал самым смертоносным ураганом в истории США.

Получение изображений – это не единственная ценная возможность, которую обеспечивают спутники по исследованию окружающей среды. Спутники крайне важны для моделей ЧПП, которым для работы необходимы данные наблюдений за состоянием атмосферы. Такие модели ЧПП, как Глобальная система прогнозирования (GFS) США и модель Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП), получают данные наблюдений за атмосферой, создают описание текущего состояния атмосферы и производят вычисления высокой сложности, чтобы предсказать, как поведет себя атмосфера. Затем метеорологи используют выходную продукцию моделей ЧПП, которую называют «методическими рекомендациями для составления прогнозов», как вспомогательное средство для подготовки их собственных метеорологических прогнозов. Такой подход в корне изменил прогнозирование погоды и привел к резкому повышению точности прогнозирования.

Чтобы работать эффективно, моделям ЧПП необходимо точное понимание текущего состояния атмосферы, включая температуру, давление и содержание водяного пара на разных уровнях атмосферы и по всему земному шару. Полярно-орбитальные спутники по исследованию окружающей среды НУОА и Европейской организации по эксплуатации метеорологических спутников (ЕВМЕТСАТ), способные быстро зондировать атмосферу по всему земному шару, являются основными источниками данных для моделей ЧПП и имеют определяющее значение для точности прогнозов ЧПП на три дня и на более продолжительный период. «Зондирующие устройства» – радиометры, установленные на борту этих спутников, могут обеспечивать вертикальные профили температуры, давления и содержания водяного пара, которые необходимы для моделей ЧПП. Несмотря на то, что другие критически важные данные зондирования поступают с метеорологических шаров-зондов и из других источников, ничто не может сравниться со способностью спутников по исследованию окружающей среды предоставлять

точные и полные измерения температуры всей атмосферы Земли и океанов.

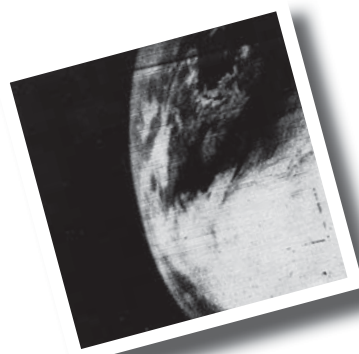
## Полярно-орбитальные и геостационарные спутники

Полярно-орбитальные спутники вращаются вокруг Земли на расстоянии чуть более 800 км над ее поверхностью, появляясь над Северным и Южным полюсами приблизительно каждые 100 минут. Принимая во внимание, что Земля под этими низкоорбитальными спутниками вращается, спутники на каждом витке охватывают разный участок земной поверхности и в конечном итоге зондируют всю планету. В то время как эти спутники также обеспечивают получение изображений, зондирующие устройства, установленные на их борту, обеспечивают получение высокоточных профилей температур атмосферы Земли и океана, которые вводятся в модели ЧПП.

Геостационарные спутники движутся вокруг Земли на расстоянии более 35 000 км над экватором, вращаясь с такой же скоростью, с какой вращается Земля. Это позволяет им находиться над одним и тем же участком земной поверхности и обеспечивать постоянный мониторинг быстро развивающейся погодной ситуации. Эти геостационарные спутники в первую очередь используются для получения изображений Земли, комбинации которых позволяют метеорологам и населению наблюдать рост и движение облаков и штормов в атмосфере. Эта информация особенно важна для краткосрочного прогнозирования или прогнозирования текущей суровой погоды.

## Краткая история спутников по исследованию окружающей среды

### Полярно-орбитальные спутники



*Первое изображение, переданное с борта ТАЙРОС-1, первого американского спутника по исследованию окружающей среды в 1960 г.*

Первого апреля 1960 г. США запустили первый в мире метеорологический спутник: Спутник для наблюдений в видимом и ИК-диапазонах спектра-1 (ТАЙРОС-1). Этот спутник весил всего 122,5 кг и имел на борту две фотокамеры и два видеорегистратора. Несмотря на то, что он находился на орбите только 78 дней, изображения, которые он передавал на Землю, продемонстрировали, что спутники могут играть полезную роль в прогнозировании погоды. ТАЙРОС-1 вместе с другими ранними спутниками серии ТАЙРОС показал полезность



спутников для прогнозирования погоды и помог получить поддержку для новых запусков и непрерывной эксплуатации спутников по исследованию окружающей среды для целей прогнозирования погоды.

После завершения первых спутниковых программ продолжились разработка и запуск новых поколений полярно-орбитальных спутников, при этом каждое поколение отличалось важными техническими усовершенствованиями. В 1978 г. было запущено одно из важных новых поколений полярно-орбитальных спутников, спутники серии «усовершенствованный ТАЙРОС-Н», за которым в 1998 г. последовал запуск самого последнего поколения полярно-орбитальных спутников, которые сейчас называются полярно-орбитальными оперативными спутниками для исследования окружающей среды (ПОЕС). Помимо того, что спутники ПОЕС имеют на борту устройства для зондирования и получения изображений, они также являются частью международной спутниковой поисково-спасательной системы, или САРСАТ, и оборудованы специальными поставляемыми на международной основе приборами, которые обнаруживают сигналы бедствия с аварийных маяков, установленных на борту самолетов, судов и катеров, а также помогают в поисках попавших в затруднительное положение пешеходных путешественников. В 2012 г. более чем 250 спасательных операций воспользовались помощью САРСАТ. Последний спутник ПОЕС, известный как НУОА-19, был запущен в феврале 2009 г. и продолжает обеспечивать крайне важные данные для моделей ЧПП.

Космический аппарат Суоми, выведенный на орбиту 22 октября 2011 г. в рамках национального полярно-орбитального партнерства НУОА/НАСА<sup>4</sup> (Суоми НПП), является мостиком между спутником ПОЕС НУОА (и прежними программами НАСА по наблюдениям за Землей) и Объединенной полярной спутниковой системой (ОПСС) НУОА следующего поколения. Так как Суоми НПП является первым спутником, имеющим на борту принципиально новые приборы, которые ОПСС предполагает использовать в оперативном режиме, при рассмотрении следующего поколения спутников по исследованию окружающей среды о нем будет сказано более подробно.

### Геостационарные спутники

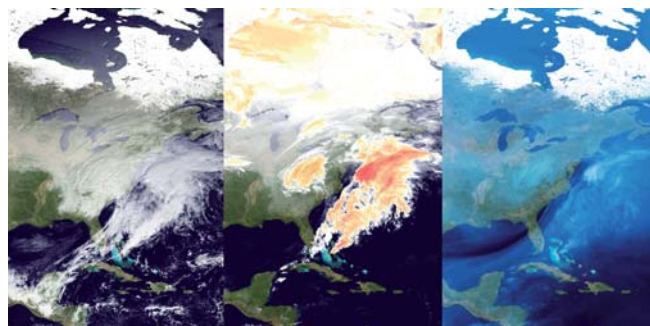
6 декабря 1966 г. США запустили первый спутник по исследованию окружающей среды на геостационарную орбиту: Спутник прикладного назначения (АТС). Камера кругового обзора для получения изображений облачности, установленная на борту АТС, делала снимки Земли в видимом диапазоне спектра каждые 20 минут, а так как спутник находился в стационарном положении по отношению к поверхности Земли и обеспечивал обзор ее большого участка, то последовательное рассмотрение этих снимков позволило ученым проследить за крупномасштабными движениями облаков. Дополнительные спутники АТС запускались до середины 1970-х годов



*Художественное изображение спутника ОПСС*

включительно, при этом каждый раз демонстрировались новые приборы. Кульминацией этой серии явился АТС-6, первый геостационарный метеорологический спутник, который находился в стабилизированном положении, а не вращался. Это новшество позволило АТС видеть поверхность Земли постоянно, а не только, когда вращающийся прибор был направлен на Землю.

В начале 1970-х годов метеорологи стали использовать изображения, полученные спутниками АТС. Принимая во внимание успешность этого использования, НУОА и ее ближайший партнер НАСА начинают разрабатывать программу геостационарных оперативных спутников по исследованиям окружающей среды (ГОЕС), чтобы создать оперативный геостационарный спутник. ГОЕС-1 был запущен в 1975 г., и на его борту, помимо прочего, был радиометр, который позволял выполнять наблюдения в дневное и ночное время. ГОЕС-2, запущенный в 1977 г., позволил НУОА иметь на геостационарной орбите группировку из двух спутников, которая используется и сегодня, при этом один спутник ГОЕС служит в качестве ГОЕС-Восток, охватывая восточную половину США и большую часть Атлантического океана, а второй спутник ГОЕС работает как ГОЕС-Запад, охватывая западную часть США и большую часть Тихого океана и Гавайских островов. В настоящее время ГОЕС-13, запущенный в 2006 г., работает как ГОЕС-Восток, а ГОЕС-15, запущенный в 2010 г., работает как ГОЕС-Запад. НУОА держит на орбите над центральной частью США резервный геостационарный спутник ГОЕС-14, который может быть активирован, если один из работающих ГОЕС столкнется с проблемами.



*Снежная буря в январе 2011 г., три типа изображений, полученных спутниками ГОЕС*

<sup>4</sup> Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства США

## Большое будущее для спутников по исследованию окружающей среды

Несмотря на то, что за пять десятилетий после учреждения ВСП были достигнуты потрясающие успехи в области создания и использования спутников по исследованию окружающей среды, мы вступаем в заманчивую эпоху появления более современных, оснащенных новейшим оборудованием спутников, которые обеспечат для метеорологов в США и во всем мире средства, необходимые для более эффективного выполнения их работы. Ниже кратко рассмотрим следующее поколение как полярно-орбитальных, так и геостационарных спутников.

### Суоми НПП и Объединенная полярная спутниковая система (ОПСС)

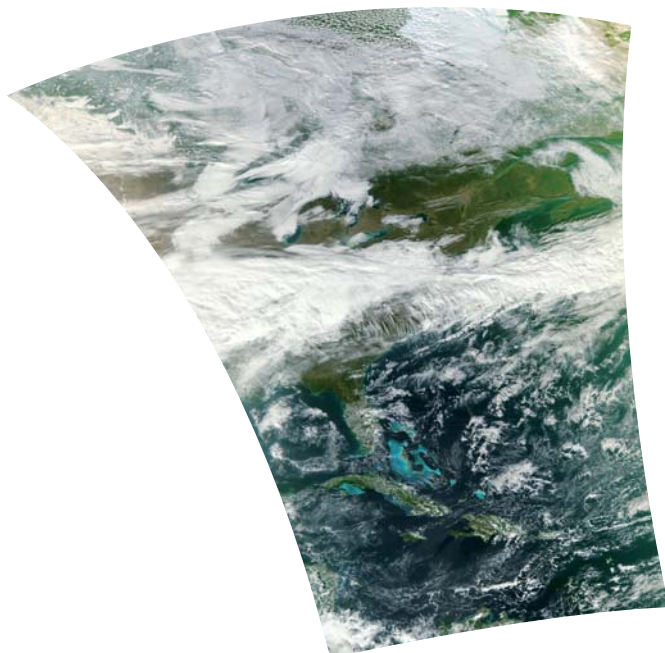
Как упоминалось выше, успешный запуск нового полярно-орбитального спутника Суоми НПП, осуществленный 28 октября 2011 г., явился мостиком между спутником ПОЕС НУОА (и программами НАСА по наблюдениям за Землей) и Объединенной полярной спутниковой системой (ОПСС) следующего поколения. Суоми



Полнодисковое изображение (в отличие от увеличенного изображения), полученное со спутника ГОЕС-Восток

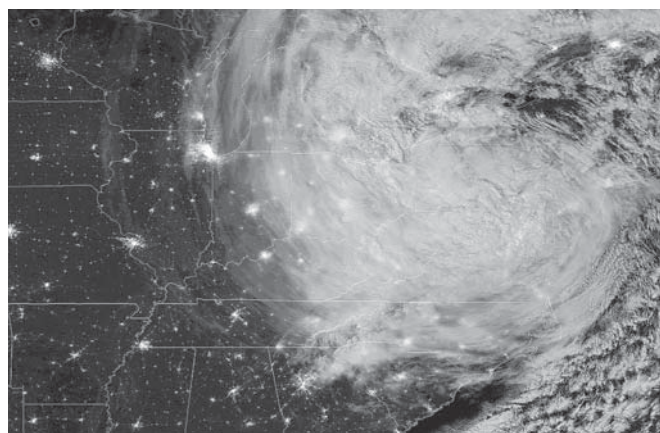
НПП весом 2 000 кг и размером с большой автофургон используется НУОА в оперативном режиме для выпуска точных прогнозов и заблаговременных предупреждений о явлениях суровой погоды, таких как внезапные смертельно опасные торнадо и паводки, сильные волны тепла, парализующий снегопад и сильные стихийные пожары.

Практически все приборы на борту Суоми НПП являются усовершенствованными вариантами приборов на борту спутников ПОЕС, которые были спроектированы на основе технологии, разработанной в конце 1980-х – начале 1990-х годов. В число пяти основных приборов входят два зондирующих устройства, Усовершенствованное устройство для зондирования в микроволновом диапазоне (АТМС) и Устройство для поперечного зондирования в инфракрасном диапазоне (КРИС), а также Радиометр для получения изображений в видимом и инфракрасном диапазонах (ВИИРС), Устройство для картирования и получения профилей озона (ОМПС) и Система изучения радиационного баланса облаков и Земли (КЕРЕС). НУОА вводит данные, собранные этими приборами, в модели ЧПП и использует их для выпуска десятков дополнительных видов продукции, включая продукцию, связанную с измерением облаков и растительного покрова, определением цвета воды в океане, измерением приземной температуры воздуха и температуры поверхности моря.

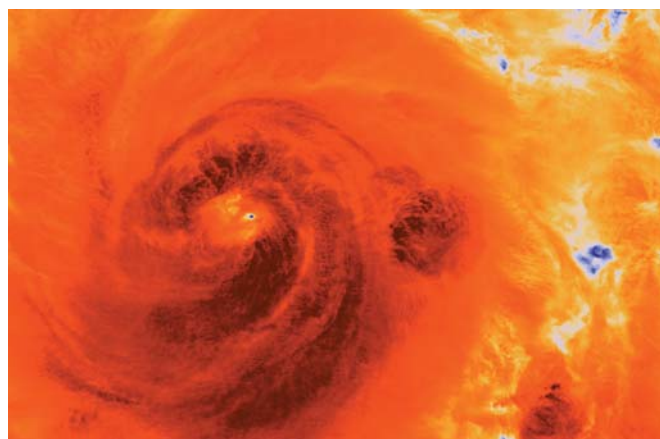


Первое изображение, полученное установленным на борту Суоми НПП прибором для получения изображений в видимом диапазоне, отображающее полосу Земли, видимую при каждом витке полярно-орбитального спутника

НУОА и НАСА используют опыт, полученный при эксплуатации Суоми НПП, в проектировании и подготовке ОПСС-1. Приборы, имеющиеся на борту Суоми НПП, будут также установлены на борту ОПСС-1, запуск которого планируется осуществить в 2017 г. Мы только начинаем видеть пользу и новые области использования полученных данных, и, принимая во внимание уже увиденное, ожидается, что программа ОПСС принесет



Изображение урагана Сэнди, полученное Суоми НПП ночью, показывает огни города и облака Сэнди, освещенные светом луны.



Изображение Сэнди в инфракрасном диапазоне, полученное Суоми НПП



огромную пользу метеорологам и населению, потребности которого метеорологи удовлетворяют.

## ГОЕС-Р

Являясь партнерами, НУОА и НАСА также разрабатывают следующее поколение спутников ГОЕС, серию ГОЕС-Р. Запуск первого усовершенствованного геостационарного спутника по исследованию окружающей среды планируется осуществить в конце 2015 г. Ожидается, что четкость изображений, полученных этими спутниками, будет в 4 раза лучше, чем четкость снимков, получаемых сегодняшними спутниками ГОЕС, а объем собираемых данных вырастет более чем в 20 раз. Серия ГОЕС-Р будет состоять из четырех спутников – ГОЕС-Р, -С, -Т и -Ю, и срок ее эксплуатации продлится, по меньшей мере, до конца 2036 г.

Серия ГОЕС-Р откроет новую эру для геостационарных спутников по исследованию окружающей среды, обеспечивая непрерывное получение изображений и измерение атмосферы Западного полушария Земли. Усовершенствованные приборы ГОЕС-Р, в первую очередь Усовершенствованное базовое устройство для получения изображений (АБИ), обеспечат значительный прогресс в получении изображений и будут предоставлять в 3 раза более детальную спектральную информацию, в 4 раза более высокий пространственный охват и в 5 раз более высокое временное разрешение по сравнению с устройствами для получения изображений, которые используются на спутниках ГОЕС сегодня. Новый геостационарный прибор для регистрирования молний позволит осуществлять непрерывное наблюдение за общей молниевой активностью на территории от середины Тихого океана до середины Атлантического океана в режиме, близком к реальному времени. Кроме того, серия ГОЕС-Р обеспечит значительное расширение возможностей для мониторинга солнечной активности и прогнозирования космической погоды.

Во всем, начиная от слежения за ураганами в Атлантическом океане и заканчивая мониторингом явлений суровой погоды на Великих равнинах в центральной части США, серия геостационарных спутников по исследованию окружающей среды ГОЕС-Р является значительным шагом вперед по сравнению с сегодняшними возможностями геостационарных спутников НУОА. ГОЕС-Р в сочетании с расширением возможностей полярно-орбитальных спутников, которое принесет ввод в действие Суоми НПП и ОПСС, обеспечит заметные положительные сдвиги для метеорологов и для тех, кто полагается на их прогнозы.

### Другие спутники по исследованию окружающей среды

Помимо традиционных полярно-орбитальных и геостационарных спутниковых программ по исследованию окружающей среды, в будущем можно будет получить пользу от использования новых типов спутниковых данных. Много интересных спутников уже выведено на орбиту, и ученые, и метеорологи рассматривают новые пути для включения данных этих спутников в прогнозы.

Одним из примечательных примеров являются спутники серии Жазон. В первую очередь осуществляя наблюдение за топографией морской поверхности, спутник Жазон-2 выполняет международную задачу и имеет на борту

альтиметр, который обеспечивает высокоточные измерения высоты морской поверхности. Так как температура океана и океанских течений может изменять высоту морской поверхности и эти параметры могут оказывать влияние на погоду в мире, в том числе и на тропические штормы, Жазон-2 крайне важен для улучшения моделирования погоды и прогнозирования активизации тропических штормов. Модернизированная версия Жазон-3 в настоящее время находится в стадии разработки.

Еще одним примером является Группировка спутников системы наблюдений в области метеорологии, исследований ионосферы и климата (КОСМИК), представляющая собой международную группировку из шести микроспутников, оснащенных радиозатменными приемниками. Данные с этих спутников, полученные посредством измерения отклонения сигналов ГСOM, вызванного сдвигом температуры и влажности, обеспечивают очень точные вертикальные профили температуры и влажности. При вводе в модели ЧПП эти дополнительные данные способны улучшить точность моделей.

### Усовершенствование спутников и улучшение прогнозов погоды

Со времени создания ВСП в области прогнозирования погоды был проделан большой путь. Увеличение вычислительных мощностей, улучшение систем связи и развитие моделей ЧПП – все это изменило подход метеорологов к своей работе. Однако никакие изменения не оказали такого большого влияния на прогнозирование погоды, как изобретение и совершенствование спутников по исследованию окружающей среды.

С того времени, как 50 лет назад были запущены первые спутники по исследованию окружающей среды, значительное улучшение их надежности, охвата и возможностей позволило глубже ознакомиться с составом атмосферы в реальном времени и проследить за явлениями суровой погоды так, как когда-то это казалось невозможным. Немаловажное международное сотрудничество в области спутников по исследованию окружающей среды с партнерами из Европы, Азии и других континентов продолжает давнюю традицию международного сотрудничества в области наблюдений за погодой и позволило использовать достигнутые успехи на благо населения всего земного шара.

К счастью, будущее спутников по исследованию окружающей среды выглядит обнадеживающим. Несмотря на то, что финансовые трудности оказали воздействие на правительства многих стран и представляют собой реальную проблему на пути устранения пробелов в обеспечении крайне важного охвата спутниковыми наблюдениями, США и другие страны не подвергли сомнению необходимость сохранить охват наблюдениями со спутников по исследованию окружающей среды, который имеет первостепенное значение для прогнозирования погоды и защиты жизни и собственности. ОПСС и ГОЕС-Р в сочетании с использованием новых форм спутниковой технологии обещают непрерывное повышение возможностей спутников по исследованию окружающей среды в грядущие десятилетия и повышение точности метеорологических прогнозов для населения.

# Международная гидрометеорологическая обсерватория в Тикси

## Партнерство стран – членов ВМО в Арктике



Танейл Уттал<sup>1</sup>, Александр Макштас<sup>2</sup> и Туомас Лаурила<sup>3</sup>

В последние годы глобальное сообщество признало важную роль погоды и климата полярных регионов Земли. Полярные регионы, будучи особенно восприимчивыми к деятельности человека, также продемонстрировали потенциальные возможности для ответного влияния на жизнеспособность более густонаселенных низких и средних широт. В связи с этим получило развитие направление работы ВМО, касающееся полярных наблюдений, исследовательской деятельности и обслуживания (ПНИДО), с тем, чтобы «...поддерживать и координировать соответствующие программы, выполняемые в районах Арктики и Антарктики отдельными странами и группами стран»<sup>4</sup>. Резолюция Группы экспертов Исполнительного Совета ВМО по полярным наблюдениям, исследовательской деятельности и обслуживанию, касающихся полярной деятельности, также призывает «страны-члены, особенно те, которые осуществляют оперативную деятельность в полярных регионах, рассмотреть возможность сотрудничества с другими странами-членами в вопросах разделения расходов на повторное открытие и оперативную эксплуатацию функционировавших ранее станций, расширения существующих станций или размещения новых систем наблюдений и связи»<sup>5</sup>. Международная гидрометеорологическая обсерватория в Тикси на Русском Севере на берегу моря Лаптевых является уникальным примером усилий разных стран, рекомендованных резолюцией о полярной деятельности.

Стимулом для планирования создания обсерватории в Тикси до принятия резолюции стал Международный полярный год, а фактически двухлетний период с марта 2007 г. по март 2009 года. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

(Росгидромет) представила на рассмотрение комитета по Международному полярному году целевое предложение «Создание атмосферной обсерватории климатического мониторинга в Тикси», которое комитет включил вместе с соответствующими предложениями относительно Арктической обсерватории в рамки деятельности по комплексному направлению «Международные арктические системы для наблюдения за атмосферой». В результате этого модернизация станции «Тикси» и ее интеграция в панарктическую наблюдательную сеть стала приоритетной задачей не только для России, но и для американских и финских партнеров, которые также признали потребность в широком спектре перспективных региональных наблюдений в Арктике.

### Первоначальная станция «Полярка»

Существующая станция «Полярка», которая послужила основой для создания новой обсерватории в Тикси, находится в семи километрах от города Тикси и в течение долгого времени является пунктом важных измерений параметров окружающей среды. Созданная в 1932 году, станция располагает одним из самых продолжительных рядов наблюдений за окружающей средой в Арктике. В самые активные годы работы станции, с 60-х до 80-х гг. прошлого века, на ней трудились от 50 до 80 ученых, инженеров и технических работников, семьи которых проживали вместе с ними. На станции был свой детский сад, продовольственный магазин и котельная. Было несколько отделов, отвечающих за различные наблюдения. Наблюдения проводились в области приземной метеорологии, включая температуру воздуха, приземную температуру, влажность, скорость и направление ветра, атмосферное давление и осадки. Кроме того, проводились дополнительные измерения высоты снежного покрова и дневной солнечной радиации. Регистрировались данные о видимости и облачности, которые сначала получали с помощью визуальных наблюдений, а затем с помощью дополнительных инструментальных наблюдений, которые начали проводиться с 1967 года. В 1966 году частота приземных метеорологических наблюдений увеличилась до восьми раз в сутки. Измерения атмосферного озона

<sup>1</sup> Лаборатория по изучению системы Земля НУОА, Taneil.Uttal@noaa.gov

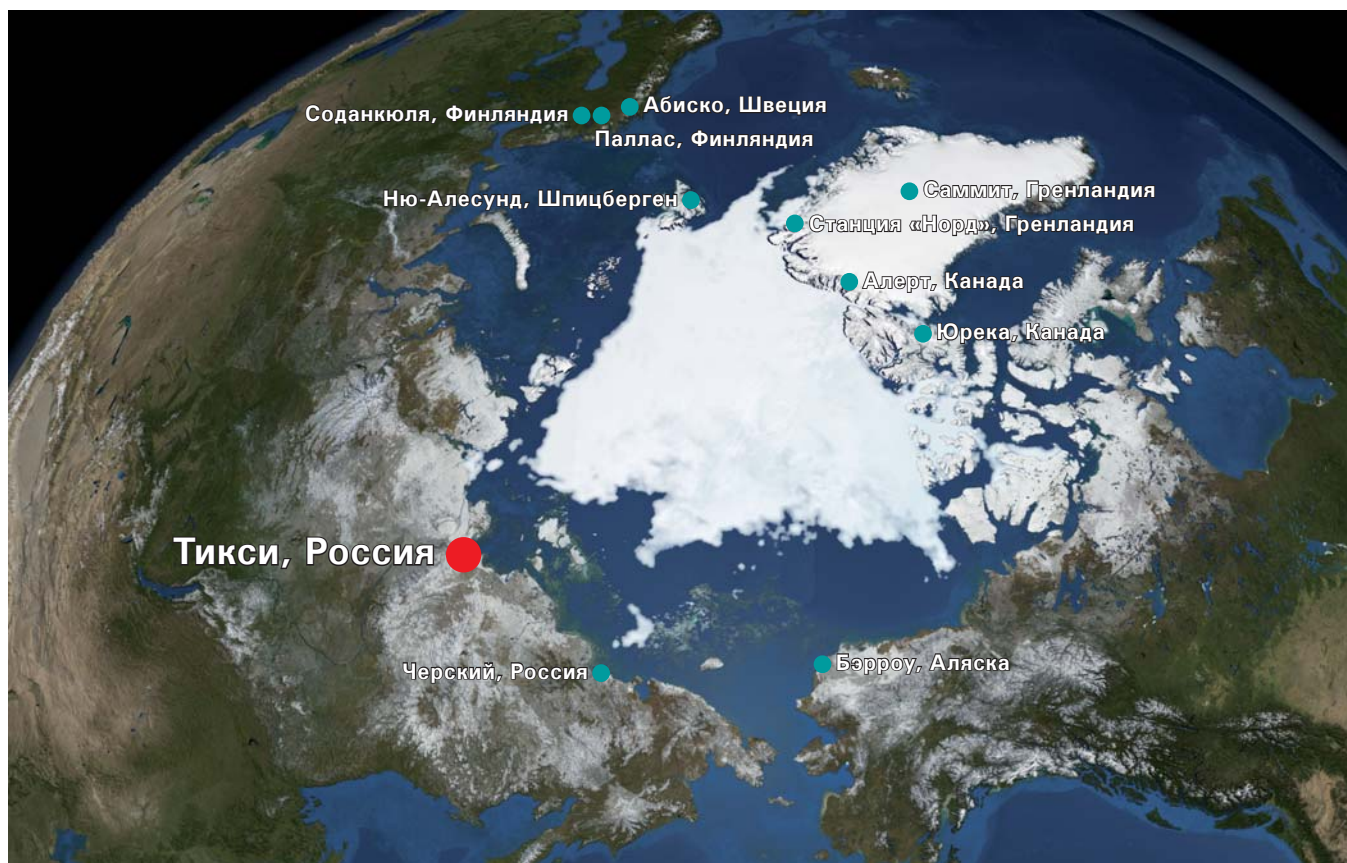
<sup>2</sup> Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт Росгидромета maksh@aari.ru

<sup>3</sup> Финский метеорологический институт, Tuomas.Laurila@fmi.fi

<sup>4</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/polar/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/polar/index_en.html)

<sup>5</sup> [www.wmo.int/pages/prog/www/Antarctica/Polar\\_Activities\\_Res.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/www/Antarctica/Polar_Activities_Res.pdf)





начали выполняться в 1993 году. Наблюдения за верхними слоями атмосферы начались с момента открытия станции в 1935 году, а с 1946 года была развернута стандартная программа ВМО с зондированием атмосферы два раза в сутки. «Полярка» также служила центральной коллекторной станцией связи, которая принимала региональные метеорологические данные, передаваемые с ближайших и более отдаленных метеорологических станций, расположенных на севере Якутии.

Также регулярно измерялись характеристики прибрежного припайного льда и находящегося под ним вод в бухте Сого, включая температуру поверхности моря, соленость, уровень морской поверхности, морфологические характеристики припая, снежного покрова и протяженности локального морского льда во времени и пространстве в зимний период. На основе рукописных данных в результате напряженных усилий создан полностью оцифрованный архив комплектов данных за несколько десятилетий, а современные приборы наблюдений скорее дополняют первоначальные методы и стандарты измерения атмосферных и океанографических параметров окружающей среды дополнены, а не используются вместо них. Также были созданы оцифрованные архивы данных, содержащие многолетние метеорологические данные с 18 станций, расположенных в районе Тикси, для обеспечения дополнительной информации о климате этого района.

Эти согласованные и непрерывные данные об атмосферной и океанической среде на станции «Полярка» и прилегающей территории служат бесценной основой для интерпретации новых современных измерений, которые выполняются в рамках программы

измерений обсерватории в Тикси. Почти невозможно представить степень преданности своей работе бесчисленных сотрудников метеорологических станций, внесших свой вклад в создание рядов данных об окружающей среде за несколько десятков лет в одном из наиболее суровых районов планеты.

В 90-е гг. прошлого столетия из-за ограничений финансирования станция «Полярка» была вынуждена значительно уменьшить объем работ, превратившись в обычную отдаленную метеорологическую станцию. Такая ситуация продолжалась до 2005 года, когда группа руководителей программ и ученых из России, США и Финляндии посетила станцию, чтобы оценить ее расположение и обсудить возможности международного сотрудничества с целью модернизации и восстановления станции в качестве международной атмосферной обсерватории.

### Процесс планирования и осуществления

Хотя проект по созданию международной гидрометеорологической обсерватории в Тикси задумывался как часть важной международной научной концепции, сформулированной в рамках Международного полярного года, его осуществление стало возможным лишь благодаря российско-американской политике и двусторонним соглашениям. В 2006 году в рамках Меморандума о взаимопонимании между Национальным управлением США по исследованию океанов и атмосферы (НУОА) и Росгидрометом был сформулирован официальный проект «Создание современной метеорологической станции и научно-исследовательской

обсерватории в Тикси (Россия)» для достижения следующих целей:

- создание гидрометеорологической научно-исследовательской обсерватории в Тикси, оснащенной современными средствами наблюдений и связи, системой энергоснабжения, а также лабораторными и офисными помещениями, предназначенными для сбора количественных данных о структуре атмосферы и атмосферных процессах, а также о сопутствующих параметрах океана и суши для дальнейшего изучения погоды и климата;
- интегрирование данных измерений обсерватории в международные сети, такие, как Глобальная служба атмосферы (атмосферные газы и аэрозоли), Опорная сеть для измерения приземной радиации (атмосферная радиация), Базовая сеть наблюдений за климатом (метеорологические наблюдения климатического уровня), Глобальная сеть наблюдений за поверхностью суши – вечная мерзлота и Сети микроимпульсных лидаров (облака и аэрозоли).

С самого начала характерной чертой проекта являлось взаимодействие партнеров, без которого прогресс был бы невозможен. Национальный научный фонд США, опираясь на «Предложение о создании совместной российско-американской климатической обсерватории», и Республика Саха-Якутия Российской Федерации (где находится Тикси и прилегающая территория) внесли существенный вклад в развитие инфраструктуры. НУОА, Росгидромет, Финский метеорологический институт и Российская академия наук внесли и продолжают вносить значительный вклад в новые программы измерений и подготовку кадров. Большой груз постоянно растущих эксплуатационных расходов в первые годы существования проекта взял на себя Росгидромет.

Спустя пять лет, 25 августа 2010 года, состоялось официальное открытие обсерватории в Тикси. Это событие произошло благодаря совместным усилиям Госдепартамента США, Министерства иностранных дел России и целой армии российских, американских и финских директоров институтов, руководителей программ, региональных чиновников, военнослужащих, ученых, юристов, инженеров, технических работников, студентов, местного персонала, посредников по международным делам, начальников станций, снабженцев, сотрудников по финансовым вопросам, управляющих имуществом, администраторов баз данных, специалистов в области информационных технологий, электриков, строителей, водопроводчиков, завхозов, организаторов перевозок, экспедиторов, сотрудников таможенной службы, водителей и секретарей.

## Наука в Тикси

Благоприятные условия, в течение многих лет создаваемые на советской станции «Полярка» для развития науки, относительная доступность станции за счет аэропорта в Тикси, замыкание цепи арктических

наблюдений с географической точки зрения и мощные политические стимулы – все это способствовало тому, чтобы Тикси был выбран для размещения международного объекта. Однако самым важным фактором при выборе места были возможности, которые район Тикси предоставлял для понимания процессов, характерных для Арктики. Арктический регион состоит из уникальных субрегионов, включая Канадский архипелаг, Гренландский ледяной щит, район Берингова пролива между Аляской и Чукоткой, Северную Скандинавию, архипелаг Шпицберген и Центрально-Арктический бассейн (океан). Тикси является уникальным арктическим районом, располагаясь на границе обширного евроазиатского континента, где зимой регистрируются самые низкие температуры в Северном полушарии.

С точки зрения глобальной циркуляции Тикси расположен в пограничной зоне в месте пересечения атлантических и тихоокеанских воздушных масс. Это обуславливает большое разнообразие атмосферных условий с изменяющимися характеристиками облачности, аэрозолей и загрязняющих веществ, создавая природную лабораторию для изучения влияния на атмосферные процессы различных регионов-источников, расположенных на территории России, Северной Америки, Европы и Средней Азии. Кроме того, Тикси расположен в устье реки Лены, второй по величине реки, впадающей в Северный Ледовитый океан. Ее средний расход – 524 км<sup>3</sup>/год – уступает лишь Енисею (586 км<sup>3</sup>/год). Лена – единственная крупная река в России, у которой большая часть водосбора находится в зоне вечной мерзлоты, формируя тем самым комплексную гидрологическую систему, которая может быть особенно уязвимой к потеплению климата. В настоящее время огромные запасы углерода хранятся в вечной мерзлоте этого речного бассейна, и эволюция режима осадков и испарения очень важна для определения региональных изменений в приземных потоках CO<sub>2</sub> и метана. Тикси находится на побережье моря Лаптевых, районе настолько интенсивного формирования льда, что он получил название «ледовой фабрики Северного Ледовитого океана». Изменения в формировании льда в этом районе могут повлиять на глубокие конвективные процессы в Гренландском море, что считается возможной причиной многолетней изменчивости глобального климата.

И, наконец, Тикси является идеальным местом для интенсивных исследований взаимосвязанных компонентов арктической климатической системы, включая атмосферные и гидрологические процессы, механизмы деградации вечной мерзлоты и береговой эрозии, развитие годового формирования и исчезновения морского льда, а также процессы на континентальном шельфе.

## Современное состояние

Помимо нового оборудования и приборов, не менее важными являются центры данных, поддерживающие обсерваторию в Тикси. Количество и разнообразие собираемых обсерваторией данных непрерывно растет. Центр данных Тикси в Арктическом и

Антарктическом научно-исследовательском институте в Санкт-Петербурге отвечает за первичный сбор, хранение и распределение данных. Данные также можно получить из архивов НУОА (Боулдер, Колорадо) и Финского метеорологического института (Хельсинки), при этом передача исходных данных и обработанных отфильтрованных данных происходит между центрами в режиме, близком к реальному времени.

Данные также передаются в глобальные сети наблюдений, такие, как Опорная сеть для измерения приземной радиации (БСРН)<sup>6</sup>, Аэрозольная роботизированная сеть (АэроНЕТ)<sup>7</sup> и Базовая сеть наблюдений за климатом (БСНК)<sup>8</sup>. Обсерватория в Тикси налаживает взаимодействие с Системой информации о станциях Глобальной службы атмосферы (СИСГСА)<sup>9</sup>, координирующей метаданные шести мировых центров данных. Осуществление стандартов метаданных Международной организации по стандартизации (ИСО) еще больше облегчит интегрирование данных обсерватории в мировые центры данных.

## Первые результаты

В сентябре 2012 года, когда партнеры по обсерватории в Тикси встретились, чтобы обсудить результаты первого года деятельности, стало очевидным возникновение многих любопытных особенностей в анализе исторических данных за несколько десятилетий и в характерных признаках, выявленных в годовом цикле с помощью новых программ измерений. Пока подробные данные наблюдений не отражают значимых трендов в температуре воздуха, циклах замерзания и таяния в активном слое и сезонной толщине припая. Весеннее истощение

приземного озона происходит со смещенным годовым циклом, по сравнению с районами в Бэрроу (Аляска). Измерения, выполняемые обсерваторией в Тикси, не свидетельствуют об увеличении потоков метана, которое подтвердило бы гипотезу о том, что потепление в Арктике приведет к поступлению в атмосферу метана, содержащегося в вечной мерзлоте. В Тикси наблюдаются сравнительно высокие уровни стойкого органического загрязнителя ДДТ (дихлордифенилтрихлорэтан), что может привести к глобальному перераспределению стойких органических загрязнителей.

Предполагается, что процессы обмена в приземном слое атмосферы весьма слабые в холодные зимние месяцы, когда снег и лед создают барьер, тогда как летние потоки показывают четкие суточные циклы с суммарным поглощением CO<sub>2</sub>. Наблюдалось, что импульсы температуры воздуха распространяются в верхних слоях вечной мерзлоты, а крайне изменчивое распределение различных видов растений, по-видимому, оказывает заметное влияние на потоки в приземной атмосфере и толщину активного слоя. Характеристики аэрозолей имеют четко определенные сезонные циклы, которые можно объяснить изменчивостью различных регионов-источников – суша, океан, локальное загрязнение – и процессами в тропосфере, обусловленными солнечной радиацией. Эти случайные выборки предварительных результатов теперь будут объединены в полную картину, отражающую доминирующие процессы в окружающей среде в районе Тикси.

## Планы на будущее

К числу международных программ наблюдений, которым оказывается поддержка с начала 2013 года, относятся Глобальная служба атмосферы (ГСА)<sup>10</sup>, БСРН, АэроНЕТ и БСНК. Текущий план развития состоит в

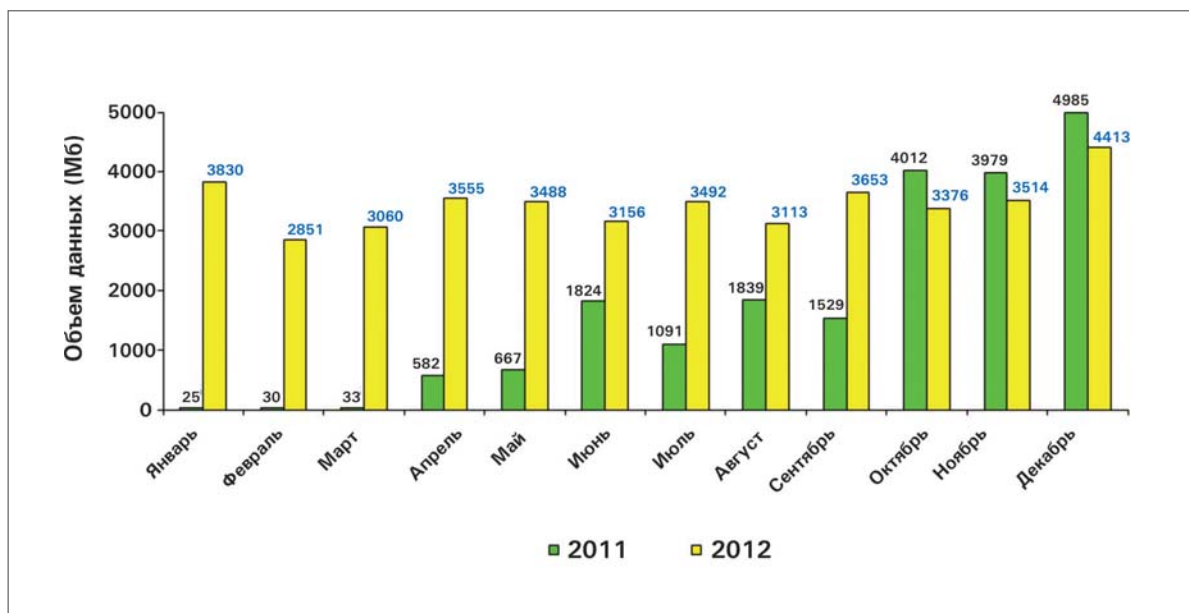
<sup>6</sup> [www.bsrn.awi.de](http://www.bsrn.awi.de)

<sup>7</sup> [aeronet.gsfc.nasa.gov](http://aeronet.gsfc.nasa.gov)

<sup>8</sup> [www.ncdc.noaa.gov/crn](http://www.ncdc.noaa.gov/crn)

<sup>9</sup> [gaw.empa.ch/gawsis](http://gaw.empa.ch/gawsis)

<sup>10</sup> [www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw\\_home\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/gaw_home_en.html)



Увеличение объема данных, собираемых установленными новыми датчиками в обсерватории в Тикси в 2011 и 2012 гг.





*Официальные представители России, США и Финляндии с танцевальной группой из Якутии на церемонии официального открытия обсерватории в Тикси в августе 2010 года.*

том, чтобы расширить вклад в ГСА (особенно за счет преобразования региональной станции в глобальную), Глобальную службу криосферы (КриоНЕТ)<sup>11</sup>, программу Мониторинга циркумполярного активного слоя (МЦАС)<sup>12</sup>, Программу арктического мониторинга и оценки (АМАП)<sup>13</sup> и Глобальную сеть «Изотопы в осадках» (ГСИО)<sup>14</sup>. В настоящее время оцениваются и другие программы измерений, такие, как аэрологические озонзонды и измерения облачности и аэрозоль методом дистанционного зондирования. Другая цель состоит в том, чтобы продолжать развивать Международную гидрометеорологическую обсерваторию в Тикси до уровня мирового класса, привлекая к сотрудничеству другие страны, в дополнение к первоначальной тройке – Россия, США и Финляндия. Информационные запросы относительно сотрудничества направили Германия и Япония.

Международная гидрометеорологическая обсерватория в Тикси создана на основе фундаментальных принципов ВМО относительно наблюдений и совместного использования данных, и она предопределила возрождение престижной станции советской эпохи, чтобы удовлетворять современные потребности в наблюдениях в Арктике в XXI веке. Следует отметить, что, несмотря на получившее широкое распространение соглашение между странами, организациями и научными учреждениями, касающееся совместной пользы, получаемой от работы обсерватории в Тикси, фактическое выполнение этого соглашения идет чрезвычайно медленно и трудно. Российские, американские и финские организации по вопросам окружающей среды имели ясное и четко определенное поручение проводить многолетние совместные наблюдения климата Арктики, но не были наделены полномочиями или льготами, позволяющими упростить консульские,

таможенные, экспортные, импортные требования и требования по обеспечению безопасности в своих странах. Для отдельных оперативных подразделений в каждой организации было затруднительным определить правильные процедуры, чтобы осуществлять сотрудничество с аналогичными иностранными организациями. В целом были выражены серьезные намерения и предприняты значительные усилия действовать нестандартно, но в пределах ведомственных и государственных нормативных документов, чтобы выполнить задачу создания гидрометеорологической обсерватории в Тикси и претворить в жизнь слова резолюции относительно полярной деятельности ВМО, а именно: «...рассмотреть возможность сотрудничества с другими странами-членами в вопросах разделения расходов на повторное открытие и оперативную эксплуатацию функционировавших ранее станций».

Неотъемлемая часть плана развития международной гидрометеорологической обсерватории в Тикси состоит в поддержке программы активных научных исследований с целью получения ответа на вопросы об эволюции климата, начинающиеся не только со слова «как», но и со слова «почему». Предметом этих исследований будут прямые вопросы, такие, как: «Является ли технический углерод основной причиной уменьшения протяженности морского льда летом?», «Как арктические сообщества должны реагировать на изменение окружающей среды?» и «Каков конкретный вклад Арктики в глобальный баланс парниковых газов?». Кроме того, данные обсерватории в Тикси, несомненно, приведут к неожиданным научным открытиям, которые ждут своих героев. Своим появлением эти открытия будут обязаны вкладу сотен отдельных личностей, составляющих команду Тикси.

<sup>11</sup> [globalcryospherewatch.org](http://globalcryospherewatch.org)

<sup>12</sup> [www.gwu.edu/~calm](http://www.gwu.edu/~calm)

<sup>13</sup> [www.amap.no/](http://www.amap.no/)

<sup>14</sup> [www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS\\_resources\\_gnip.html](http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/IHS_resources_gnip.html)



# Проект ARISE –

## Инфраструктура для исследований в Европе, сочетающая три метода измерений



Технология, впервые использованная для прослушивания секретных испытаний водородной бомбы, могла бы помочь синоптикам в предоставлении людям информации о том, какая будет погода, с заблаговременностью до одного месяца. Это является одной из целей нового интересного международного научно-исследовательского проекта «Инфраструктура для исследований динамики атмосферы в Европе» (ARISE), который был запущен в январе 2012 года. Принимая во внимание результаты исследований, показавших, что верхние слои атмосферы Земли могут давать важнейшую информацию для более точных и более долгосрочных прогнозов погоды с заблаговременностью до четырех недель, двенадцать организаций из восьми стран – членов Европейского союза и одной страны, не являющейся членом ЕС, соединили усилия, чтобы объединить измерения стратосферы и мезосферы, проводимые тремя различными типами приборов.

Цели проекта ARISE состоят в том, чтобы активизировать существующее сотрудничество между европейскими учеными, одновременно впервые разрабатывая и интегрируя широкий спектр дополнительных тем, таких, как инфразвуковые, гравитационные и планетарные волны, стратосферные и мезосферные возмущения, спутниковые исследования атмосферы, моделирование атмосферы и динамика атмосферы. Предполагается, что благодаря этому проекту будут достигнуты большие успехи в области моделирования атмосферы, прогнозирования погоды и мониторинга экстремальных явлений в целях обеспечения гражданской безопасности. Проект позволит получать новые трехмерные изображения состояния атмосферы и ее пространственно-временной изменчивости.

### **Динамика атмосферы**

В течение длительного времени атмосфера считалась стратифицированной средой с ничтожно малыми взаимодействиями между верхними слоями и тропосферой, в которой мы живем. Однако последние исследования показали ключевую роль, которую может играть динамика средней и верхней атмосферы в погоде и

климате тропосферы. Атмосферные колебания, особенно гравитационные и планетарные волны, стимулируют это взаимодействие и большую часть крупномасштабной атмосферной глобальной циркуляции в средней и верхней атмосфере, включая циркуляцию Брюера-Добсона, а также квазидвухлетние и полугодовые колебания.

Атмосферные волны переносят энергию и количество движения из одного региона в другой. Происхождение и динамика планетарных и гравитационных волн сильно отличаются друг от друга. Планетарные волны обязаны своим существованием градиенту потенциальной завихренности, распространяющемуся от экватора к полюсу; они создаются потоками над рельефом и между сушей и океаном за счет контрастных температур. Они наиболее важны на средних и высоких широтах и могут привести к сильным отклонениям потоков от их климатологической средней величины. Знание местоположения и структуры зон сдвига в среднем потоке, где разрушаются планетарные волны, очень важно для понимания и прогноза явлений внезапного стратосферного потепления. Наблюдения за стратосферой с высоким разрешением могли бы значительно расширить наши знания об этих особо важных слоях.

Гравитационные волны являются более распространенными и существуют в диапазоне пространственных масштабов от планетарного до нескольких километров. Они создаются как потоком над рельефом, так и за счет сильной конвекции, вызванной, например, грозами. Гравитационные волны играют важную роль в установлении среднего климата стратосферы и мезосферы и в генерировании прогнозируемых колебаний средней скорости ветра в тропиках, что может повысить прогнозируемость климатической системы. Большинство мелкомасштабных гравитационных волн не воспроизводятся в обычных климатических моделях и лишь частично воспроизводятся в метеорологических прогностических моделях. Поэтому необходимо осуществить параметризацию гравитационных волн в климатических моделях, чтобы

обеспечить точное воспроизведение среднего климата и изменчивости средней и верхней атмосферы. При параметризации гравитационных волн многие их параметры являются неопределенными из-за отсутствия многолетних наблюдений высокого разрешения.

В средней атмосфере амплитуды атмосферных приливов являются большими. Приливы, вызванные стратосферным озоном и водяным паром в верхней тропосфере, могут стать причиной систематической разницы между последовательными измерениями и представляют ключевую проблему для оценки надежности спутников и многолетней изменчивости, когда меняется время измерений. Хотя теория приливов сформулирована хорошо, точные характеристики амплитуды и фазы еще не определены, поскольку лишь немногие измерения могут охватить их. Измерения в рамках проекта ARISE позволят проверить правильность воспроизведений приливов с помощью численных моделей, которые будут использоваться для систематических корректировок сравнений спутниковых данных и оценок трендов.



*Динамика процессов обмена между тропосферой, стратосферой и мезосферой с учетом вклада гравитационных и планетарных волн*

## Концепция проекта

В результате проектной проработки ARISE будет разработана концепция новой инфраструктуры, объединяющей различные сети наблюдений за атмосферой для получения нового трехмерного изображения атмосферы в каждом атмосферном слое от поверхности земли до мезосферы с беспрецедентным пространственно-временным разрешением. Проект охватит Европу и территории, расположенные за ее пределами, включая полярные и экваториальные районы.

Эта инфраструктура будет включать инфразвуковые сети, разработанные для контроля за выполнением Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗИ), сеть для обнаружения изменений в составе атмосферы (СОИСА) с использованием лидара (лазерная система обнаружения и измерения дальности) и сеть для обнаружения изменений мезопаузы (СОИМ), предназначенная для измерений в слое свечения атмосферы. Она

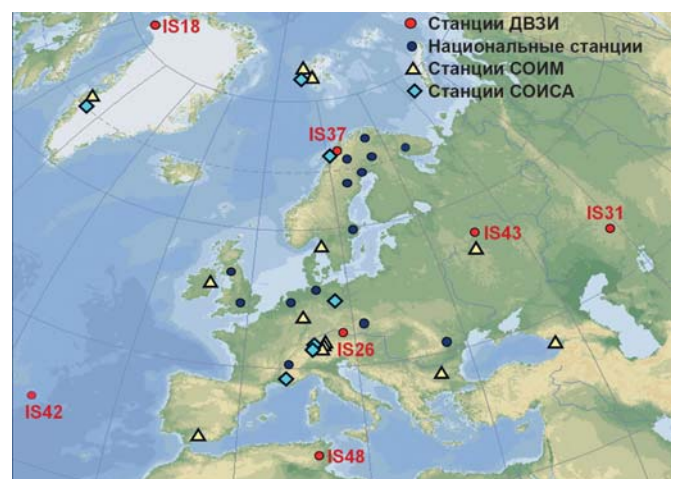
также будет включать дополнительные инфразвуковые станции разных стран, специализированные инфразвуковые станции, расположенные вблизи вулканов для изучения вулканических источников, и комплект приборов для ионосферных наблюдений для определения взаимосвязей с околоземным космическим пространством.

Данные, собранные этими сетями, будут проанализированы для получения оптимизированной оценки эволюционирующего состояния различных слоев атмосферы, что поможет ограничить параметризацию гравитационных волн и более успешно инициализировать прогнозы состояния средней и верхней атмосферы.



*Спектрометр для измерения свечения атмосферы, установленный в здании на заснеженном высокогорном леднике вблизи альпийской вершины Цугшпитце*

Предполагается, что это позволит дать более точное описание атмосферы и повысить точность краткосрочных и среднесрочных прогнозов погоды. Измерения ARISE также будут использоваться для усовершенствования представления гравитационных волн в климатических моделях с описанием стратосферы, играющих очень важную роль в оценке влияния спектра вынуждающих воздействий стратосферного климата на тропосферу. Эти данные будут использоваться для мониторинга климата средней атмосферы, его многолетних



*Карта расположения станций, участвующих в проекте ARISE*



средних трендов и изменений в экстремальных явлениях. К полученным выгодам можно также отнести использование в гражданских целях, связанное с мониторингом природных опасных явлений.

Цель проектной проработки ARISE состоит в том, чтобы объединять и координировать научные сообщества, которые ранее никогда не работали вместе, а также проектировать обширную инфраструктуру, которая поможет значительно лучше понять атмосферу. Большая часть проекта посвящена определению характеристик новых параметров наблюдений со значительной добавленной стоимостью, которые можно получить разными методами измерений. Он также объединяет исследования и модельные расчеты на основе данных, используемых для моделирования атмосферы и прогнозирования погоды и климата.

### **Социальная польза и влияние на общество**

Мониторинг атмосферы Земли на основе данных, полученных с помощью передовых технологий с использованием инфразвуковых и лидарных измерений, а также измерений свечения атмосферы, дает большие возможности для разнообразных применений в области гражданской безопасности, которые повышают благосостояние и безопасность человека. Для мониторинга экстремальных явлений и для применений в области гражданской безопасности будет использоваться комплект усовершенствованных данных проекта ARISE, касающихся нижеизложенных областей.

### **Мониторинг вулканов и безопасность авиации**

Измерения инфразвуковых атмосферных волн имеют большое значение для мониторинга вулканов и экстремальных явлений. Мониторинг инфразвука, исходящего от вулканов, дает необходимую информацию о выбросе пепла в атмосферу, когда спутниковая информация отсутствует из-за облачности. Группа по эксплуатации службы слежения за вулканической деятельностью на международных авиатрассах при поддержке Международной организации гражданской авиации всячески поощряет работу по усовершенствованию средств обнаружения и прогнозирования вулканического пепла. Группа признает заинтересованность в инфразвуковой технологии, используемой в этих целях.

В глобальном масштабе плотность инфразвуковых станций постоянно растет, а сигналы вулканической деятельности непрерывно регистрируются. Характеристики обнаруженных сигналов и максимальный диапазон их наблюдений зависят от типа извержения, который имеет эффузивный или взрывной характер. Иногда крупные извержения выпускают значительное количество пепла в верхнюю атмосферу. Географический район, охваченный проектом ARISE, включает вулканы, расположенные в Европе (Италия, Исландия) и Африке (Танзания, Демократическая Республика Конго, Коморские острова и остров Реюньон). Кроме того, временные переносные инфразвуковые антенные системы, установленные возле кратера активных вулканов, будут предоставлять важные данные наблюдений и измерений. Эти данные



*Эксперимент с использованием инфразвуковых измерений возле вулкана Ясур, остров Танна (Вануату)*

должны помочь научному сообществу лучше понять специфику отдельных вулканов и должны способствовать более эффективному участию Европы в создании систем предупреждения о вулканах.

После завершения создания инфразвуковой сети Международной системы мониторинга (МСМ), дополненной местными ресурсами, задача предоставления уведомлений с малым временем задержки об обнаружении вулканических извержений в консультативные центры по вулканическому пеплу станет более выполнимой. Такие системы заблаговременного предупреждения могут помочь предотвратить связанные с извержениями бедствия и снизить влияние облаков пепла на авиацию.

### Движения масс поверхности Земли

Инфразвуковые данные ARISE, используемые для изучения природных опасных явлений, связанных с массовыми смещениями земли, таких, как землетрясения, оползни и лавины, также пригодны и для применения в области гражданской безопасности.

Инфразвуковая технология обнаруживает и локализует место движения земной поверхности. Карты интенсивности инфразвука, описывающие крупные землетрясения, могут помочь определить населенные районы, подверженные большой опасности бедствия. Для особых явлений может быть проведен детальный анализ сигналов для определения местоположения сопряженных источников «земля–атмосфера», которые можно сравнить с картами сейсмической интенсивности.

Оценка риска снежных лавин зависит главным образом от метеорологических условий и снежного покрова. Прогнозирование риска лавин на основе моделирования снежного покрова пока еще находится в зачаточном состоянии и требует объективных наблюдений лавин для подтверждения своей надежности. Такие наблюдения являются в основном визуальными, но в настоящее время в течение нескольких лет их дополняют экспериментальные методы обнаружения сейсмической активности. Поэтому при наблюдении лавин инфразвук будет весьма полезен, поскольку это единственная технология, способная обнаружить быстрые изменения давления, вызванные лавинами. ARISE будет анализировать сотни сигналов, обнаруживаемых инфразвуковыми системами, установленными в Альпах для оценки возможности однозначного определения лавин. Это могло бы оказать большое влияние на деятельность всех тех, кто занимается моделированием прогнозов и управлением рисками во всем мире.

В процессе выполнения проекта ARISE в Альпах также будет установлено портативное оборудование для измерения характеристик инфразвуковых сигналов, издаваемых природными и искусственно вызванными снежными лавинами. Эксперименты с лавинами ежегодно проводятся на нескольких полигонах в Швейцарии и Австрии. Проект ARISE можно использовать для повышения эффективности работы инженерно-строительных

групп, специализирующихся на управлении риском, связанным с лавинами. Обнаружение и локализация лавин могут дополнить наблюдения, проводимые человеком, подтверждая наличие явлений при плохой видимости, например, в отдаленных горных районах, при неблагоприятных метеорологических условиях или в ночное время. Более четкое понимание инфразвуковых характеристик лавин может также помочь определить и заблаговременно заметить не поддающиеся наблюдению процессы, связанные с неустойчивостью снежного покрова, которые могли бы быть предвестниками более серьезных явлений, схожими по характеру с предварительными сейсмическими толчками, наблюдаемыми перед сильными землетрясениями.

### Суровые погодные условия

Данные, собранные с инфразвуковых и лидарных сетей, а также сетей измерения свечения атмосферы, должны способствовать более четкому пониманию свойств верхней атмосферы и их временной изменчивости. Собранные в базу данных, эта информация может служить уникальным комплектом данных для непрерывного и многолетнего мониторинга интенсивности и эволюции экстремальных явлений от сильных бурь до торнадо и циклонов.

Во время кампаний Eurosprite, которые были развернуты в нескольких странах в 2005 году, используются оптические камеры и дополнительные приборы для обнаружения внезапных световых явлений («призраков»), возникающих в средней атмосфере над обширными грозами. В рамках этих кампаний наземные системы наблюдений ARISE внедряют дополнительные методы измерений характеристик «призраков» и используют инфразвук для исследования механизмов образования молний и «призраков».

ARISE предлагает определять параметры, которые наилучшим образом характеризовали бы эти явления суровой погоды. Что касается долгосрочного применения, наблюдения сети ARISE можно было бы включать в существующие метеорологические модели для повышения точности краткосрочных и среднесрочных прогнозов погоды.

Мониторинг экстремальных явлений, таких, как грозы и циклоны, также важен для определения эволюции этих явлений в условиях изменения климата.



Оскар Ван дер Велде

Гроза в штате Южная Дакота (США) 28 мая 2006 г.



## Метеориты

Взрывы крупных метеоритов в атмосфере, хотя и редко влияют на поверхность Земли, зато часто отмечаются очевидцами этих явлений или регистрируются панорамными телекамерами. Инфразвуковая сеть ARISE может осуществлять непрерывный мониторинг входа таких крупных космических объектов в атмосферу.

Вклад инфразвуковых наблюдений в данные наблюдений за метеоритами непрерывно растет. В глобальном масштабе взрывы метеоритов диаметром 1 метр происходят 1–2 раза в месяц, а диаметром 10 метров – один раз в десять лет. Взрывы самых крупных метеоритов можно наблюдать на расстоянии до нескольких тысяч километров, о чем свидетельствует взрыв метеорита над островом Сулавеси, обнаруженный инфразвуковой сетью MCM в октябре 2009 года.

Густая инфразвуковая сеть ARISE должна содействовать обнаружению и описанию взрыва любого значительного метеорита, происходящего в Европейском регионе. Отдельные случаи обнаружения с помощью инфразвука дают статистическую информацию о крупных болидах и пополняют базы данных о внеземных объектах, сталкивающихся с Землей. Результаты могут стать еще более интересными, когда становятся доступными наблюдения других региональных сетей, и позволяют удержать или восстановить траекторию исходных метеоритов.

## Очевидность успехов

Успех проекта ARISE уже очевиден, судя по растущему числу ассоциированных членов и связей с международными группами, занимающимися климатическими и экологическими исследованиями. Некоторые из последних явлений, которые наблюдали партнеры по проекту ARISE, свидетельствуют об актуальности таких измерений. Первое явление связано с крупным внезапным потеплением стратосферы, произошедшим в период с декабря 2012 г. по январь 2013 г.: три прибора ARISE, установленные в Обсерватории Верхнего Прованса, показали возможность 20-градусной разницы температур между данными моделей и данными наблюдений.

Другое явление связано с повышенной активностью вулкана Этна в январе 2013 года, данные наблюдений за которым в настоящее время тщательно анализируются с целью усовершенствования инфразвукового мониторинга отдаленных вулканических районов. Результаты анализа данных наблюдений ARISE помогут описать глобальную динамику этих комплексных крупномасштабных явлений, что позволит расширить использование данных и результатов ARISE в моделировании механизмов таких явлений и их влияния на погоду.

Включение Африки в проект ARISE также обеспечивает обширную зону охвата наблюдениями, простирающуюся от экватора до полярных районов.

Более подробную информацию о проекте можно найти на сайте <http://arise-project.eu>



Говард Эдин

Метеорит, пронизывающий атмосферу

# Программа по приборам и методам наблюдений (ППМН)



Комиссия по приборам и методам наблюдений (КПМН), созданная предшественницей ВМО, Международной Метеорологической Организацией, обеспечивает точность наблюдения за погодой путем содействия созданию международных стандартов, и, соответственно, сопоставимости измерений. Комиссия отвечает за разработку руководящих указаний и рекомендаций, которые осуществляются в рамках Программы по приборам и методам наблюдений, которая является одним из ключевых компонентов Программы Всемирной службы погоды. Уже более века она координирует совместные усилия стран-членов в отношении их систем наблюдений с тем, чтобы конечные результаты их усилий значительно превышали то, что каждая страна могла бы сделать в отдельности для удовлетворения своих жизненно важных потребностей. Затем Комиссия распространяет эти результаты по всему миру.

Сегодня перед КПМН стоят новые задачи, в частности в области интеграции и новых технологий. Переход от ручных наблюдений к автоматическим, а теперь и к дистанционному зондированию с использованием профилометров ветра и спутников, требует разработки руководящих указаний по использованию и оценке эффективности наблюдений и, возможно, проведения их взаимного сравнения для оценки их сравнительной эффективности. Постоянно растущая потребность в метеорологических наблюдениях более высокого временного и пространственного разрешения, например для прогнозирования текущей погоды и явлений суровой погоды, а также для оптимизации финансовых ресурсов, заставляет метеорологические службы использовать данные наблюдений из разнообразных различных источников – различных систем, а также различных поставщиков, включая внешних поставщиков и поставщиков из частного сектора. Кроме того, вопросы национальной безопасности придают этим наблюдениям чрезвычайную важность. В этом контексте перед КПМН стоит задача оказать поддержку странам – членам ВМО в разработке руководящих указаний для оценки качества данных наблюдений,

которые предоставляются различными системами и распространяются с помощью метаданных.

Для решения этих задач Комиссия будет использовать те же стратегии и средства, с помощью которых были достигнуты успешные результаты в прошлом:

- содействие в разработке стандартов,
- подготовка и публикация руководств по приборам и методам наблюдений,
- взаимные сравнения приборов,
- организация мероприятий по наращиванию потенциала, таких, как учебные практические семинары и технические конференции.

Она также продолжит активно сотрудничать с производителями приборов, в первую очередь по линии Ассоциации производителей гидрометеорологического оборудования (ПГМО) – с научным сообществом и другими международными организациями.

## Руководство КПМН

Комиссия уже готовит новый раздел для *Руководства по метеорологическим приборам и методам наблюдений* ВМО (Руководство КПМН) (ВМО-№ 8), касающийся стандартизации процедур и методов наблюдений со спутников. Руководство КПМН, которое впервые было опубликовано в 1954 г., касается стандартизации процедур и методов наблюдений и обеспечивает всесторонние и актуальные руководящие указания по наиболее эффективным практикам выполнения метеорологических наблюдений и измерений. Оно содержит руководящие указания по измерению переменных величин, касающихся погодных и климатических применений, а также применений, связанных с измерением параметров окружающей среды (озон, состав атмосферы), морей/океанов и водного режима (осадки, испарение, влажность почвы).

По мере того, как появляются новые технологии и методы наблюдений, Руководство КПМН необходимо обновлять, поэтому регулярно осуществляется подготовка актуальных обновлений. Это не означает, что прежние технологии и методы не принимаются в расчет. Освоенные технологии проверяются временем, в силу этого получают поддержку КПМН и рассматриваются на предмет включения в Технический регламент в рамках Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ).

## Совершенствование измерений посредством взаимных сравнений

Взаимные сравнения приборов являются одним из основных видов деятельности КПМН. До настоящего времени внимание было сконцентрировано на взаимном сравнении наземных систем наблюдений с тем, чтобы повысить их качество и рентабельность посредством предоставления странам – членам ВМО и производителям консультативной помощи и рекомендаций, касающихся эффективности функционирования и улучшения приборов и методов наблюдений. Страны – члены ВМО используют отчеты о проводимых КПМН взаимных сравнениях для выбора и утверждения приборов, которые лучше всего подходят для удовлетворения их конкретных потребностей. Взаимные сравнения КПМН также стимулируют производителей постоянно улучшать свои системы.

Потребности в проверке и взаимном сравнении приборов росли одновременно с ростом наличия и разнообразия

высококачественных приборов различной конструкции, выпущенных разными производителями, которые также использовали различные принципы измерения. Оценка эффективности, точности и полезности приборов в различных условиях окружающей среды и климата во многих случаях является единственным способом определить их функциональную совместимость и обеспечить сопоставимость данных, полученных с их помощью. Сегодня процесс взаимных сравнений имеет еще большую значимость, так как необходимы улучшения, чтобы уменьшить неопределенности изменений для поддержки предоставления климатического обслуживания.

Первое взаимное сравнение методов измерений твердых осадков началось в Северном полушарии зимой 1986–1987 гг. и было сконцентрировано в основном на ручных измерениях снега. Но в настоящее время ряд НГМС находятся в процессе перехода к использованию автоматических систем измерения твердых осадков. Сегодня необходимы руководящие указания по оценке работы этих автоматических приборов, а также информация о том, как автоматические методы работают в сравнении с ручными методами, чтобы объяснить возможные разрывы в рядах климатических данных, наблюдаемые во время внесения изменений в системы наблюдений. В этой связи КПМН недавно инициировало новое взаимное сравнение – эксперимент ВМО по взаимному сравнению измерений твердых осадков (SPICE), по результатам которого будут документально зафиксированы различия между автоматическими системами и между автоматическими и ручными измерениями твердых осадков с использованием в равной мере незащищенных/защищенных осадкомеров, в том числе с учетом выбора места их установки и их компоновки и комплектации. По результатам SPICE также будет(ут) рекомендована(ы) соответствующая(ие) полевая(ые) эталонная(ые) система(ы) для автоматического необслуживаемого персоналом измерения

*Используемый для взаимных сравнений эталон с двойной заборной защитой с автоматическим дождемером, выполняющим функцию эталонной системы для целей SPICE*

Осмо Ауламо

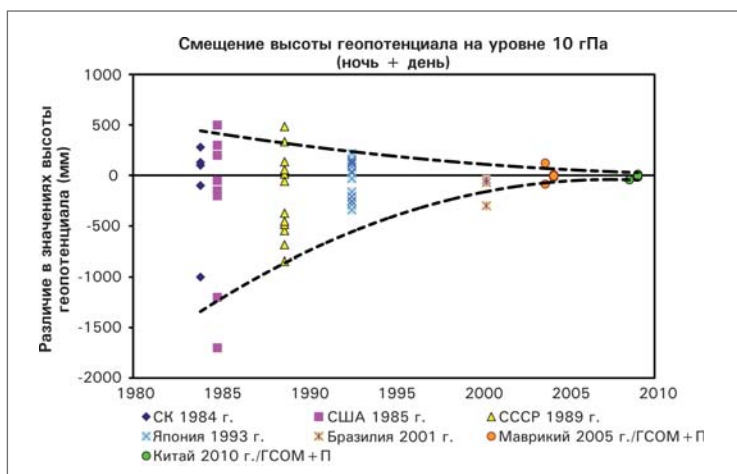


Родика Ниту, Канада



*Испытательные полигоны SPICE*





*Смещение высоты геопотенциала на уровне 10 гПа по результатам сравнения 7 радиозондов (одновременные измерения). Двумя пунктирными линиями показан диапазон качества для всех отдельных результатов*

твердых осадков в условиях холодного климата и холодного времени года и предоставлены методологические рекомендации в отношении эксплуатации современных автоматизированных систем для измерения осадков и высоты снежного покрова в условиях холодного климата для всех времен года.

Системы дистанционного зондирования, такие, как радиолокаторы, профилометры ветра и системы обнаружения молний, также все больше и больше используются и, вполне вероятно, окажутся в центре внимания будущих взаимных сравнений ВМО. КПМН уже

проводит взаимное сравнение алгоритмов контроля качества радиолокационной информации и количественной оценки осадков (RQOI). Его цель заключается в том, чтобы оформить документально и провести обмен наилучшими методами контроля качества данных, полученных с наземных доплеровских метеорологических радиолокаторов, в первую очередь для количественной оценки осадков при различных сценариях использования радиолокаторов и в различных условиях погоды и окружающей среды, а также для разработки параметров качества данных, которые будут применяться на глобальном и региональном уровнях.

Также КПМН скоро включит в сферу деятельности по взаимному сравнению системы наблюдений, установленные на борту воздушных судов, и системы наблюдений космического базирования. Чтобы отреагировать на потребности стран – членов ВМО ей также придется провести взаимное сравнение единообразия измерений при переходе с одной системы на другую. Эти изменения необходимы с тем, чтобы в будущих взаимных сравнениях КПМН можно было учесть рост использования данных дистанционного зондирования, наблюдений с борта воздушных судов и спутниковых наблюдений и оценить эффективность работы этих систем.

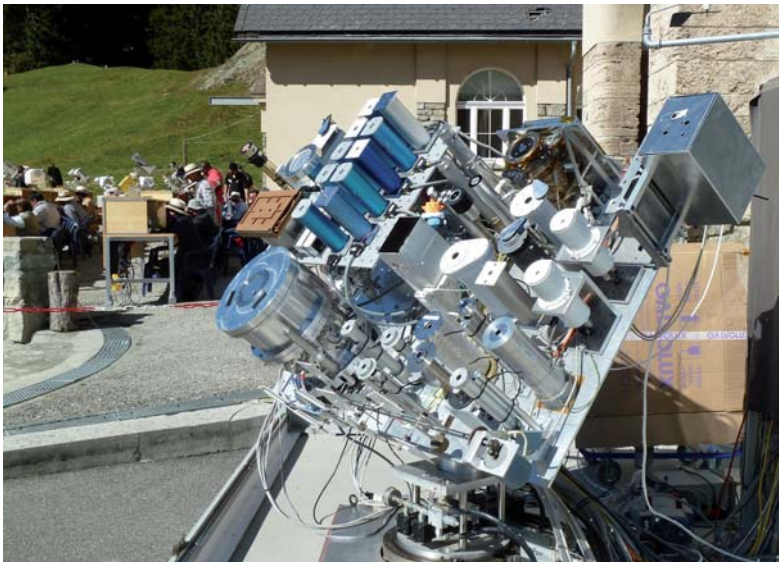
### Сотрудничество с партнерами

На протяжении многих лет там, где было возможно сотрудничество, КПМН устанавливала партнерские связи с другими международными организациями для достижения общих целей. Сюда относится сотрудничество с *Международным бюро мер и весов (МБМВ)*, *Международной организацией по стандартизации (ИСО)* и непосредственное участие экспертов КПМН в исследованиях по метрологии, таких, как исследования в рамках Европейской программы исследований в области метрологии (EMRP).

*Взаимное сравнение радиозондов КПМН, Янцзян, Китай, 2010 г. Первое международное взаимное сравнение радиозондов проводилось в 1950-х гг. По результатам двух последних взаимных сравнений радиозондов был сделан вывод, что для радиозондов ГСОМ не требуется датчиков давления. Это в конечном итоге должно снизить цены на некоторые виды радиозондов.*







*Устройство слежения за солнцем в ФМОД с радиометрами Группы международных эталонов (справа внизу) и криогенным радиометром (слева внизу)*

### **Сотрудничество с МБМВ: Эталонный стандарт для измерения солнечной радиации**

Для обеспечения качества и долгосрочной стабильности наблюдений необходимо обеспечить возможность связи результатов наблюдений с общепризнанными эталонными стандартами. По этой причине КПМН выступает в поддержку процедур и эталонных стандартов, установленных МБМВ для обеспечения единства результатов измерений с Международной системой единиц (известной по ее сокращенному названию на французском языке как СИ).

Солнечная радиация является ключевым компонентом энергетического баланса Земли. В этой связи в контексте мониторинга/оценки изменения климата точные измерения солнечной радиации в течение длительных периодов времени имеют важнейшее значение для понимания наблюдаемых физических процессов и для определения первопричин изменений климата. КПМН координировала разработку эталона для измерения солнечной радиации, Мирового радиометрического эталона. Эталон, используемый с 1979 г., хранится в Физико-метеорологической обсерватории в Давосе (ФМОД), которая также выполняет функции Мирового радиационного центра ВМО.

Физически этот эталон представлен группой приборов для измерения радиации, которая называется Группой международных эталонов. Но технология совершенствуется и, возможно, в будущем криогенные радиометры смогут лучше определять, к какой шкале следует привязать измерения солнечного излучения. ФМОД разрабатывает такие радиометры. КПМН продолжит сотрудничество с МБМВ и ФМОД, чтобы оценить эффективность этих новых технологий и определить, во-первых, необходимы ли изменения в реализации Мирового радиационного эталона Группой международных эталонов, и, во-вторых, можно ли более точно охарактеризовать результаты измерений солнечной радиации, если их

привязать непосредственно к Международной системе единиц. Это может иметь далеко идущие последствия, так как с 1979 г. все результаты измерений солнечной радиации привязаны к Мировому радиометрическому эталону. Очевидно, что это создаст проблемы с непрерывностью данных в контексте климатических применений, которые требуют тщательного рассмотрения.

### **Сотрудничество с ИСО: На пути к первому стандарту ВМО-ИСО**

Эксперты КПМН участвуют в разработке стандартов ИСО, например, в разработке проекта стандарта для наземного дистанционного зондирования с помощью ветровых доплеровских лидаров и в недавно предложенной разработке общего стандарта ВМО-ИСО на основе разработанной ВМО классификации выбора места для станций метеорологических наблюдений на суше. Эта классификация используется для оценки качества измерений, которые поступают от различных сетей, вносящих вклад в ИГСНВ, включая сети, не имеющие отношения к ВМО, и, вероятно, окажет значительное влияние на мониторинг изменчивости и изменения климата.

Вероятно, предлагаемый общий стандарт окажется одним из первых общих стандартов. Для метеорологического сообщества достаточно того, чтобы стандарт ВМО был опубликован в регламентных документах, таких, как наставления и руководства ВМО, однако в том, что какой-то стандарт опубликован в качестве общего стандарта ВМО-ИСО, есть дополнительные преимущества. Будучи опубликованными, такие стандарты попадут в поле зрения других сообществ, заинтересованных в метеорологических измерениях, но необязательно осведомленных о существовании публикаций ВМО, таких, как Руководство КПМН.

Разработанная ВМО классификация выбора места для станций метеорологических наблюдений на суше является хорошим примером. Ряд организаций выполняют метеорологические наблюдения по своим собственным

соображения, например, организации, осуществляющие деятельность по эксплуатации автострэд, заинтересованы в информации о метеорологических условиях вдоль дорог, находящихся в их ведении. Частные кампании или отдельные лица, производящие метеорологические измерения для своей собственной цели, могут также выразить желание поделиться своими данными с НГМС, но данные, которые они предоставляют, могут иметь разное качество. НГМС начали использовать данные третьих сторон, обладающие большим потенциалом, но эти данные необходимо тщательно обработать, так качество данных и условия, в которых производились измерения, как правило, не известны. Такие компании могут не знать о последних разработках, практиках и рекомендациях, которыми пользуется метеорологическое сообщество и ВМО. Публикация классификации выбора места для станций метеорологических наблюдений на суше в качестве общего стандарта ВМО-ИСО поможет охватить эти компании, повысить качество метеорологических наблюдений в целом и обеспечить руководство по методам, используемым для различных видов метеорологических наблюдений.

КПМН продолжит проводить оценку дополнительных преимуществ, которые может повлечь за собой общий стандарт ВМО-ИСО, и будет участвовать в проектах подобного рода, рассматривая целесообразность участия в каждом конкретном случае.

### **Развитие потенциала и информационно-просветительская деятельность**

Развитие потенциала и информационно-просветительская деятельность имеют важнейшее значение для сокращения разрыва между развитыми и развивающимися/наименее развитыми странами. Эта ключевая деятельность КПМН сохранит свою значимость в будущем, особенно в контексте растущей автоматизации и комплексности систем наблюдений, а также постоянно развивающемся контексте изменения климата. Деятельность КПМН по развитию потенциала включает следующее:

- публикацию и распространение руководств и отчетов;

- организацию Технической конференции по приборам и методам наблюдений в области метеорологии и окружающей среды (ТЕКО) в сочетании с выставками метеорологических приборов;
- учебные программы, разработанные с целью устранения крупных недостатков, влияющих на качество данных. Учебные лекции публикуются в качестве отчетов, чтобы обеспечить их широкое использование, а специализированные региональные практические семинары проводятся с целью обучения технических специалистов, например, семинары по аэрологическим наблюдениям, по метрологии и калибровке;
- укрепление региональных центров по приборам, региональных центров по морским приборам и региональных радиационных центров и информирование стран-членов о видах обслуживания, которые эти центры могут предоставить для обеспечения единства их стандартов с СИ.

### **Более столетия прогресса**

Со времени создания ППМН сфера ее охвата значительно расширилась, обеспечивая обслуживание по всему миру в области приборов и стандартов измерения. Она является важной структурной опорой в работе ВМО в области метеорологии, климата и гидрологии. По мере того, как глобальное сообщество продолжает наращивать масштабы научного сотрудничества, работа в этой области продолжает успешно развиваться, чтобы не отставать от постоянно растущего спроса на новые и высококачественные данные измерений атмосферы и окружающей среды по всему миру, такие, как данные, которые необходимы для Глобальной рамочной основы для климатического обслуживания и Глобальной службы криосферы. Успех КПМН будет, конечно, продолжать базироваться на работе экспертов из стран – членов ВМО, которые отдают достижению этого успеха свое время и усилия.

Информацию о КПМН и Программе ВМО по приборам и методам наблюдений можно найти по адресу: [www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/IMOP-home.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/IMOP-home.html).



*Учебный практический семинар КПМН*

# Стипендии ВМО: Развитие практических навыков прогнозирования



Эвард Б. Уиссе (Либерия), Альфа М.М. Диалло (Сенегал), Калумбет Ирэн Б. (Танзания),  
Ньяга Дж. Уанджои (Кения)

Два основополагающих требования для эффективной работы Всемирной службы погоды (ВСП) заключаются в адекватности людских ресурсов и физической инфраструктуры. Когда в 60-е гг. прошлого века была создана ВСП, эти два требования являлись наиболее серьезным препятствием для ВМО и ее партнеров на пути создания основы эффективного сотрудничества в области глобального мониторинга погоды. С момента создания ВСП ВМО сотрудничает с самыми разными партнерами, чтобы своевременно удовлетворять потребности развивающихся стран в людских ресурсах посредством Программы образования и подготовки кадров. Используя стратегические меры, оказывается большая поддержка странам по расширению их возможностей в области людских ресурсов и инфраструктуры. Одним из примеров является сотрудничество ВМО с Китаем, в рамках которого ВМО помогает в подготовке кадров и проведении научных исследований в области гидрометеорологии и расширении регионального мониторинга и защиты окружающей среды, особенно в Африке. В рамках этого соглашения стипендиаты ВМО получили возможность обучаться в Университете информационных наук и технологий в Нанкине. Группа стипендиатов ВМО, которые только что воспользовались преимуществами такого обучения, делятся в этой статье своим опытом.

## Зачем нужны стипендии

Прогнозирование погоды является областью применения науки и техники для прогноза состояния атмосферы для данной местности. Оно требует от специалистов-практиков делать выводы исходя из неопределенностей, что является нелегкой задачей. Оно требует восприятия, понимания и перспективной оценки информации, что на языке метеорологов называется анализом, диагностикой и прогнозом. Методы прогноза, используемые в Кении, Либерии, Сенегале и Танзании – наших родных странах, главным образом связаны с изменением температуры, ветра, осадков и атмосферного давления. С другой стороны, Китай проводит более глубокий анализ значительно большего количества параметров, придерживаясь поэтапного процесса с целью получения точных прогнозов погоды. Поэтому мы решили покинуть

свои дома, чтобы пройти трехмесячное обучение прогнозированию в 2012 году с предоставлением стипендий, при финансовой поддержке Китайского метеорологического управления (КМУ) и ВМО.

## Процедуры прогнозирования в Китае

В последние 20 лет в Китае отмечается удивительный научно-технический прогресс, который оказывает огромное влияние на метеорологию, в частности способствуя проведению исследований и совместному использованию информации. В функции двух региональных метеорологических центров подготовки кадров КМУ в Пекине и Нанкине входят организация крупных метеорологических научно-исследовательских проектов и оказание помощи в применении проверенных результатов исследований к метеорологической деятельности при одновременном осуществлении руководства и координации процессами обучения и подготовки кадров в области метеорологии.

Китай располагает густой сетью станций приземных и аэрологических наблюдений. Это одна из немногих стран в мире, где одновременно используются группы геостационарных и полярно-орбитальных метеорологических спутников – спутники Фэн Юнь (ФЮ). Основной комплект данных, используемых для прогнозирования, который получен со спутников ФЮ2Д и ФЮ2Е, хранится на сервере центральной ЭВМ, к которому имеет доступ каждая метеорологическая станция в Китае, используя прогностическое программное обеспечение. Таким образом, каждая провинциальная станция может выпускать свои собственные прогнозы погоды под руководством отдела КМУ, собирающего всю информацию с этих станций, прежде чем делать прогнозы для каждого района страны.

В КМУ анализ данных и прогнозирование погоды включают задачи, выполняемые вручную, например, анализ карт, и автоматические функции, такие, как указание синоптических данных наблюдений для приземного слоя и верхней атмосферы на крупномасштабных картах с помощью специализированного принтера и нанесение изолиний. Синоптики выполняют контроль качества всех данных. Для повышения точности прогнозов



проводится анализ карт Plog-p, розы ветров, спутниковых и радиолокационных изображений, а также обсуждение продукции численных прогнозов погоды. Выходная продукция модели включает продукцию ЕЦСПП, Японии, Германии и местных численных моделей, которая сравнивается с анализом, выполненным синоптиком.

КМУ принимает все возможные меры, чтобы минимизировать погрешности. Густая сеть метеорологических станций КМУ использует стандартные требования ВМО к точности в считывании и записи данных метеорологических приборов. Для минимизации субъективной погрешности они сочетают использование автоматических метеорологических станций и станций с ручным управлением. Чтобы свести к минимуму ошибки наблюдений, приборы постоянно проверяются. Для измерения нисходящего и восходящего ветров строятся станции в горных районах. Перечень этих мер обширен.

Совсем иная ситуация наблюдается в большинстве наших стран с малым количеством работающих метеорологических радиолокаторов и профилометров для измерения ветра в верхних слоях атмосферы. Им также необходимо усовершенствовать свою сеть метеорологических станций для расширения возможностей в области прогнозирования.

### Подготовка кадров и социальный опыт в КМУ

В течение трехмесячного курса разные профессора и преподаватели читали нам лекции по прогнозированию; некоторые из них главное внимание уделяли основным понятиям, тогда как другие брали на себя смелость знакомить нас с более практическими предметами, давая более глубокие знания по таким темам, как метеорологический радиолокатор и спутниковая метеорология. Это позволило укрепить наши знания в области метеорологии и усовершенствовать процедуры анализа погоды, а также открыло для нас новые горизонты, предоставляя нам разнообразные пути применения полученных знаний.

Каждое утро мы смотрели прогноз погоды Центральной метеорологической обсерватории и тем самым учились оценивать процесс прогнозирования и важность совершенствования прогностических навыков. Обсуждения погоды в реальном времени и обмен мнениями с преподавателями оказались бесценным опытом для нас и помогли нам увидеть недостатки наших методов прогнозирования. Этот опыт был вдохновляющим и приятным благодаря стараниям преподавателей, организовавших туристические походы, совместные ужины и игры – все это создавало дух сотрудничества и способствовало объединению студентов и организаторов курсов КМУ. Мы уверены, что дружба, которая с этого времени у нас возникла с коллегами-синоптиками из Китая, будет длительной и прочной.

Мы вернулись домой с еще большей уверенностью в том, что метеоролог-прогнозист – это превосходная профессия, поскольку точный прогноз может эффективным образом снизить опасность бедствий

и защитить жизнь и имущество, и мы горды тем, что можем внести в это свой вклад.

### Сложные проблемы, стоящие перед нами



**Обучение** – Существует определенная потребность в наращивании потенциала в области метеорологии с целью усовершенствования и развития методов прогнозирования в наших странах, и нам хотелось бы проявить активность в этой сфере.

Те из нас, кто живет в странах, не имеющих инфраструктуры для подготовки кадров в области метеорологии, планируют разработать предложения по ее созданию. А те, кто живет в странах с имеющейся инфраструктурой, будут вносить предложения относительно того, как обновить и усовершенствовать предлагаемое обучение. Опытные и квалифицированные прогнозисты в наших странах должны иметь возможность поделиться своими знаниями с другими; это было бы выгодно для всех. Будут предлагаться механизмы для продолжения сотрудничества с Китаем и другими ведущими метеорологическими организациями с целью расширения обучения прогнозистов, а также создания средств обмена знаниями для стажеров из других стран.



**Информированность** – Коллеги в наших странах также недооценивают важную роль метеорологии. Опыт, полученный в Китае, позволил нам понять ее роль, и важно сделать так, чтобы общество это тоже осознало. Необходи-

мо повысить качество существующих маркетинговых и рекламных обращений и увеличить частоту проведения метеорологических семинаров. Национальным средствам массовой информации следует направлять пользователям прогностической продукции более целостные и целенаправленные сообщения, так как прогнозы бессмысленны, если они не доходят до целевого потребителя. Следует использовать больше средств для коммуникации, таких, как социальные сети и сети мобильных телефонов.



**Консультация с соответствующим органом власти** – Для совершенствования коммуникации следует создать эффективную консультативную структуру, с помощью которой информация может передаваться от высшего руководства к прогнозистам и в обратном направлении.



**Сотрудничество с другими странами** – Международное сотрудничество между соседними африканскими странами также могло бы быть выгодным в разных областях – от совместного использования данных до совершенствования

методов прогноза и создания центрального узла сбора информации, куда могли бы передавать свои прогнозы местные метеорологические станции.

Продукцию численных прогнозов погоды, получаемую в Китае и других странах, можно было бы использовать сообща с целью сравнения прогнозов погоды. В настоящее время иностранные модели численных прогнозов погоды изготавливаются с учетом наших требований, чтобы работать в наших странах, однако следует предпринять усилия, чтобы предложить новые модели, специально созданные для каждой конкретной страны. Это помогло бы усовершенствовать прогнозирование.

## Перспективы на будущее

Учитывая вышеперечисленные проблемы, становится ясно, что многое еще предстоит сделать в наших странах. Приоритетным вопросом является осуществление научной концепции, с которой мы познакомились, для обеспечения целевого метеорологического обслуживания населения. Опыт, полученный в КМУ на протяжении трех месяцев (с середины лета до осени), был весьма успешным, так как сейчас мы чувствуем себя гораздо более уверенными в отношении своих прогностических навыков. Мы считаем, что распространение полученных знаний в Африке может еще больше расширить возможности прогнозирования в Африке и во всем мире. Мы обогатили наши знания и сейчас имеем доступ к более разветвленной сети



профессиональных партнеров, с которыми можем работать для улучшения международного сотрудничества в рамках Всемирной службы погоды и других служб, находящихся в ведении ВМО, которые необходимы ее странам-членам.

## Выражение признательности

Нам хотелось бы выразить признательность руководству Национального метеорологического центра и ВМО за предоставленную возможность обучения. Выражаем глубочайшую благодарность Китайскому метеорологическому управлению, ее преподавателям и сотрудникам за хорошо организованные учебные курсы, благодаря которым мы получили серьезные знания в реальных условиях работы.

## Призыв к внесению взносов в фонд стипендий

Метеорологическая информация играет решающую роль в развитии общества. Понимание метеорологических и климатических условий важно для создания безопасной окружающей среды и экономического процветания общества. Очень важно, чтобы метеорологический персонал был квалифицированным и хорошо обученным, так как он является основой национальных метеорологических служб. Опытные прогнозисты, а также специалисты в области информационных технологий и связи играют жизненно важную роль в том, чтобы обеспечить гарантированный и своевременный доступ к метеорологической информации для всех, кто в ней нуждается.

Если штат метеорологических служб в развитых странах может насчитывать сотни человек, включая специалистов из разных смежных областей (например, агрометеорология, неблагоприятные метеоусловия, транспорт и т.д.), то в развивающихся странах в этой сфере зачастую занято минимальное количество персонала и не хватает

знаний и навыков в специализированных областях. К последним относится способность эффективно обслуживать свои сообщества информацией, необходимой для принятия обоснованных решений, касающихся не только повседневной жизни, но часто и экономического выживания и противостояния стихийным бедствиям.

Чтобы удовлетворять растущие потребности развивающихся стран – членов ВМО в оказании помощи в области развития кадрового потенциала, по просьбе этих стран ВМО выступила с призывом содействовать увеличению количества стипендий, которые присуждаются ВМО в рамках Стипендиальной программы ВМО.

Намереваясь поддержать наших коллег из развивающихся стран, мы просим **ВАС** принять участие в этом. Помогайте обучать существующих специалистов-практиков и молодые таланты и будьте их поддержкой. Поддержите Стипендиальную программу ВМО и внесите персональное пожертвование в Стипендиальный фонд ВМО на [www.wmo.int/pages/prog/dra/rmo/WMDappeal.php](http://www.wmo.int/pages/prog/dra/rmo/WMDappeal.php).

# Оценка инвестиций в системы обработки данных и прогнозирования

## Выводы на основе опыта КМА



Ву Джинь Ли<sup>1</sup>

Тремя основными оперативными компонентами систем получения ежедневной метеорологической продукции являются наблюдения в реальном времени и сбор данных, каждодневный глобальный обмен данными и информацией и систематическая оперативная обработка данных для выполнения метеорологических анализов, численных прогнозов погоды (ЧПП), прогнозов погоды и предупреждений. Таким образом, эти три компонента – Глобальная система наблюдений (ГСН), Информационная система ВМО (ИСВ) и Глобальная система обработки данных и прогнозирования (ГСОДП) – сформировали основу системы Всемирной службы погоды (ВСП).

Эти системы требуют существенных инвестиций, чтобы удовлетворять потребности общества в целевой метеорологической и климатической информации для смягчения опасности бедствий и спасения жизни и имущества. Стоит ли обслуживание, которое получает общество, этих инвестиций? Можно ли оценить метеорологическое обслуживание, чтобы измерить рентабельность инвестиций? Корейская метеорологическая администрация (КМА), инвестировав большие средства в свою систему обработки данных и прогнозирования (СОДП), помимо прочих функций, взяла на себя обязанность оценивать работу этой системы. Инвестиции были сделаны в следующие области: современная технологическая инфраструктура и научные знания в различных областях, включая телекоммуникацию, автоматизированные системы сбора данных наблюдений, средства управления данными – хранение, поиск, обработка и манипуляция, контроль качества, автоматизированная система контроля и планирования производства ЧПП, расчет и техническое обеспечение ЧПП и высокотехнологичная система визуализации и интеграции данных. Какова же цена метеорологического и климатического обслуживания, ежедневно предоставляемого населению?

Относительная роль метеорологической информации в повседневной жизни зависит от характера деятельности человека, климатических условий и уровня

социально-экономического развития страны. Каждая национальная метеорологическая служба функционирует в своей уникальной национальной среде, включающей экономические условия, восприятие обществом погоды и климата, ее место среди широкого диапазона приоритетных задач государства, процессы принятия решений относительно государственного финансирования, заинтересованность и вера общества в эффективность мер по предотвращению и смягчению последствий бедствий в сравнении с восстановительными мероприятиями после бедствия и т.д. Однако выводы исследования КМА актуальны для всех служб. Как показало исследование, уровень предоставляемого КМА обслуживания, благодаря ее инвестициям в СОДП, получил высокую оценку, и отмечена польза этого обслуживания для общества.

### Инвестиции в обработку данных и прогнозирования

СОДП имеет отношение к комплексным техническим навыкам и технологической цепочке, которые необходимы для подготовки ЧПП во всех временных масштабах и включают усвоение данных, интеграцию численных моделей атмосферы, дополнительную обработку данных наблюдений и прогнозов, интерпретацию выходной продукции модели и выпуск прогнозов погоды и предупреждений. КМА вкладывает средства в развитие СОДП в течение нескольких десятилетий, и техническая инфраструктура системы прошла разные стадии развития, от графической интерпретации выходной продукции ЧПП и применения выходной продукции бинарной модели до реализации региональной модели ЧПП с боковыми граничными условиями, полученными из других центров, и реализации региональной модели с системой усвоения данных для ввода данных наблюдений в реальном времени, что позволило достичь высшей стадии реализации глобальной модели с четырехмерным вариационным усвоением данных (4D-Var).

В стратегическом отношении КМА сосредоточилась на двух принципиально новых областях. Первое – автоматизация телесвязи, ставшая основой системы

<sup>1</sup> Корейская метеорологическая администрация



обработки данных, и второе – приобретение первой суперкомпьютерной системы, установленной в 1999 году. Это приобретение отразило оказанную на национальном уровне поддержку установки и применения ультрасовременной численной модели атмосферы по ограниченному району (ЛАМ) на суперкомпьютерной системе и проложило путь к созданию группы по атмосферному моделированию, что в свою очередь повлекло за собой дополнительную финансовую поддержку разработки и применения программного обеспечения для удовлетворения многих потребностей страны. Поддерживая работу этих элементов до настоящего времени, КМА укрепила ресурсы СОДП, внедряя достижения технического прогресса и вкладывая средства в молодых ученых, которых привлекла инновационная технологическая атмосфера, сложившаяся в КМА. Это позволило производить более актуальную оперативную продукцию и услуги для удовлетворения постоянно растущей потребности в метеорологических и экологических прогнозах.

## Социальная среда

Как сказано выше, оценка метеорологической и климатической продукции и обслуживания общества зависит от социально-экономических условий и условий окружающей среды. КМА обслуживает население, проживающее в районе, подверженном воздействию стихийных бедствий. Корея подвергается воздействию различных суровых метеорологических явлений, от которых страдают страны, расположенные на средних широтах. К таким явлениям относятся сильные дожди и метели, тропические циклоны, азиатские песчаные и пыльные бури, сильные грозы с сильным ветром, град, молния и экстремальные температуры. В летний период сильные дожди над Корейским полуостровом обусловлены тропическими циклонами. Сложный рельеф, занимающий 70 % территории страны, и уникальная географическая среда, на которую оказывают влияние азиатский континент и Тихий океан, усугубляют сложность среднеширотного климата страны и осложняют задачи по защите ее населения и экономической деятельности от метеорологических воздействий и экстремальных явлений.

Густонаселенные территории крупных городов и промышленные районы, а также комплексная демографическая и социальная среда ставят сложные задачи перед системами прогноза погоды и прогнозистами КМА.

## Технические показатели

Оценку СОДП следует рассматривать с двух точек зрения – оценки технических показателей и их связи с экономическими условиями. Для оценки технических показателей можно эффективно использовать стандартные меры проверки, применяемые в рамках Комиссии по основным системам ВМО (КОС), а также другие меры. Для выражения результатов проверки в денежной форме требуется дальнейший пересчет, включая допущения, чтобы создать информацию с объявленной стоимостью, которая обуславливает объем производства продукции; в принципе, продукция и услуги должны быть связаны с их потреблением в обществе.

К отличительным свойствам прогнозов погоды относятся достоверность или надежность, последовательность, точность и заблаговременность прогноза – каждое свойство отражает отдельные аспекты технических показателей. Связав технические показатели с эксплуатационными расходами, можно дать оценку инвестиций в СОДП и относительную оценку, связанную с различными свойствами. Проверка точности является самой общей объективной мерой и поддерживается всеми центрами численных прогнозов погоды ВМО.

Польза СОДП с точки зрения точности наиболее очевидно проявляется в результатах, полученных в последнее время в Европейском центре среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП). Среднеквадратичная ошибка (СКО) глобальной модели ЕЦСПП на уровне 500 гПа свидетельствует об улучшении результатов за последние десятилетия, особенно для Южного полушария, и среднесрочных прогнозов. Такие же тенденции с более высоким темпом улучшения со временем можно будет увидеть в результатах ЧПП в КМА. Текущая СКО для пятидневных прогнозов сопоставима с ошибкой для



Пример графического изображения прогноза с пространственным разрешением  $5 \times 5$  км на веб-странице КМА ([www.digital.go.kr](http://www.digital.go.kr))

трехдневных прогнозов 10 лет назад. За последнее десятилетие прогнозируемость увеличилась на два дня.

Повышение точности частично обусловлено исследованиями и разработками в области усвоения спутниковых данных и параметризации физических процессов, а частично связано с быстрой передачей технологий из передовых метеорологических центров. Частая модернизация суперкомпьютеров в последнее десятилетие также способствовала повышению качества модели. Достижения в области моделирования с высоким разрешением позволили повысить эффективность предупреждений о сильных осадках и достичь успехов в области развития средств прогнозирования текущей погоды, методов применения радиолокационных данных и методов мультимодельных ансамблевых прогнозов.

Успехи в области прогнозирования траекторий тропических циклонов, включая увеличение заблаговременности, позволили значительно повысить эффективность прогнозов и ранних предупреждений о предполагаемых сильных осадках с заблаговременностью до пяти дней. Совершенствование СОДП и расширение сети станций наблюдений также позволили предоставлять новые виды обслуживания для населения. Например, прогнозы для деревень на пятикилометровой сетке стали возможными, когда разрешение и точность региональных моделей достигли приемлемого качества. В настоящее время КМА каждый час корректирует прогнозы для деревень на основе выполняемых человеком интерпретаций базы данных численных прогнозов по десяти метеорологическим элементам, включая температуру, осадки, ветер и относительную влажность.

О социальной пользе инвестиций в СОДП можно судить по обследованиям уровня удовлетворенности пользователей, которые являются косвенным показателем ценности инвестиций в СОДП. Такие обследования КМА проводит два раза в год. Индексы удовлетворенности пользователей, полученные на основе обследований в период 2007–2011 гг., составляют 60–80 % для краткосрочных прогнозов и предупреждений и показывают несколько более низкий уровень удовлетворенности для недельных прогнозов. За последние пять лет индекс удовлетворенности постепенно повысился на 11,8 баллов для краткосрочных прогнозов, на 20,6 баллов – для среднесрочных прогнозов и на 12,3 баллов – для предупреждений. Кроме того, более двух третей населения для повседневного принятия решений пользуются прогнозами с заблаговременностью 1–3 дня.

## Цена прогнозов и предупреждений

КМА предоставляет суточные прогнозы и предупреждения гражданам и гостям Кореи для защиты их жизни и имущества от неблагоприятной погоды и климата, что и полагается делать национальной метеорологической службе. Это включает недельные прогнозы и прогнозы с расширенным сроком действия по температуре, ветру и осадкам, а также различные предупреждения

об обильном дожде или снеге, сильном ветре, сильных грозах, штормовых нагонах и тропических циклонах.

По результатам обследований и на основе экономических исследований, проводимых КМА, средняя корейская семья готова ежегодно платить 20 424 корейских вон за метеорологическое и климатическое обслуживание, что в совокупности составляет 3 589 миллиардов корейских вон (или 3,3 миллиарда долларов США) в год. Это соответствует 145 % годового бюджета КМА. Потенциальная стоимость дополнительных усовершенствований государственных систем прогноза и предупреждений превышает 45 % годового бюджета КМА. Таким образом, только с точки зрения обслуживания населения выгода от инвестиций в прогностическую инфраструктуру КМА составляет примерно 1 119 миллиардов корейских вон (1,1 миллиард долларов США). Следует отметить, что этот показатель является заниженным, так как он не включает дополнительную стоимость расширенного обслуживания, предоставляемого коммерческим сектором.

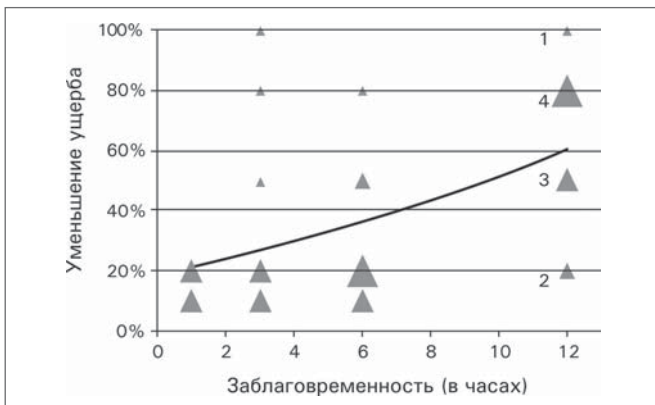
Ценность продукции прогнозов и предупреждений с гарантированным качеством грубо классифицируется как прямая и косвенная выгода. Своевременные и точные предупреждения напрямую способствуют уменьшению смертности и ущерба имуществу, инфраструктуре и жизнедеятельности от неблагоприятных метеорологических и климатических явлений, что в свою очередь приносит дополнительную косвенную выгоду коммерческому сектору. Однако в большинстве случаев эту косвенную выгоду нелегко выразить в денежной форме.

Считается, что меры физической защиты, такие, как дренажные и насыпные системы, дают быструю отдачу, тогда как меры по уменьшению уязвимости, такие, как более глубокое понимание рисков, системы раннего предупреждения и программы страхования, обеспечивают более отдаленную отдачу. Согласно исследованию Hallegatte (2012), отдача от инвестиций в системы раннего предупреждения в размере 1 миллиард долларов США достигает 36 миллиардов долларов США. Потенциальная прибыль превышает инвестиционные расходы в 4–36 раз.

Существует много поддающихся измерению характеристик прогноза, когда приходится выбирать между выгодой и потерями – инвестиции в улучшение одной характеристики означают потери для другой. Например, существует проблема выбора между заблаговременностью прогноза и надежностью предупреждений. Увеличение заблаговременности доставляемых предупреждений дает больше времени для принятия мер, однако повышает частоту нереализованных предупреждений, т.е. «частоту ложных тревог». Противоположная ситуация наблюдается в отношении надежных предупреждений, т.е. более низкая частота ложных тревог достигается при меньшей заблаговременности предупреждений. Шестичасовая заблаговременность предупреждений о паводках позволяет снизить ущерб на 35 %, тогда как 12-часовая заблаговременность снижает ущерб на 60 % (Schroter et al., 2008). В этом состоит сложность оценки стоимости

прогнозов и предупреждений относительно нескольких ключевых характеристик прогнозов.

Интересно отметить, что, как показали наблюдения, развивающиеся страны используют лишь часть всей потенциальной выгоды от систем раннего предупреждения. Страны с низким уровнем доходов получают лишь 10 % от максимальной выгоды, тогда как страны с уровнем доходов выше среднего получают 50 % (Hallegatte, 2012). Когда к высокоприоритетным областям политики относятся национальная безопасность, уменьшение опасности бедствий и устойчивое развитие, инвестирование в системы раннего предупреждения и прогнозирования приносит неоспоримую пользу.



Уменьшение ущерба в зависимости от заблаговременности.

Источник: Schroter et al. (2008).

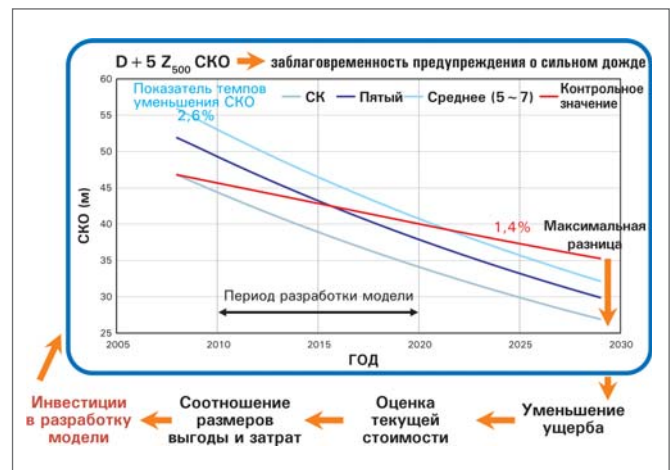
## Оценка инвестиций в численный прогноз погоды

А сейчас обратим наше внимание на анализ затрат и выгод в отношении разработок основного программного обеспечения для того, чтобы показать, как оценивать СОДП. С 2011 по 2019 год КМА будет разрабатывать модель ЧПП следующего поколения, продолжая сохранять при этом высокое качество прогнозов посредством непрерывной модернизации объединенной модели, приобретенной у Метеорологического бюро Соединенного Королевства. Этот проект требует дополнительных человеческих и финансовых ресурсов. Институт развития Кореи (KDI) оценил денежную стоимость проекта, используя показатели увеличения заблаговременности предупреждений. Процедура оценок схематично представлена на рисунке справа. Для оценки стоимости используется величина СКО для пятидневных прогнозов высоты геопотенциала на уровне 500 гПа. На основе показателя темпов уменьшения СКО, начиная с первоначальной СКО 2008 г., определены три экспериментальные траектории и одна контрольная траектория эволюции СКО.

Постоянный показатель уменьшения СКО в размере 2,6 % принимается для экспериментальных траекторий в случае осуществления разработки модели; этот показатель основан на средних величинах СКО в развитых центрах, имеющих самостоятельно разработанные модели (KDI, 2010). Различные первоначальные величины

СКО в 2008 г. приводят к разной эволюции СКО, показанной на экспериментальных траекториях. В противоположность этому более низкий постоянный показатель уменьшения СКО – 1,4 % – принимается для контрольной или «базовой» траектории; он основан на прошлом опыте при отсутствии в КМА самостоятельно разработанной модели. Основной интерес заключается в том, чтобы сравнить контрольную траекторию, берущую начало от исходной величины СКО в Метеорологическом бюро Соединенного Королевства (которое входило в число лучших глобальных центров ЧПП в 2008 г.), с обоснованной экспериментальной траекторией, начинающейся с исходного значения СКО в центре, занимающем пятое место, и с траекторией средних значений СКО в центрах, занимающих пятое и седьмое места в 2008 году.

Разницу в величинах СКО между контрольной и экспериментальными траекториями можно выразить в денежной форме. Соотношение между инвестициями в разработку программного обеспечения ЧПП и их влиянием на заблаговременность предупреждений о сильных дождевых осадках в течение летних месяцев оценивается на основе прошлых наблюдений КМА для определения уменьшения экономических потерь за счет более ранних предупреждений. Соотношение размеров выгоды и затрат для данного проекта составляет 1,1, т. е. это соотношение между текущей стоимостью общей прибыли в размере 79 миллиардов корейских вон (71 миллион долларов США) и инвестиционными расходами в размере 72 миллиардов корейских вон за период 2011–2029 гг., при этом денежная стоимость дисконтируется относительно настоящего периода времени по ставке 5,5 % в год.



Среднеквадратичные ошибки (СКО) для пятидневных прогнозов высоты геопотенциала на уровне 500 гПа, рассчитанные на период действия проекта по разработке модели (2010–2019) и до 2029 года включительно.

Помимо проекта разработки программного обеспечения ЧПП, для годовых инвестиций в инструментальные средства для прогностической системы требуется 7 миллиардов корейских вон, что, как предполагается, позволит увеличить выгоду до 600 миллиардов корейских вон. Предполагается, что увеличение заблаговременности



предупреждения на одну минуту эквивалентно уменьшению ущерба на 0,05 % (КМА, 2003), а повышение точности прогноза на 1 % приведет к снижению ущерба на 2 % (Park, 2002). Ожидается, что создание в новом здании КМА центра по предупреждению о тайфунах, укомплектованного экспертами и вспомогательным штатом из 20 специалистов, а также сопутствующие эксплуатационные расходы и финансирование исследований позволят сэкономить 240 миллиардов корейских вон, что в 13 раз превышает годовые эксплуатационные расходы. Предполагается, что уменьшение ущерба на 5 % может быть достигнуто за счет усовершенствования системы раннего предупреждения (Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, 2005).

### Привлечение денежных средств

Необходимо заручиться поддержкой директивных органов, включая законодателей и финансирующие организации, при выполнении важной задачи по информированию о ценности прогнозов и предупреждений, а также других метеорологических услуг. КМА активно привлекает государственных руководителей к выполнению ключевых пунктов программы для получения дополнительной поддержки со стороны различных государственных организаций и для создания как можно более широкого рынка метеорологической продукции и услуг с добавленной стоимостью (Kim and Renee, 2005). Инициатива «Зеленый рост» Корейского правительства поддерживает осуществление системы раннего предупреждения для снижения опасности бедствий и расширение масштаба использования климатической информации для сохранения энергии и производства возобновляемой энергии. Средства массовой информации играют большую роль, привлекая внимание бюджетных органов и национального собрания к необходимости инвестирования в СОДП, особенно в период восстановительных мероприятий после разрушительных последствий неблагоприятных погодных и климатических явлений.

Благодаря информационно-пропагандистским мероприятиям и привлечению инвестиций объем средств, предназначенных на метеорологические исследования в Корею, увеличился более чем в 10 раз с 1999 года. Объем финансирования удваивается каждые пять лет, что, как это ни удивительно, совпадает с циклами модернизации суперкомпьютеров для целей ЧПП. В результате этого значительно расширились исследования в области метеорологических наблюдений, прогнозирования, климата и морской метеорологии.

Ошеломляющий успех корейской системы обработки данных и прогнозирования обеспечивает твердую основу для развития других метеорологических составляющих. Это позволило увеличить объем финансирования прикладных исследований с использованием моделей и суперкомпьютеров, всесторонних комплексных исследований изменения климата, методов применения моделирования окружающей среды и качества воздуха, управления водными ресурсами, рационального использования энергии и геоинжиниринга.

Связывая успешные разработки и достижения КМА с приданием своей продукции и обслуживанию социальной ценности, следует предостеречь тех, кто намерен двигаться по тому же пути: постарайтесь не увеличивать потенциальную выгоду. Завысив выгоды в стремлении оправдать приобретение суперкомпьютера, КМА в течение нескольких лет подвергалась общественной критике, поскольку прогнозы погоды, соотносимые с инвестициями в суперкомпьютер, не смогли удовлетворить надежды общества на 100%-ную точность как фактически, так и с точки зрения представлений общества о качестве прогнозов.

### Выводы

Исследование КМА на конкретных примерах показывает важность инвестиций в СОДП в двух областях – технической и экономической. КМА стремится делиться своим опытом со странами – членами ВМО, добивающимися финансовой поддержки правительства или финансирующих организаций для дальнейшего развития своих СОДП. КМА совместно с Корейским агентством по международному сотрудничеству готова сотрудничать с центрами СОДП в развивающихся странах, чтобы делиться своими знаниями и опытом.

Глобальная система обработки данных и прогнозирования ВМО включает системы обработки данных и прогнозирования всех стран – членов ВМО, и она должна развиваться так, чтобы можно было совместно использовать прогностические данные и информацию в дополнение к отдельным национальным системам обработки данных и прогнозирования для удовлетворения потребностей как одной, так и нескольких стран.

### Литература

- Hallegatte, S., 2012: Early warning weather systems have very real benefits. <http://blogs.worldbank.org/developmenttalk>
- КМА, 2003: Optimization and effective operation of KMA super-computer, 202 pp.
- Korea Development Institute, 2010: Evaluation report for next-generation numerical weather prediction model development project (in Korean). 199 pp.
- Korea Institute of S&T Evaluation and Planning, 2005: A study for implementation of typhoon center and long term research planning (in Korean), 161 pp.
- Park, K.-H., 2002: The analysis of economic effects of KISTI super-computing center. Hankyong University paper series, 34, 37-45.
- Schroter, K., M. Orowski, C. Velasco, H.P. Nachtnebel, B. Kahl, M. Beyene, C. Rubin, and M. Gocht, 2008: Effectiveness and efficiency of early warning systems for flash-floods (EWASE). First CRUE ERA-NET Common Call – Effectiveness and efficiency of non-structural flood risk management measures, 137 pp.

# Открытая Всемирная метеорологическая научная конференция

17–21 августа 2014 года

Монреаль, Канада

Тема: Научные исследования в области прогнозирования погоды и состояния окружающей среды

В прогнозировании погоды достигнуты огромные успехи. Благодаря исследованиям и развитию еще более усовершенствованной инфраструктуры в областях телекоммуникации, компьютеризации и систем наблюдения успешность прогноза в некоторых случаях превышает 10 дней. В настоящее время предупреждения о неблагоприятных метеорологических явлениях выпускаются с многодневной заблаговременностью. Одновременно, отчасти благодаря этим достижениям, потребности пользователей стали более разнообразными и в настоящее время охватывают на регулярной основе продукцию с прогнозом состояния окружающей среды касательно качества воздуха или гидрологических процессов.

На протяжении последних десятилетий ряд важных международных программ научных исследований сыграли большую роль в поддержке сотрудничества, необходимого для достижения успехов, прежде всего таких программ, как Всемирная программа метеорологических исследований ВМО (ВПМИ) и ТОРПЭКС. По мере развития науки возникают важные вопросы, такие, как возможные источники предсказуемости на неделю, месяц и более долгие сроки; интегрированное прогнозирование; и эффективное использование массово-параллельных суперкомпьютеров.

На Открытой Всемирной метеорологической научной конференции будут рассматриваться быстро меняющиеся научные и социально-экономические факторы, определяющие развитие метеорологической науки, с тем, чтобы:

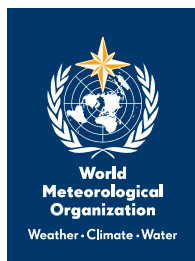
- провести обзор состояния знаний в области метеорологической науки и науки прогнозирования погоды и посредством этого подтвердить перспективный план, касающийся наследия ТОРПЭКС;
- изучить многочисленные применения прогнозов погоды на предмет их использования для целей, связанных с естественной окружающей средой;
- оказать содействие новому поколению ученых-исследователей, которые могут внести свой вклад в разработку новых и усовершенствованных моделей прогнозирования состояния системы Земля;
- повысить общественную значимость и важность активной и динамичной исследовательской деятельности в области мировой метеорологической науки в государственном и частном секторах в соответствии с потребностями оперативных метеорологических служб и соответствующих заинтересованных сторон.

Более подробную информацию можно получить на сайте:

[www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/OSC\\_Montreal\\_2014\\_main\\_page.html](http://www.wmo.int/pages/prog/arep/wwrp/new/OSC_Montreal_2014_main_page.html)

или обратиться по адресу:

World Weather Research Programme  
c/o World Meteorological Organization  
7 bis, avenue de la Paix – PO Box 2300  
CH 1211 Geneva 2 – Switzerland  
Tel.: +41(0)227308111–Fax: +41(0)227308181  
E-mail: [cpa@wmo.int](mailto:cpa@wmo.int) Website: [www.wmo.int/wwrp](http://www.wmo.int/wwrp)





**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