

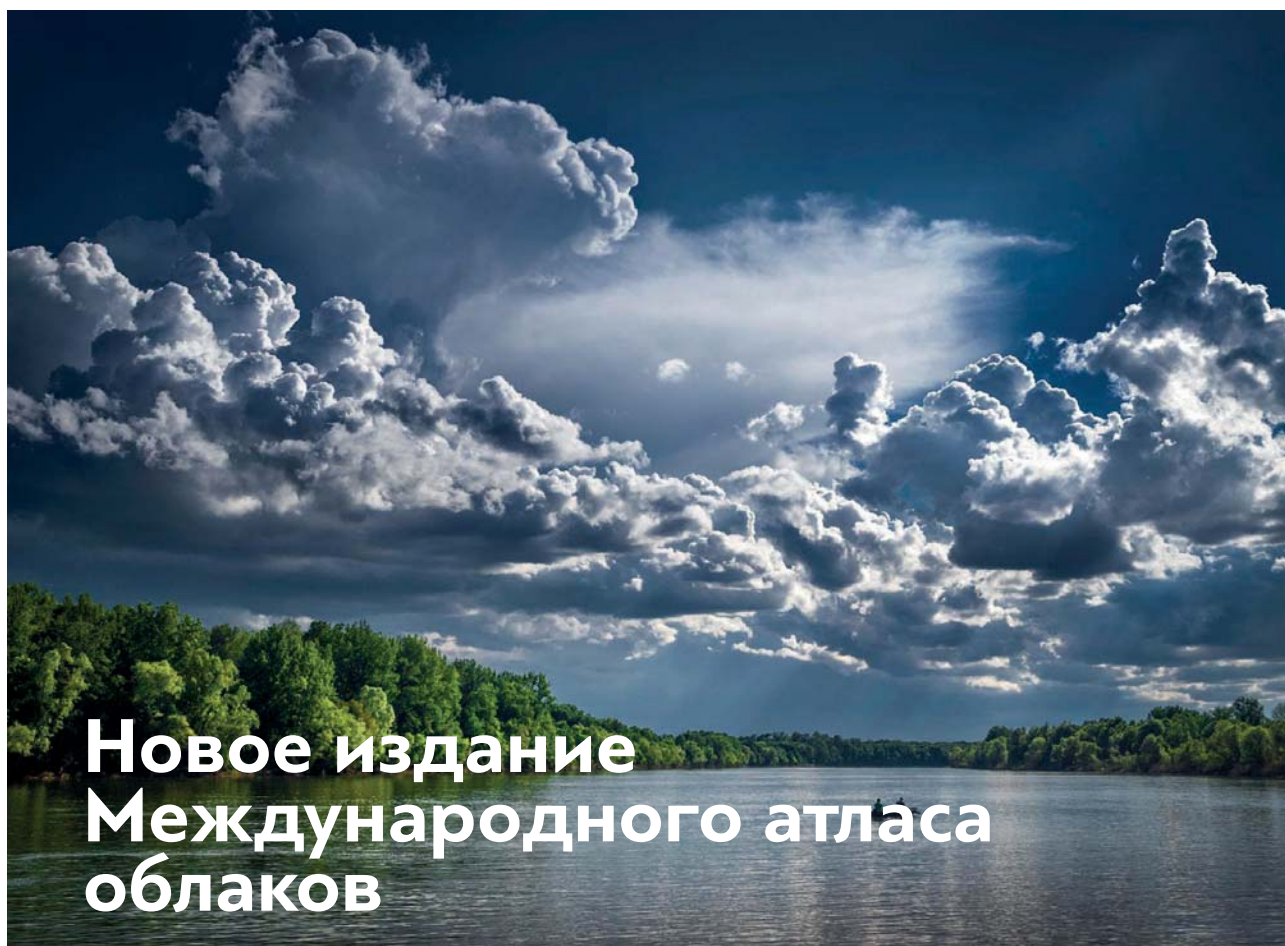


ВСЕМИРНАЯ  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ

# БЮЛЛЕТЕНЬ

Том 66 (1) – 2017 г.

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА



## Новое издание Международного атласа облаков



Интегрированная  
глобальная  
информационная система  
по парниковым газам, с. 38



Эволюция науки  
о климате: точка  
зрения Джулии  
Слинго, с. 16

# БЮЛЛЕТЕНЬ ВМО

## Журнал Всемирной метеорологической организации

Том 66 (1) – 2017 г.

**Генеральный секретарь** П. Таалас  
**Заместитель  
Генерального секретаря** Е. Манаенкова  
**Помощник  
Генерального секретаря** В. Чжан

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

**Редактор** Е. Манаенкова  
**Помощник редактора** С. Кастонгва

### Редакционная коллегия

Е. Манаенкова (председатель)  
С. Кастонгва (секретарь)  
Р. Мастерс (политика, международные связи)  
М. Пауэр (развитие, региональная деятельность)  
Й. Кульман (вода)  
Д. Тербланш (метеорологические исследования)  
Й. Адебайо (образование и подготовка кадров)  
Ф. Белда Еспиугес (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.

E-mail: [pubsales@wmo.int](mailto:pubsales@wmo.int)

### © Всемирная метеорологическая организация, 2017

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:

Chairperson, 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 8117  
CH-1211 Geneva 2, Э-почта: [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)  
Switzerland

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

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

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

# Содержание

## Новое издание Международного атласа облаков

Стивен А. Кон. . . . . 2

## Понимать облака для того, чтобы предвидеть будущий климат

Сандрин Бони, Бьорн Стивенс  
и Дэвид Карлсон . . . . . 8

## Изменения в засеве облаков по всему миру при активном воздействии на погоду

Лиза М. П. Миноз . . . . . 12

## Эволюция науки о климате

Точка зрения Джулии Слинго . . . . . 16

## Технический регламент ВМО Интервью с Димитаром Ивановым

Секретариат ВМО. . . . . 24

<b>Фотоочерк: лауреаты конкурса фотографий для календаря ВМО</b> .....	30	<b>Факторы, влияющие на внедрение гидрологических исследований в практику</b> Энн Калвер .....	52
<b>Годовой глобальный углеродный бюджет</b> Джозеф (Пеп) Канаделл и Дэвид Карлсон . . .	34	<b>Хороший день для вывешивания постиранного белья или 10-процентная вероятность дождя?</b> Александр Холл .....	58
<b>Интегрированная глобальная информационная система по парниковым газам (ИГИСПГ)</b> Фил ДеКола и Секретариат ВМО. ....	38	<b>Схемы аккредитации Королевского метеорологического общества</b> Хлоя Мор .....	62
<b>Европа, развитие климатического обслуживания для энергетического сектора</b> Карло Бонтемпо. ....	46		
<b>Вероятностные прогнозы и гражданская защита</b> Клеменс Вастл, Юн Ван, Андрэ Саймон, Мартин Кулмер и Андреа Сигл .....	48		

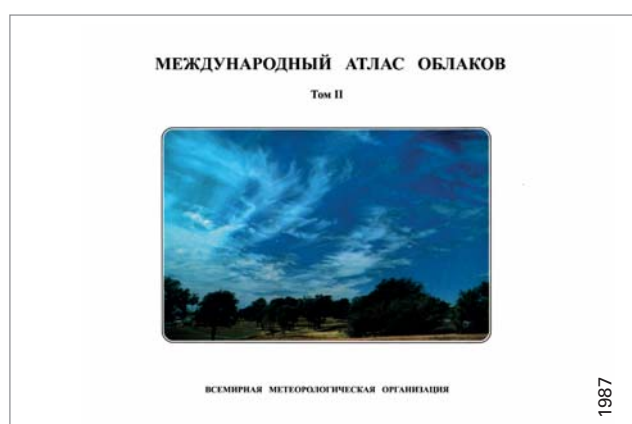


# Новое издание Международного атласа облаков

Стивен А. Кон, Национальный центр по атмосферным исследованиям (на пенсии)

*Новое издание Международного атласа облаков планируется выпустить одновременно с настоящим номером Бюллетеня после трех лет напряженной работы. Международный атлас облаков является общемировым справочником по идентификации и классификации облаков и других атмосферных явлений. Его использование Членами ВМО обеспечивает согласованность в представлении информации о наблюдениях, выполняемых наблюдателями по всему миру.*

Атлас, опубликованный больше века назад – в 1896 г., обновлялся нечасто. Со времени последних обновлений Атласа в 1975 и 1987 гг. (том I и том II) в нашем мире произошло множество кардинальных изменений, включая появление Интернета и изобретение сотовых телефонов с камерами. В научном понимании также были достигнуты важные успехи. Пришло время для нового издания.



Сегодняшние высококачественные камеры и современная технология позволяют сделать множество отличных фотографических снимков облаков, обеспечивая более высокое, чем когда-либо ранее, качество изображений для Атласа. Это позволяет нам представить больше явлений и показать различия в их внешних характеристиках в зависимости от различных мест и условий наблюдения.

В век, когда Интернет стал основным ресурсом, новое издание обеспечит также осязаемое присутствие Атласа облаков в сети Интернет. Без этого в Интернете появилось много альтернативных атласов. Это угрожает стандартизации классификации облаков на глобальном уровне, что и является одной из основных причин существования Международного атласа облаков.

Однако издание 2017 г. не ограничивается тем, что просто обеспечивает наличие версии с доступом через Интернет: в нем информация и стиль изложения адаптированы к современным требованиям и использованы возможности цифрового формата. Цель нового Атласа облаков в том, чтобы на деле снова стать эталонным справочником для классификации облаков и передачи информации об облаках и других атмосферных явлениях, которые в Атласе

называются «метеорами». Новейший справочный материал Атласа будет легко доступен для широкого круга пользователей – от профессиональных наблюдателей и инструкторов до учителей, энтузиастов и широкой общественности.

В новом издании в целом сохранена состоящая из трех частей структура издания 1975 г.: в первой части приводится определение атмосферных явлений и общая классификация метеоров, затем рассматриваются облака и, наконец, обсуждаются метеоры, не являющиеся облаками, т. е. гидрометеоры, фотометеоры, литометеоры и электрометеоры. Однако в новом издании есть ряд важных и интересных изменений.

### Дополнительная классификация

К числу наиболее интересных и широко обсуждаемых аспектов этого издания относится новая дополнительная классификация ряда известных явлений. Необходимость обеспечения непрерывности во времени, особенно в связи с тем, чтобы не оказать отрицательного воздействия на ряды климатических данных, означает, что дополнения были тщательно продуманы и существующие классификации не подверглись изменению.

Как и можно было ожидать, не были дополнены 10 родов или основных типов облаков. Однако был добавлен новый вид облаков: *volutus* (свернутые в рулон), который появляется внутри родов *Altostratus* (высококучевые) и *Stratocumulus* (слоисто-кучевые). Этот вид описывает продолговатые, обычно низкие, горизонтальные, разрозненные, трубообразные облачные массы, которые часто сворачиваются вокруг горизонтальной оси. При формировании в результате динамики конвективной грозы этот вид отличается от дополнительной характерной особенности *arcus* (с грозовым валом) тем, что он полностью отделен от других облаков. Облака «утренняя gloria», наблюдаемые в Австралии, являются примером неконвективных облаков этого вида.

Было также добавлено пять новых дополнительных характерных особенностей: *asperitas* (шероховатость), *cavum* (дыра), *cauda* (хвост), *fluctus* (волна) и *murus* (стена). Наиболее обсуждаемой особенностью является *asperitas*, которая в последние годы наблюдалась и описывалась многими людьми.





Добавленный вид облаков *volutus* (*Stratocumulus volutus*, слоисто-кучевые, свернутые в рулон), Шпротава, Польша



Гэри МакАртур

Добавленная дополнительная характерная особенность *asperitas* (*Stratocumulus volutus*, слоисто-кучевые с шероховатостью), Берни, Тасмания, Австралия

Общество по оценке облаков решительно выступало за расширение классификации облаков с тем, чтобы лучше описать облака с такими внешними атрибутами, т. е. облака с ясно очерченной волнообразной структурой в нижней части, более хаотичные и с менее четкими горизонтальными контурами, чем облака разновидности *undulatus* (волнистообразные). Некоторые из новых дополнительных характерных особенностей имеют знакомые общеизвестные названия, например, *fluctus* многим известна как «волна Кельвина-Гельмгольца», *cauda* как «облако-хвост», а *mutus* как «облако-стена».

В классификацию также был включен новый вид сопутствующих облаков *flumen* (поток, течение). Этот вид, более известный под названием «хвост бобра», связан с суперъячейковыми сильными конвективными грозами.

В новое издание атласа включены пять новых особых видов облаков: *cataractagenitus* (сформированные под влиянием водопадов), *flammagenitus* (сформированные под влиянием пожаров), *homogenitus* (сформированные под влиянием человека), *silvagenitus* (сформированные под влиянием лесов) и *homomutatus* (сформированные под влиянием человека и

преобразовавшиеся в другой вид). Суффикс «-genitus» указывает на то, что этот термин описывает локализованные факторы, которые привели к формированию или росту облака, а суффикс «-mutatus» добавляется, когда эти факторы способствуют преобразованию облака из одного вида в другой. Эти особые виды облаков формируются под влиянием крупных водопадов, тепла от лесных пожаров, насыщения воздуха над лесами и населенными пунктами.

Определения, описания и изображения метеоров, не являющихся облаками, также были расширены так, что в Атлас было включено несколько новых явлений. Например, к числу гидрометеоров были добавлены снежный смерч и паровой смерч вместе с дополнительными данными, касающимися типов торнадо. Перечень оптических явлений (фотометеоров) был обстоятельно расширен путем включения иллюстраций различных типов гало, радуг и миражей. Также были добавлены электрометеоры верхней атмосферы, известные как «спрайты» и «струи», которые на момент публикации предыдущего издания еще не были открыты.

## Более качественные фотографии и сопутствующие факторы

Снимки и информационные материалы, использованные для нового издания, часто были более высокого качества, чем снимки и материалы в предыдущей версии. Например, новый снимок тумана значительно качественнее показывает влияние этого явления на горизонтальную видимость.

Веб-формат также позволяет представить более богатый информационный материал и обеспечивает больше возможностей для его представления. Например, интерактивная система просмотра изображений позволяет пользователям акцентировать внимание на особенностях, указанных в подписи к изображению. Данный подход значительно проще подхода, который использовался в печатном издании Атласа 1987 г. и предусматривал использование системы цифр по



Мирослав Циханович



Клаудия Хинц

*Добавленное изображение фотометеора гало, Киновец, Рудная гора, Чешская Республика*

краям картинке для более конкретного рассмотрения особенностей. Пользователи также могут получить доступ к любой вспомогательной информации, которая имеется в наличии, такой как результаты термодинамического зондирования, синоптические карты, спутниковые изображения и т. д. С помощью системы просмотра изображений читатели могут видеть два изображения одновременно с тем, чтобы сравнить похожие, но различные типы облаков, или какой-либо конкретный вид облаков в разных климатических зонах и в разные периоды года.

### **Усовершенствованное вспомогательное средство для классификации облаков**

Чрезвычайно полезной особенностью последнего издания Атласа стали картинке-указатели для классификации облаков, иллюстрированные информационные схемы, которые позволяют читателям с помощью простого процесса определить род и вид облаков. Новое издание улучшилось за счет использования модернизированного и более точного вспомогательного средства, обеспечивающего цветные иллюстрации, каждая из которых имеет ссылку на фотографическое изображение.



Эрнл Джонсон

*Добавленное изображение гидрометеора снежный смерч, около озера Авраам, Альберта, Канада*

Вспомогательное средство разбито на три схемы для классификации облаков верхнего, среднего и нижнего ярусов. Кроме того, еще имеется упрощенное руководство для определения рода облаков, которое помогает пользователям легко определить 10 основных типов (родов) облаков. Оно должно быть особенно полезно для обучения и преподавания, а также для наблюдателей-любителей.

### **Глоссарий терминов**

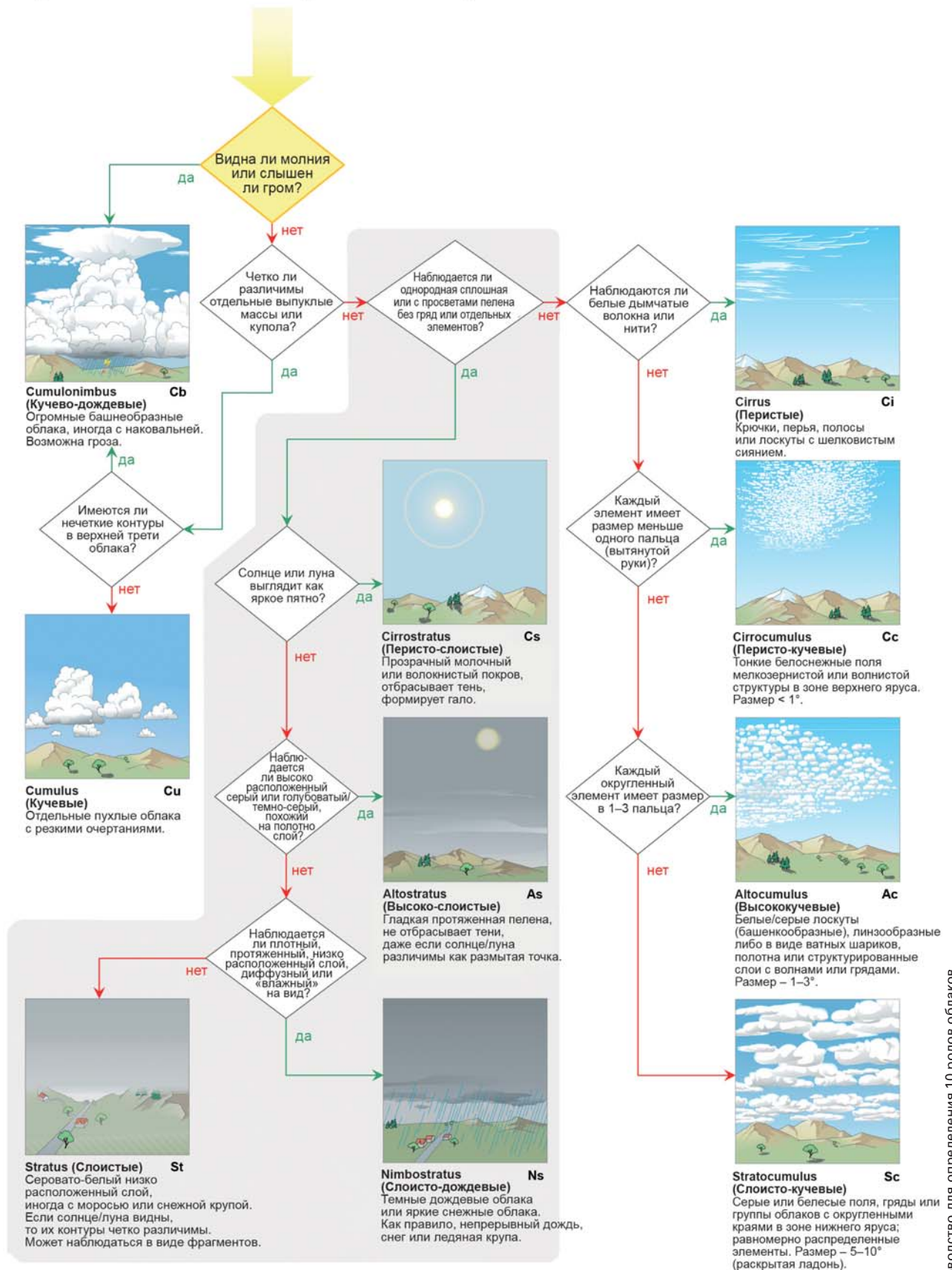
Новая версия Атласа облаков является первой версией, в которую включен глоссарий терминов. Целевая группа решила, что пользователям важно иметь возможность найти объяснение некоторых малораспространенных названий и терминов, которые не имеют официального определения в основном тексте, но используются наблюдателями в разных странах мира, например, «медвежья клетка», «полосатый столб» и «хвост бобра».

### **Оптимизация использования текста и изображений**

Благодаря веб-формату появилось замечательное изменение, обеспечивающее возможность



## Руководство для определения рода облаков





просматривать текст непосредственно вместе с соответствующими изображениями – в предыдущем издании текст и изображения были разделены: текст был включен в Том 1, а изображения – в Том 2. Эта возможность вместе с возможностью видеть два изображения одновременно и сравнивать их повышает ценность Атласа как справочного и образовательного пособия.

Также есть возможность поиска изображений на основе классификации климатов Кёппена, позволяющая пользователям видеть и сравнивать такие облака, как *Cumulonimbus capillatus* (кучево-дождевые волосатые) в тропиках и в высоких широтах, где их вертикальная протяженность сильно отличается.

Большие усилия были приложены к тому, чтобы обновить используемый язык и стиль и таким образом повысить уровень понятности. До появления этого нового издания большая часть текста оставалась неизменной в течение 75 лет или более, в то время как повседневный язык и стиль письменной речи развивались. Стиль письменной речи, обращенной к пользователям Интернета, имеет тенденцию к употреблению коротких, просто сформулированных предложений вместо более сложных, иногда слишком детальных предложений, распространенных в прошлом, и внесенные изменения эту ситуацию отражают.

Содержание некоторых описаний и объяснений также было обновлено, чтобы отразить значительные успехи, которые были сделаны в научном понимании облаков и других метеоров. Например, в настоящее время больше известно об условиях, в которых формируются и существуют облака верхних слоев атмосферы, т. е. полярные стратосферные облака и серебристые облака.

## Оптимизация использования для обучения и образования

Международный атлас облаков остается в первую очередь справочным руководством по классификации облаков. Однако, как и предыдущие издания, новое издание Атласа будет также использоваться для подготовки наблюдателей, а в некоторых случаях для преподавания метеорологии студентам. Новый веб-ориентированный формат Атласа делает его легкодоступным. Используемые фильтры поиска позволяют пользователям находить изображения не только всех типов облаков и метеоров, но также всех ситуаций. ВМО и Целевая группа надеются и рассчитывают, что полезность Атласа для обучения и образования будет продолжать расти.

**Подготовка издания 2017 г. Международного атласа облаков ВМО осуществлялась в течение трех лет совместными усилиями Комиссии ВМО по приборам и методам наблюдений (КПМН), ее Целевой группы (состав приведен ниже), Секретариата, Гонконгской обсерватории, экспертов в данной области, учреждений, которые бесплатно предоставили синоптические карты и другую контекстуальную информацию, и особенно полных энтузиазма наблюдателей и фотографов, которые предоставили свои снимки.**

### Целевая группа ВМО по пересмотру Международного атласа облаков:

- Стивен Кон, председатель, США
- Майкл Брун, сопредседатель, Австралия
- Джордж Андерсон, Соединенное Королевство
- Роджер Аткинсон, Секретариат ВМО
- Маринес Кампос, Аргентина
- Федерико Галати, Секретариат ВМО
- Эрнест Ловелл, Барбадос
- Колин Рае, Южная Африка
- Изабель Рюэди, Секретариат ВМО
- Квон Хун Там, Гонконг, Китай
- Элиан Тюриг-Йензер, Швейцария
- Джим Трайс, Соединенное Королевство

**Целевая группа также признательна эксперту в области облаков Френку Ле Бланку (Джерси) за его неутраченный вклад, а также экспертам по всему миру, которые выразили свои точки зрения и привели аргументы.**

## В цифровую эру

Новое издание Международного атласа облаков 2017 г. вводит этот важный документ в цифровую эру. Оно предоставляет профессиональным и непрофессиональным наблюдателям облаков и других атмосферных явлений доступный в режиме онлайн-ресурс как справочник, как учебное пособие и как источник замечательных изображений и описаний. Кроме того, в новом издании обновлен и сделан более эффективным язык, используемый для классификации наблюдений за облаками и метеорами и передачи информации об этих наблюдениях. Это обеспечивает согласованность и ясное взаимопонимание, что принципиально важно в данной области.

Международный атлас облаков 2017 г. доступен по адресу: [www.wmocloudatlas.org](http://www.wmocloudatlas.org).





# Понимать облака для того, чтобы предвидеть будущий климат

Сандрин Бони<sup>1</sup>, Бьорн Стивенс<sup>2</sup> и Дэвид Карлсон<sup>3</sup>



*Человечество испокон веков восторгается облаками. Метеорологическое и гидрологическое сообщества благодаря десятилетиям наблюдений и исследований пришли к пониманию того, что процессы, происходящие в облаках, от микрофизики начального зарождения до суперштормов, наблюдаемых со спутников, предоставляют важную информацию для прогнозирования погоды, особенно осадков. Понимание облаков с точки зрения климата ставит перед нами новые и сложные вопросы, которые в свою очередь бросают вызов нашему общему представлению о том, как в действительности функционирует наша влажная облачная атмосфера.*

*Являясь одним из основных факторов, способствующих нагреву атмосферы, облака управляют многими другими аспектами климатической системы. По этой причине осуществление инициативы «Облака, циркуляция и чувствительность климата» является одной из семи главных задач Всемирной программы исследований климата (ВПИК). Эти главные задачи формируют области, которым в ближайшем десятилетии будет уделяться основное внимание в рамках научных исследований, моделирования, анализа и наблюдений в интересах ВПИК и проектов, реализуемых под ее эгидой.*

## **Облака и режимы крупномасштабной циркуляции**

На спутниковых изображениях нашей планеты в видимом и инфракрасном диапазонах облака всегда показаны в увязке и взаимодействии с крупными спиральными и вихревыми движениями атмосферной циркуляции. Анимация последовательных неподвижных изображений облаков может дать четкую документальную фиксацию этих циркуляционных движений. Но что, если процессы и системы формирования облаков вместо того, чтобы выступать в качестве конечных результатов и индикаторов крупномасштабной циркуляции, на самом деле влияют на нее и определяют ее режимы.

Нам известно, что облака подвергаются процессам конденсации и испарения и взаимодействуют с солнечной и инфракрасной радиацией по мере того, как проходят свои индивидуальные циклы формирования, созревания и рассеяния. Кроме того, нам известно, что мезомасштабные восходящие и нисходящие потоки формируются внутри облачных систем. Можно ожидать, что эти термодинамические и динамические процессы оказывают влияние на перенос тепла, влаги и количества движения и стимулируют волны и турбулентность, возмущающие локальные условия и в то же время корректирующие состояние атмосферы в крупном масштабе. Посредством таких локальных и отдаленных воздействий облака влияют на статическую устойчивость атмосферы, сдвиг ветра и меридиональные градиенты температуры.

На основе этих фактов можно предположить, что облака воздействуют на структуру, местоположение и интенсивность мелкомасштабных возмущений, таких как тропические и внетропические циклоны, и более крупных процессов масштаба полушария, таких как струйные течения в средних широтах. Чтобы понять воздействие более теплого и влажного климата в региональном и глобальном масштабах, нам необходимо повысить наши возможности для описания и интерпретации причинно-следственной связи между облаками и циркуляцией. Сильные стороны и недостатки нашего текущего понимания этой взаимосвязи можно проиллюстрировать, рассмотрев четыре различных области.

### **Задача 1: Конвекция и чувствительность климата**

Чувствительность климата, т. е. насколько повысится температура в ответ на увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере, остается одним из самых важных вопросов в исследованиях климата. В последних работах факторы, влияющие на чувствительность климата, были разделены на факторы, которые известны и достоверны, и факторы, которые менее изучены, в основном – обратные связи облаков. Несмотря на то, что некоторым аспектам обратной связи облаков дано объяснение, например аспектам, касающимся вертикальной протяженности мощных облаков или облаков пограничного слоя над океаном, более фундаментальный вопрос остается без ответа: взаимосвязь между облаками и конвекцией в условиях сегодняшнего и будущего климата. Очевидно, что неопределенность, касающаяся обратных связей облаков, большей частью обусловлена тем, что сегодня описание конвективного перемешивания в моделях находится в зачаточном состоянии. Научно-исследовательскому

<sup>1</sup> Университет Пьера и Марии Кюри

<sup>2</sup> Институт Макса Планка по метеорологии

<sup>3</sup> Директор Всемирной программы исследований климата (ВПИК)



Прогресс  
в понимании  
взаимосвязи  
между облаками,  
циркуляцией  
и чувствительность  
климата является  
основным  
показателем наших  
возможностей  
для предвидения  
будущего климата.

сообществу необходимо рассматривать проблему конвекции на систематической основе, используя как более качественные наблюдения, так и иерархию всеобъемлющих и сконцентрированных на конвекции моделей, ориентированных на ненарушенные естественные морские условия и дистанционные измерения водяного пара нижнего слоя тропосферы. Акцент сообщества на вопросе конвекции приведет к существенному прогрессу и окажет значительное влияние, учитывая ключевую взаимосвязь этого вопроса с обратными связями облаков и чувствительностью климата.

### Задача 2: Траектории циклонов

Несмотря на то, что нам известно, что поскольку облака сопутствуют процессу смещения траекторий циклонов, то они влияют на градиенты температуры, которые приводят к возникновению циклонов, мы только начинаем понимать то множество связей, посредством которых облака связаны с траекториями циклонов. Относительно крупный масштаб траекторий циклонов делает их особенно пригодными для подходов с использованием иерархического моделирования в облачно-разрешающем и глобальном масштабах. Эти подходы могут улучшить наше понимание того, как влажные процессы вдоль фронтальных систем, взаимодействие с циркуляцией в океане и радиационный эффект облаков совместно и во взаимодействии влияют на развитие циклонов и структуру траекторий циклонов.

По мере эволюции моделей и нашего понимания, вполне вероятно, что использование палеоклиматических реконструкций и моделей для оценки, например, того, как изменения траекторий штормов могли влиять на изменения во всем гидрологическом цикле

в прошлом, будет расти. Более глубокое понимание динамики траекторий штормов в прошлом и настоящем повысит наши возможности по предсказанию будущих изменений.

### Задача 3: Пояса тропических дождей

Воздействие климата, которое ведет к изменениям в интенсивности, ширине и местоположении поясов тропических дождей почти наверняка подразумевает обратные связи облаков. В комплексном взаимодействии воздействия и обратной связи локализованные процессы в облаках стимулируют изменения в циркуляции в масштабе полушария и всего земного шара, которые в свою очередь влияют на местоположение и интенсивность поясов дождей. Например, мезомасштабная циркуляция, вызванная конвекцией, по-видимому, влияет на распространение муссонов в направлении полюса, а циркуляция в масштабе всей планеты может распространить влияние поясов дождей на удаленные внетропические области. Посредством похожего сочетания местных термодинамических и крупномасштабных динамических процессов источники тепла в высоких широтах могут вызвать перемещение поясов тропических дождей на большие расстояния.

В современных моделях климата дефицит облачности над Южным океаном служит причиной нагревания всего Южного полушария, вызывая чрезмерные осадки в южных тропиках и создавая почву для слишком мощного южного участка внутритропической зоны конвергенции. Похожие, связанные с облаками факторы помогают объяснить, почему охлаждение воздуха в одном полушарии, вызванное аэрозолями или увеличением ледяных щитов, подталкивает пояса тропических дождей в направлении

противоположного полушария. Надлежащее моделирование процессов, происходящих в облаках, и связей между облаками и циркуляцией позволит нам не только понять имевшие место в прошлом изменения в местоположении и интенсивности поясов дождей, но и предсказать изменения, которые будут иметь место в будущем. «Надлежащее» моделирование в данном случае потребует скоординированного применения иерархии моделей, чтобы проработать конкретные гипотезы, руководствуясь достоверными сведениями об изменениях, имевших место в прошлом.

## Задача 4: Агрегация

Мы знаем, что облака и процессы конвекции, которые инициируют формирование облаков, имеют тенденцию к агрегации и образованию организованных структур, и что эти организованные структуры могут играть определенную роль в динамике климатической системы. Последние результаты идеализированного моделирования показали, что конвекция может осуществлять процесс агрегации спонтанно в отсутствие внешних движущих факторов, обеспечивая почву для концепции «самоагрегации». Моделирование в облачно-разрешающем масштабе предполагает, что случаи самоагрегации могут быть более частыми по мере роста температуры, а вычисления с использованием моделей и данные наблюдений предполагают, что более масштабная агрегация приводит к тому, что атмосфера становится более сухой и ясной и более эффективно излучает тепло в околоземное пространство. Таким образом, агрегация конвективных процессов может подвергнуть обратной связи изменения климата, вызванные другими факторами влияния, и способствовать изменениям в экстремальных явлениях.

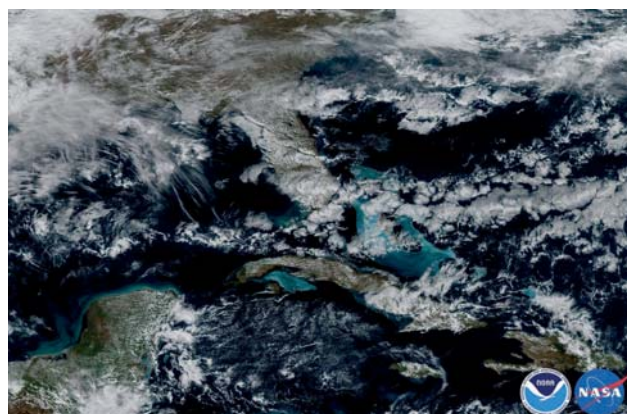
Присутствие организованных структур в масштабах от десятков до сотен километров выявляет возможность для широкомасштабных воздействий, включая упомянутую выше взаимосвязь между обратными связями облаков и поясами тропических дождей. По мере того, как уровень понимания и моделирования растет, можно ожидать инновационных результатов моделирования для изучения процессов агрегации с использованием крупномасштабных моделей одновременно с процессами дезагрегации с использованием мелкомасштабных моделей.

Такой комплекс средств и подходов непременно потребуются, чтобы оценить, как агрегация конвективных процессов влияет на климат.

## И снова облака, конвекция и циркуляция

Как показывают четыре рассмотренные темы, облака не только действуют в качестве индикаторов турбулентного состояния атмосферы, но также охватывают процессы, которые могут активно контролировать циркуляцию и климат. В каждом примере встает вопрос о глубоком и комплексном взаимодействии между облаками, конвекцией и крупномасштабной циркуляцией, при этом облака и конвекция играют определяющую роль.

Принимая во внимание сильную зависимость режимов регионального климата и экстремальных явлений от крупномасштабной циркуляции, важно ориентировать исследования климата на то, чтобы понять и то, как облака и конвекция влияют на динамику атмосферы, и то, как это влияние изменится, когда тропосфера станет более теплой и влажной, стратосфера станет более прохладной, а криосфера уменьшится в размерах. Прогресс в понимании взаимосвязи между облаками, циркуляцией и чувствительность климата является основным показателем наших возможностей для предвидения будущего климата.



*Это совсем недавно полученное дневное изображение региона Карибского моря показывает богатое разнообразие особенностей и организационных структур облаков над океаном и сушей.*

# Изменения в засеве облаков по всему миру при активном воздействии на погоду

Лиза М. П. Миноз<sup>1</sup>



Оперативные программы по активным воздействиям на погоду, включая рассеяние тумана, увеличение осадков в виде дождя и снега и подавление града, осуществляется в более чем 50 странах по всему миру. Со времени открытия в конце 1940-х годов того, что кристаллы йодистого серебра могут образовывать ледяные кристаллы в некоторых водяных парах, ученые работают над тем, чтобы понять, как изменить способ образования и движения воды в облаке. Несмотря на десятилетия исследований, засева облаков по-прежнему вызывает глубокое недоверие, отчасти в связи с проблемой проверки эффективности данного метода, т. е. установлением причинно-следственной связи, принимая во внимание сложность и изменчивость погодных систем.

Холодные облака или теплые, загрязненные или чистые располагаются над горой или над полем – ключевую роль в успехе или неудаче усилий по засева облаков играют характеристики облака. Новые средства позволяют метеорологам изучать и понимать облака и изменения, которые в них

происходят, с более высокой степенью точности, чем когда-либо, а новые технологии, такие как нанотехнология, создают новые возможности в этой области. Опираясь на международные усилия, направленные на поддержку научных исследований и финансирования с целью обеспечения безопасности водных ресурсов, ученые тщательно прорабатывают возможности, чтобы модернизировать искусственное увеличение осадков в XXI веке.

«Вода является основным веществом для поддержания жизни на Земле, при этом вода и воздух, которым мы дышим, – это две главные проблемы в нынешнем веке», – говорит доктор Роельф Брюнтес из Американского национального центра атмосферных исследований, являющийся председателем экспертной группы ВМО по активным воздействиям на погоду. «Повышение уровня понимания процессов, происходящих в облаках и связанных с осадками, является приоритетом номер один, и чем лучше мы будем понимать эти процессы, тем эффективнее мы сможем потенциально воздействовать на них с помощью засева облаков».

<sup>1</sup> Лиза М. П. Миноз является автором научных публикаций и аналитиком по вопросам содержания и живет в Вашингтоне, округ Колумбия, США. Она бывший пресс-атташе и редактор в ВМО.

Фундаментальной задачей для активного воздействия на погоду является определение структуры и местоположения облаков, лучше всего



приспособленных для этой работы. Без облаков эти технологии бессильны. В то время, как «засев облаков мог бы быть инструментом для увеличения водных ресурсов, это не средство для «подавления засухи», потому что для его осуществления нужны облака», – говорит Брюнтъес, который проходил начальный этап обучения в области активного воздействия на погоду в Южной Африке. «Никто не может создать облако или развеять облако».

«Базовая концепция активного воздействия на погоду, особенно в части увеличения осадков, заключается в том, чтобы найти процесс, ограничивающий скорость преобразования содержащейся в облаках воды в осадки, выпадающие из естественных облаков, и обойти этот процесс, используя минимальный уровень искусственного стимулирования», – говорит доктор Масатака Мураками из Института космических и земных исследований окружающей среды Нагойского университета в Японии. «Следовательно, очень важно найти облака, у которых есть потенциал, чтобы обеспечить выпадение осадков, но которые не могут привести этот потенциал в действие».

Доктор Абдулла Аль Мандус, директор Национального центра по метеорологии и сейсмологии в Объединенных Арабских Эмиратах (ОАЭ) отмечает: «Любой стране, которая планирует осуществлять проекты по засеву облаков, необходимо изучить физические и химические свойства облаков, часто встречающихся и более распространенных на ее территории».

Частично нахождение «правильных» облаков зависит от температуры. Для увеличения осадков нужен один из двух подходов, чтобы помочь столкновению, слиянию и росту частиц воды: гляциогенный засев или гидроскопический засев. Для гляциогенного засева используются реагенты, такие как йодистое серебро, которые инициируют образование льда в «холодных облаках», в облаках, температура которых ниже 0 °С и в которых содержится переохлажденная вода. Поскольку йодистое серебро имеет кристаллическую структуру, похожую на структуру природного льда, оно может формировать лед на ранней стадии срока жизни облака, обеспечивая ему больше времени для достижения размера частиц осадков. Для «теплых» конвективных облаков, в обширных частях которых температура выше -10 °С, ученые могут использовать гидроскопический засев, как правило, применяя простую соль. Соль помогает каплям сталкиваться и вырабатывать дождь.

Как для гляциогенного, так и для гидроскопического засева важно определить, являются ли облака в регионе уже эффективными, или засев облаков окажет нужное влияние. «Основные методы засева

облаков обеспечивают ядра для образования капель и ледяных кристаллов», – говорит Брюнтъес. «Если эти частицы уже существуют в оптимальном размере и концентрации в некоторых регионах мира, засев облаков не окажет влияния».

Местоположение облаков также имеет очень большое значение. Облака в тропиках отличаются от облаков в средних широтах, потому что температура влияет на то, как в облаках происходят процессы. «Кроме того, облака в разных регионах с разными уровнями загрязнения могут также вырабатывать осадки по-разному, и даже в одном регионе, в зависимости от загрязнения в конкретный день», – говорит Брюнтъес. Все, что способствует изменению облаков, может оказать влияние на засев.

Ряд наиболее успешных случаев засева облаков во всем мире наблюдался в горных районах при использовании гляциогенного засева «орографических» облаков. В этих районах облака формируются потоком воздуха над горами. Они особенно привлекательны для засева, потому что снежный покров на большой высоте может круглый год сохранять воду для района.

В Японии, например, где недостаток воды является кратковременной, а не хронической проблемой, Мукарами говорит, что гляциогенный засев орографических снежных облаков можно использовать в качестве превентивной меры в конце весны и начале лета. Такие оперативные программы можно осуществлять, «когда долгосрочное прогнозирование осадков становится более точным и надежным, и когда мы можем прогнозировать недостаток воды с заблаговременностью в несколько месяцев», – продолжает он.

Брюнтъес и Мукарами указывают на примеры проектов по увеличению снежного покрова в Вайоминге, США и в Снежных горах в Австралии. В Снежных горах ученые используют гляциогенный засев для холодных воздушных фронтов к западу от гор. В более холодные месяцы наземные генераторы распыляют смесь йодистого серебра, которую ветры переносят на восток к облакам над горами. При анализе результатов первоначального этапа эксперимента 2005–2009 гг. исследователи выявили позитивное, но статистически не значимое влияние засева на количество выпавшего снега; однако они пришли к выводу, что направленность усилий по засеву «безоговорочно успешна», притом что уровни йодистого серебра в областях, где производился засев, выше, по сравнению с областями, где засев не производился. Повторный анализ показал повышенные уровни материалов для засева, что предполагает наличие дополнительных ледяных частиц, и таким образом влияние на процессы образования осадков в облаках.

Проект продолжается до сегодняшнего дня и вышел далеко за рамки первоначальных экспериментов. В некоторых отчетах говорится, что количество выпавшего снега увеличилось почти на 14 %.

Количественно оценить влияние программ по засеву облаков сложно. «Обычно мы используем рандомизированные эксперименты подобно тому, как это происходит в медицинском сообществе, когда тестируется новое лекарство», – говорит Брюнтъес. Как в медицинских экспериментах, где не бывает двух совершенно одинаковых людей, «не бывает облака, которое ничем не отличается от другого облака, к тому же есть много факторов, которые играют роль в формировании осадков в облаке».

В последние 10 лет благоприятное воздействие на эксперименты по засеву облаков оказывают достижения в области численных моделей, с помощью которых можно точнее моделировать засев, а также усовершенствованные средства наблюдения, позволяющие понять физические процессы в облаках, вызванные засевом. К числу этих средств относятся более точные спутниковые приборы, а также наземные и бортовые самолетные радиолокаторы с двойной поляризацией, которые могут более качественно измерять размер элементов осадков. «Хотя до идеала еще далеко, но был сделан большой шаг вперед», – говорит Брюнтъес. «Поскольку мы лучше прогнозируем погоду, мы можем лучше прогнозировать изменения».

Еще один член экспертной группы ВМО по активным воздействиям, Эндрю Флоссманн из Клермон-Ферранской обсерватории физики Земли во Франции, говорит, что исследователи работают над усовершенствованием статистических подходов, необходимых для оценки правильности рандомизированного подхода. «По-прежнему осуществление надежных программ остается дорогостоящим, так как для этого необходимы тестовые облака, как засеянные, так и не засеянные», – говорит она.

Одна из таких групп, группа исследователей под руководством доктора Мураками, которая в 2015 г. получила вознаграждение в рамках гранта, учрежденного научно-исследовательской программой ОАЭ по научным аспектам увеличения осадков. «Мы работаем, чтобы лучше оценить и в конечном итоге повысить эффективность увеличения осадков в засушливых и полувлажных регионах путем глубоких научных исследований, которые включают анализ данных, лабораторные эксперименты, полевые наблюдения и численное моделирование», – сказал он. Основная цель работы состоит в том, чтобы уточнить микрофизическую структуру облаков, пригодных для засева, и частоту их появления над восточными горными областями ОАЭ.

## Увеличение осадков в ОАЭ

Научно-исследовательская программа ОАЭ по научным аспектам увеличения осадков, развернутая в качестве международной инициативы по стимулированию научных исследований и технологии для увеличения осадков, учредила грант в размере 5 миллионов долларов США. По словам ее директора Алии Аль Мазруи, программа имеет две цели: повысить эффективность научных исследований в области увеличения осадков по всему миру и увеличить количество осадков в ОАЭ и других засушливых и полувлажных регионах мира.

Вода является критически важной проблемой для ОАЭ, где запасы грунтовых вод, которым 10 000 лет, истощаются, а по некоторым оценкам ожидается, что потребность в воде в ближайшие 15 лет увеличится вдвое. На опресненную морскую воду приходится 40 % водоснабжения страны. Учитывая высокую стоимость опреснения, в ОАЭ осуществляется засев облаков в качестве одной из возможных менее дорогостоящих альтернатив. В 2016 г. в ОАЭ засев облаков осуществлялся 177 раз, в основном с использованием гидроскопического засева над восточными горными хребтами на границе с Оманом с целью повышения уровня воды в водоносных слоях и водохранилищах. В соответствии с отчетом за 2015 г. облачность, превысившая норму, позволила в этом году чаще проводить засев облаков.

В рамках программы по увеличению осадков ОАЭ работают над тем, чтобы проложить путь для увеличения инвестиций и достижения технологического прогресса в области активных воздействий на погоду. Аль Мандус говорит, что он «гордится ОАЭ, выступающими в качестве глобального центра,



Научно-исследовательская программа ОАЭ по научным аспектам увеличения осадков

развивающего наилучшие технологии, которые содействуют решению проблем нехватки воды».

Помимо группы Мураками, получившей вознаграждение в рамках гранта 2015 г. за совершенствование оценки правильности засева облаков, вознаграждение также получили проекты, в которых «использовалась нанотехнология для производства более эффективных материалов для засева и активного воздействия на земной покров, чтобы расширить области слияния и улучшить инициирование конвекции», – говорит Аль Мандус. Используя нанотехнологию, исследователи потенциально могли создать новые реагенты для засева облаков, которые лучше воспроизводят кристаллическую структуру льда в наномасштабе. Группа по реализации программы ОАЭ в ближайшие три года будет работать с коллективами, получившими вознаграждение, чтобы помочь им в осуществлении их научно-исследовательских проектов.

Аль Мандус из ОАЭ указывает на Руководящие принципы ВМО для планирования деятельности по активным воздействиям на погоду, как на важный источник информации для стран, намеревающихся повысить уровень водной безопасности. «В Руководящих принципах утверждается, что страны, которые на практике осуществляют засев облаков, должны исследовать засеянные и незасеянные облака, используя метод статистической рандомизации», – говорит он. «Результаты этого процесса статистической рандомизации необходимо подкрепить проведением анализа, позволяющего оценить правильность изначальных операций по засеву облаков».

## Необходимо проявлять осмотрительность

В Заявлении ВМО 2015 г. об активных воздействиях на погоду также рассматриваются методы активного воздействия на погоду с целью подавления града и рассеяния тумана и упоминается интерес к климатическому инжинирингу, проявляемый в последнее время. «В последнее время засев облаков предлагается в качестве стратегии смягчения воздействий изменения климата с тем, чтобы повысить яркость фона облаков и увеличить долю солнечной радиации, которая отражается в космическое пространство», – говорит Флоссманн. В докладе ВМО предлагается проявлять осмотрительность, предпринимая такого рода усилия в глобальном масштабе, с указанием на исторически сложившиеся трудности с доказательством причинно-следственной связи при осуществлении засева облаков в местном масштабе.



## Лауреаты программы ОАЭ по увеличению осадков

Объединенные Арабские Эмираты объявили имена лауреатов программы по увеличению осадков 17 января. Грант в размере 5 миллионов долларов США разделили профессор Джайлз Харрисон из университета Рединга, профессор Ханнеле Коронен из Финского метеорологического института и доктор Пол Лоусон из компании SPEC Inc.

Засев облаков в глобальном масштабе действительно имеет исторические прецеденты, проявившие себя, впрочем, весьма неожиданным образом: посредством ненамеренного активного воздействия на погоду. Например, вследствие извержения вулканов в стратосферу попадали частицы, которые способствовали понижению температуры воздуха на глобальном уровне в течение от 2 до 3 лет после извержения (в частности, считается, что такие извержения внесли вклад в сохранение малого ледникового периода в XIX веке). Другой пример ненамеренного активного воздействия на погоду, по мнению Флоссманн, связан с тем, что в результате спутниковых наблюдений было установлено, что частицы, попавшие в воздух с дымом паровых труб, меняют свойства верхнего слоя слоисто-кучевых облаков, повышая яркость фона облаков.

При осуществлении активного воздействия на погоду, намеренного или ненамеренного, «важно помнить, что атмосфера не имеет стен», – говорит Флоссманн. «То, что вы добавите, может оказать желательный эффект вблизи вас, но при переносе может оказать нежелательный эффект в других местах».

Но прежде всего все зависит от облаков. «Не существует какого-то универсального решения», – говорит она. Тут очень многое зависит от конкретного облака: окажет ли вообще какой-либо эффект добавление реагентов, и если окажет, будет ли этот эффект желательным».



# Эволюция науки о климате

## Точка зрения Джулии Слинго



*Профессор дама Джулия Слинго, главный научный сотрудник Метеорологического бюро Соединенного Королевства (СК) с 2009 по 2016 г. получила в 2015 г. престижную премию ММО за выдающуюся работу в области метеорологии, климатологии, гидрологии и смежных научных дисциплин. В качестве главного научного сотрудника она возглавляла группу в составе более 500 ученых, занимавшихся широким спектром научных исследований, лежащих в основе прогнозирования погоды, предсказаний климата и перспективных оценок изменения климата. Она имела долгую карьеру в области атмосферной физики и науки о климате, работая в Метеорологическом бюро СК, Европейском центре среднесрочных прогнозов погоды, Национальном центре по атмосферным исследованиям (США) и университете Рединга.*

*На протяжении всей карьеры она выдвигала инновационные подходы к пониманию и моделированию погоды и климата. Она разрабатывала и использовала комплексные модели погоды и климата, чтобы по-новому взглянуть на то, как функционируют атмосфера и климатическая система, а также чтобы добиться значительных успехов в повышении точности прогнозов и уровне климатического обслуживания. К сфере ее особых интересов относятся погода в тропиках и изменчивость климата.*

*Дама Джулия является шестидесятым лауреатом ММО и седьмым лауреатом этой премии от СК. Исполнительный совет ВМО выбрал даму Джулию в качестве лауреата ежегодной премии в июне 2015 г., и на церемонии награждения, состоявшейся на заседании Исполнительного совета ВМО в июне 2016 г., она выступила с научной лекцией, которая лежит в основе нижеприведенной статьи. В 2015 г. дама Джулия была избрана членом Королевского общества СК.*

«Климат – это то, что вы ожидаете, погода – это то, что вы получаете». Интересный вопрос здесь заключается в следующем: в чем разница между погодой и климатом? Все дело во временном масштабе, климат – это, по сути, статистические данные о погоде, осредненные за определенный период времени. Как будет показано в этой статье, наука о погоде лежит в основе науки о климате.

Наука о климате говорит о том, как функционирует климат Земли в глобальном и региональном масштабах. Почему климат варьируется и изменяется за счет процессов внутреннего взаимодействия, таких как Эль-Ниньо и термохалинная циркуляция, и в ответ на воздействие внешних факторов, таких как солнечная или вулканическая активность. Она также изучает вопрос о том, вносит ли деятельность человека, особенно деятельность, связанная с выбросом парниковых газов, кардинальные изменения в то, как ведет себя климат Земли. Не удивительно, что в последние годы наука о климате стала непосредственным образом ассоциироваться с наукой об изменении климата.

Но наука о климате вовсе не сводится только к проблеме изменения климата. В качестве отдельной дисциплины наука о климате по-настоящему сложилась во время моей профессиональной деятельности в качестве ученого, которая началась с работы научным сотрудником в Метеорологическом бюро в 1972 г. после получения университетской степени по физике. Но своими корнями она уходит в гораздо более отдаленное прошлое. Она ассоциируется с такими дисциплинами, как метеорология, океанография и климатология, и ее основой являются классическая физика, математика, химия и все больше – биология. Современная наука о климате – это, по сути, сплав теории, наблюдений и численного моделирования.

В этой статье я выскажу личную точку зрения относительно того, как развивается наука о климате, выделив ключевые моменты в истории и опираясь на свой 40-летний опыт относительно того, как она изменилась за это время благодаря научно-техническим достижениям. В заключение я рассмотрю вопросы, возникшие в связи с вызванной деятельностью человека изменением климата, и то, как наука о климате может помочь нам в планировании безопасного и устойчивого будущего.

## Исторический контекст

Наука о климате имеет долгую и славную историю. В 1686 г. Эдмунд Галлей опубликовал в философских трудах Королевского общества свое знаменитое описание тропических ветров под названием *An Historical Account of the Trade Winds, and*

*Monsoons, Observable in the Seas between and the Tropicks, with an Attempt to Assign the Physical Cause of the Said Wind* (Историческая справка о пассатах и муссонах, наблюдаемых в морях между тропиками и вблизи тропиков, и попытка определить физическую причину указанных ветров). Галлею было любопытно, почему ветры неизменно дуют с востока, и он утверждал, что это должно быть из-за суточного прохождения солнца, в результате которого солнце нагревает атмосферу, вынуждая воздух подниматься, и тем самым втягивая воздух с востока после прохождения Солнца.

В 1735 г. Джордж Гадлей постулировал что, по существу, именно вращение Земли обуславливает формирование восточных пассатов. В работе, которая в то время большей частью оставалась без внимания, он писал: «... что воздух, поскольку он движется от тропиков к экватору с более низкой скоростью, чем скорость движения частей Земли, в направлении которых он движется, то его относительное движение будет осуществляться против суточного движения Земли в этих частях. При сочетании этого движения с движением в направлении экватора на этой стороне экватора будет формироваться северо-восточный ветер, а на другой стороне – юго-восточный ветер». Он также понял, что более сильное нагревание воздуха под действием солнца над экватором должно привести воздух к подъему и что в силу целостности системы должен быть соответствующий район, где воздух снижается, и формирование западных ветров должно происходить вдали от тропиков. На основании этих идей появилось понятие циркуляции Гадлея, которая является существенно важной частью климатической системы.

Лишь много лет спустя утверждение Гадлея о том, что вращение Земли имеет основополагающее значение, действительно дало результаты. В 1835 г. Гаспар-Гюстав де Кориолис представил свою теорию о том, как объекты движутся внутри вращающейся системы координат и какие силы на них действуют. Кориолис не рассматривал вращающиеся сферы, но его теория была быстро подхвачена метеорологами для объяснения режимов ветра. Гадлей был прав, определив, что вращение Земли имеет основополагающее значение, но он ошибочно предположил, что сохраняется абсолютная скорость, а не абсолютный угловой момент.

В 1856 г. Уильям Феррел впервые дал объяснение глобальной циркуляции и западных ветров, или господствующих ветров, как они тогда назывались, которые характеризуют климат средних широт. Таким образом, к концу девятнадцатого века благодаря сочетанию наблюдений и теории было



На карте Эдмунда Галлея (1686 г. *Философские труды Королевского общества*) путем использования пунктирных линий разной длины показано резкое изменение направления пассатов в периоды летних и зимних муссонов в Азии и Австралии.

продемонстрировано основополагающее значение вращения Земли в определении средних характеристик атмосферной циркуляции и, следовательно, климатической системы, от восточных пассатов до западных ветров средних широт.

Роль вращения Земли получила свое окончательное признание в работе Карла Густава Россби, который начиная с 1930-х годов ввел концепцию абсолютной завихренности и ее сохранения в адиабатических условиях. Он развил теорию планетарных волн – волн Россби – в атмосфере и океанах и в значительной степени заложил основы динамической океанографии и метеорологии.

Параллельно с углублением нашего понимания атмосферной циркуляции физики пытались понять, почему температура Земли такая, какая есть, или другими словами – пытались понять ее энергетический баланс. С конца 1850-х годов Джон Тиндаль показывал, что атмосфера Земли должна оказывать парниковый эффект, поясняя то, что воздух у поверхности Земли теплый. Он также демонстрировал, что парниковые газы излучают и поглощают инфракрасную радиацию, что жизненно важно для понимания приземного энергетического баланса.

Сванте Аррениус развил эту идею в 1896 г., впервые выполнив расчеты влияния углекислого газа на температуру у поверхности Земли. В своей книге *Worlds in the Making* (Будущее мира), опубликованной в 1908 г., он утверждает, что «...повышение концентрации углекислого газа в воздухе в два раза повысит температуру у поверхности Земли в четыре раза...». Эта ранняя перспективная оценка хотя и находится в верхней части диапазона современных оценок, но все же находится в пределах этого диапазона.

Также интересно взглянуть, как Аррениус оценивал вызванное деятельностью человека изменение климата, его причину и влияние:

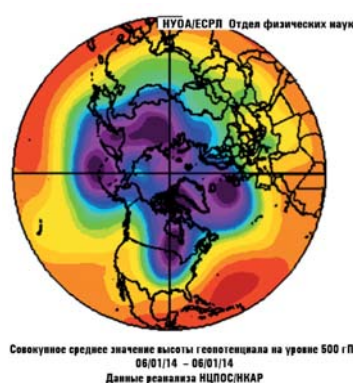
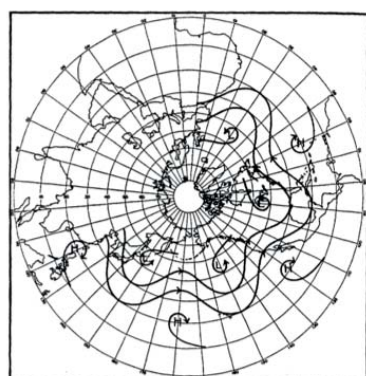
Того огромного количества угля, которое сжигают наши промышленные предприятия, достаточно, чтобы существенно увеличить содержание углекислого газа в воздухе... В результате влияния выросшего содержания углекислого газа в атмосфере мы можем надеяться, что будем наслаждаться временем, когда климат будет более равномерным и благоприятным, особенно в более холодных регионах Земли, временем, когда Земля даст намного более богатый урожай на благо быстро растущего населения земного шара.

На протяжении первой половины двадцатого века озабоченность по поводу изменения климата главным образом касалась возможности наступления очередного ледникового периода в соответствии с тем, как об этом говорили палеоклиматические записи, основанные на разного рода геологических признаках. В соответствии с тем, как думал Аррениус, глобальное потепление не считалось пока еще серьезной проблемой.

С точки зрения динамики климатической системы есть еще один аспект науки о климате, который имеет принципиальное значение: понимание того, как и почему климат того или иного региона меняется от года к году и от десятилетия к десятилетию под воздействием внутренних изменений в климатической системе, связанных с океанскими и атмосферными потоками и взаимосвязями между ними.

Если природа этих изменений будет раскрыта, можно будет прогнозировать изменение режимов погоды и климата, по меньшей мере, с сезонной заблаговременностью.





Пример волн в среднеширотных западных ветрах, который Россби приводит в своей работе о режимах планетарного потока в атмосфере в 1940 г. (Quart. J. Roy. Meteor. Soc.; левый рисунок) и реальный пример волн Россби в средней тропосфере (высота геопотенциала на уровне 500 гПа) 6 января 2014 г. во время экстремального холода в Северной Америке.

В то время как Тиндаль и Феррел размышляли о глобальных аспектах климатической системы, Индия играла все более важную роль для экономики Британской империи. Урожай индийского хлопка и зерна составляли почти одну пятую британской экономики и сильно зависели от муссонных дождей. Генри Бланфорд приехал в Индию в качестве первого британского директора (ответственного имперского метеоролога) Департамента метеорологии Индии. Он обнаружил климат, для которого «последовательность и регулярность являются такими же основными характеристиками атмосферных явлений в Индии, как изменчивость и неопределенность – для климата Европы». Бланфорд считал, что нашел в Индии настоящую лабораторию, чтобы понять, как работает погода.

Но вскоре ему пришлось столкнуться с великим голодом 1876–1878 гг., когда муссонных дождей совсем не было и британской экономике был нанесен серьезный ущерб. Он решил, что благодаря предполагаемой простоте индийского климата, можно будет выявить причины этого отсутствия муссонных дождей; с помощью прогнозирования климата можно было предвидеть и контролировать голод, а управлять Индией можно было бы более эффективно.

Таким образом, было положено начало растущему числу научных исследований, направленных на выявление взаимосвязей между изменениями климата в одном регионе и соответствующими изменениями – в другом, которые британский метеоролог сэр Жильберт Уолкер назвал дальними корреляционными связями.

В 1904 г. сэр Жильберт Уолкер приехал в Индию в качестве третьего британского директора (генерального директора по наблюдениям) Департамента метеорологии Индии. Он начал сводить воедино данные наблюдений со всего мира и выступил инициатором статистического прогнозирования климата, сконструировав «человеческий компьютер», при этом индийские сотрудники производили расчет множества статистических корреляций,

используя эти данные. Уолкер сказал так: «Я думаю, что взаимосвязи в мировой погоде такие сложные, что наш единственный шанс объяснить их состоит в накоплении фактов эмпирическим образом». Благодаря его усилиям удалось определить Южное колебание (и его связь с отсутствием дождя во время сезона дождей в Индии), Североатлантическое колебание и Северотихоокеанское колебание.

В последующие 50 лет статистическая климатология стала очень важной отраслью науки о климате, с помощью которой были разработаны системы эмпирического прогнозирования для предсказания сезонных изменений климата, такого, как, например, индийский муссонный климат. Но причины этих изменений климата плохо поддавались пониманию, именно в это время к делу подключается океанография.

Периодическое потепление и охлаждение восточной части экваториальной зоны Тихого океана – Эль-Ниньо и Ла-Нинья – известны достаточно давно, в частности перуанским рыбакам, которые видели, что их улов резко падает в годы Эль-Ниньо. В 1961 г. Вильгельм Бьеркнес установил связь между этим явлением в океане и Южным колебанием в атмосфере, и между двумя этими явлениями было признано наличие симбиотической взаимосвязи, известной под названием ЭНСО. Хотя Генри Бланфорд еще не знал, что причиной великого голода 1876–1878 гг. стало очень интенсивное явление Эль-Ниньо.

Итак, к тому времени, когда я начала свою карьеру в Метеорологическом бюро в 1972 г., динамическая метеорология и прогнозирование погоды, статистическая климатология, палеоклиматология и океанография прочно утвердились, а изменение науки о климате вот-вот должно было начаться.

### 1-е изменение: наблюдение за Землей

Сегодня мы обладаем огромным объемом информации о климате, о том, как он варьируется и изменяется благодаря широкому спектру наблюдений,



*Потоки энергии, проходящие через глобальную климатическую систему (Вт/м<sup>2</sup>) в соответствии с рисунком, взятым из работы Trenberth (2009).*

*Подчеркивается, что, хотя в верхней части атмосферы баланс наблюдается между суммарной коротковолновой солнечной радиацией и инфракрасным излучением Земли, у поверхности Земли баланс значительно более сложный. Он включает другие потоки энергии, помимо радиации, преимущественно возникающие в результате турбулентного переноса влаги. В атмосфере баланс еще более сложный и включает облака, излучение и поглощение тепловой радиации парниковыми газами и выделение скрытого тепла.*

особенно с помощью приборов, установленных на борту спутников. В 1970-е годы то, что мы знали, в первую очередь было основано на данных, получаемых с сети метеорологических наблюдений, которые использовались в прогнозировании погоды. Эти данные обеспечивали нам очень ограниченное представление об общей циркуляции атмосферы и очень неглубокое понимание роли водного цикла. В то время появлялись первые изображения с метеорологических спутников, показывающие, как организованы облака, и к началу 1980-х годов были выполнены первые прямые измерения радиационного баланса Земли.

В последующие десятилетия развитие группировки геостационарных спутников и спутников на полярной орбите обеспечило богатый ресурс для описания и мониторинга климатической системы. В дополнение к этому существует множество систем приземных наблюдений и наблюдений *in situ*, включая наземные метеорологические станции, метеорологические шары-зонды, самолеты, океанские буи, поплавки и суда.

Мы смогли определить глобальный поток энергии, проходящий через климатическую систему, с достаточной степенью точности, чтобы понять, что планета накапливает энергию благодаря увеличению концентрации парниковых газов в атмосфере, и мы знаем, что 90 % этой дополнительной энергии поглощается океанами. Мы знаем, что избыточное тепло, накапливаемое в тропиках, переносится к полюсам и что изменения фаз состояния воды – от испарения с поверхности Земли до конденсации в атмосфере, посредством которой формируются облака и осадки, – являются основополагающей частью энергетического цикла Земли.

По сути, способность климата Земли поддерживать воду в трех ее состояниях – твердом, жидком и газообразном – является одной из уникальных

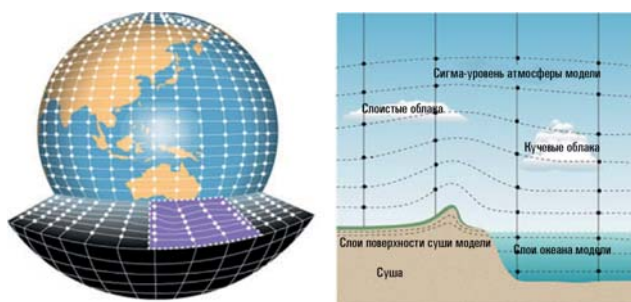
характеристик нашей планеты. Она означает, что в промежутке между поверхностью Земли и тропосферой тепло может быть взято из одного места и выпущено далеко от первоначального источника.

Сегодня наблюдение за Землей обеспечивает огромный объем информации о нашей климатической системе, однако не объясняет, почему климатическая система работает так, как она работает, как различные компоненты взаимодействуют между собой и обуславливают наблюдаемую нами изменчивость климата, и почему климат, видимо, меняется.

## 2-е изменение: модели климата

В принципе, фундаментальная физика дает полную информацию о движении атмосферы и океанов, о термодинамике водного цикла, о переносе радиации в атмосфере и о том, как атмосфера взаимодействует с подстилающей поверхностью. На практике нам приходится решать физические уравнения с помощью компьютера, разделив атмосферу Земли и океаны на миллионы объемных ячеек с использованием методов численных расчетов высокой сложности.

Первые модели климата, известные как модели общей циркуляции, были разработаны в 1950-х годах одновременно с численным прогнозированием погоды, которое также находилось на этапе становления. В то время модели были очень простыми по своей конструкции и первые расчеты производились только в отношении адиабатического потока без какого-либо учета гидрологического цикла. Но очень быстро стало понятно, что для того, чтобы получить что-то похожее на реальную циркуляцию, необходимо учитывать процессы, связанные с влагой, однако это вызвало ряд очень больших проблем, которые мы решаем до сих пор.



Схематическое изображение того, как модель климата разбивает атмосферу, океаны и земную поверхность на горизонтальные прямоугольники, обычно с длиной 100 км или менее, и как они укладываются в слои по вертикали, обычно бывает 70 слоев или более. Фундаментальные уравнения движения решаются численными методами с использованием такой сетки, позволяющей рассчитать, как атмосферные ветры и океанские течения развиваются с течением времени.

Проблема в том, что многие процессы, которые служат источником, например, конвекции кучевых облаков, конденсации и образования облаков и осадков, происходят в пределах значительно меньших масштабов, чем масштабы, которые позволяют рассматривать разрешение сетки модели. В этой связи разработка моделей общей циркуляции на раннем этапе большей частью была сконцентрирована на том, чтобы найти пути для отображения этих процессов подсеточного масштаба с помощью параметризации, благодаря которой воздействие этих процессов можно вычислить на основе воспроизводимых моделями крупномасштабных характеристик атмосферы. В последующие десятилетия эти параметризации получили существенное развитие на основе более глубоких теоретических знаний, более качественных наблюдений и развернутых лабораторных и полевых экспериментов.

Для ученых-климатологов модель климата является лабораторией. Мы не можем проводить эксперименты с реальной системой, чтобы проверить гипотезы, выдвинутые на основе теории и наблюдений, как это можно сделать в экспериментальной физике или химии. Вместо этого нам надо использовать модель для выяснения всех обратных связей и взаимодействий в рамках климатической системы с тем, чтобы понять, как система работает и почему она варьируется и изменяется. Это означает, что мы всегда проверяем правильность результатов, полученных с помощью наших моделей, используя теоретические знания и данные наблюдений, и всегда стремимся повысить точность моделей.

В последние несколько десятилетий модели позволили нам понять многие аспекты климатической системы начиная с вопроса о том, как обратные связи влажности почвы влияют на муссон Западной Африки, и заканчивая вопросом о том, почему то, что происходит в тропической зоне западной части Тихого океана, обуславливает климат в Северной Америке, и какое влияние 11-летний солнечный цикл оказывает на погоду зимой в СК. Мы узнали, как горы влияют на траектории циклонов, действительно ли снежный покров в Гималаях оказывает влияние на развитие Индийского муссона, и много других важных фактов. Все это было достигнуто благодаря тщательному проектированию экспериментов категории «что будет, если», проводимых на основе гипотез, предложенных по результатам наблюдений за прошлым и текущим климатом.

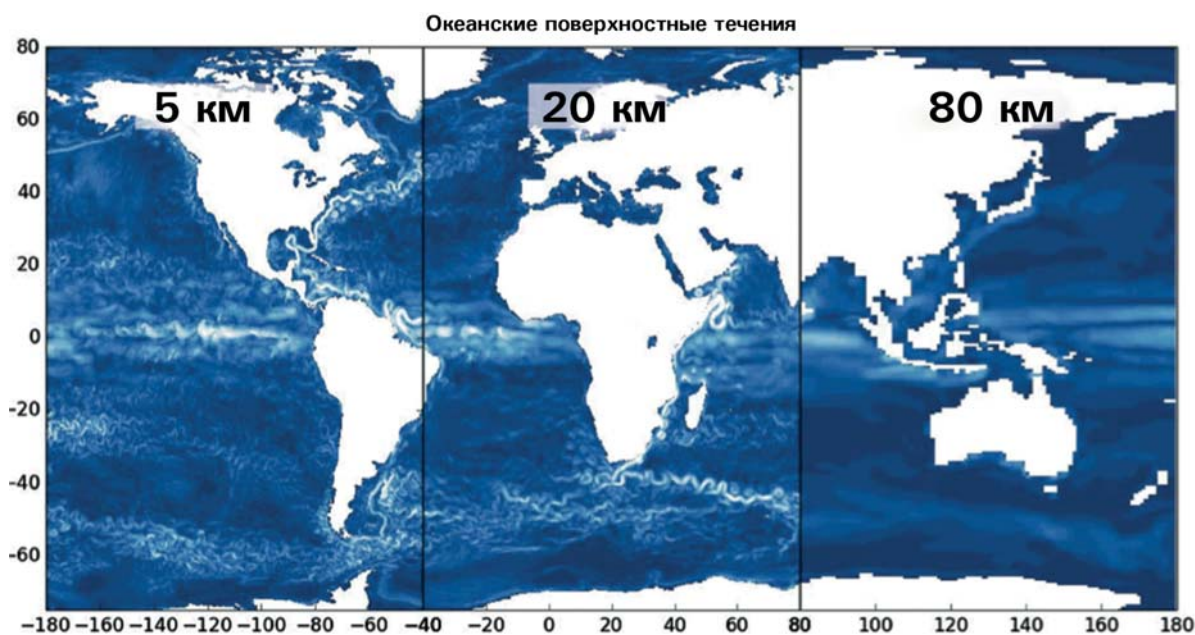
### 3-е изменение: вычисления с использованием суперкомпьютеров

Со времени своего появления климатические модели требовали очень большого объема вычислений, следовательно, наличие вычислительных мощностей определяло уровень сложности и тип экспериментов, которые можно было выполнить. Есть лишь несколько научных дисциплин, где прогресс можно тесно связать с увеличением вычислительных мощностей с использованием суперкомпьютеров.

Вычисления с использованием суперкомпьютеров изменили науку о климате. Они дали возможность повысить разрешение с тем, чтобы модели могли более подробно отражать метеорологические системы, которые образуют климат; они позволили ввести дополнительные компоненты климатической системы, такие как углеродный цикл и состав атмосферы, и трансформировать их в модели системы Земля; они обеспечили потенциал для проведения большого количества расчетов, чтобы проверять надежность и охватывать вероятный диапазон будущих состояний погоды и климата, которые могут возникнуть естественным образом из-за хаотической природы атмосферы и океанов.

Но сложность достигается за счет увеличения объема вычислений, и поэтому разрешение моделей климата было поставлено под сомнение с тем, чтобы получить возможность воспроизвести различные взаимодействия и обратные связи в климатической системе. Сейчас все больше признается, что многие эти взаимодействия и обратные связи происходят в рамках пространственных и временных масштабов, которые соотносятся с атмосферными и океанскими вихрями, и последние достижения в увеличении вычислительных мощностей способствуют этому.





Пример более точного описания потоков в верхнем слое океана с помощью модели климата Метеорологического бюро, имеющей более высокое разрешение. Показаны поверхностные течения, при этом самые сильные течения выделены белым цветом, и подчеркнута важность разрешения для описания океанских вихрей и западных пограничных течений, таких как Гольфстрим.

Особенно непростой задачей является повышение горизонтального (пространственного) разрешения; уменьшение длины сетки в два раза требует увеличения вычислительной мощности в десять раз. Даже самые последние модели, использованные в Пятом оценочном докладе (2013 г.) Межправительственной группы экспертов по изменению климата, имели разрешение более 100 км. Но ситуация быстро меняется по мере увеличения вычислительных мощностей, и все более глубокое понимание находит потребность ученых в том, чтобы воспроизвести в моделях атмосферные движения, т. е. погоду, а также то, как они переносят тепло, кинетическую энергию, влагу и другие компоненты атмосферы.

Океан потенциально ставит перед нами еще более трудную задачу, потому что масштаб, в рамках которого происходят вихри в океане, намного меньше масштаба, в рамках которого происходят вихри в атмосфере. Разрешение порядка 80 км, используемое в моделях климата, требует параметризации воздействия океанских вихрей и ставит под сомнение возможность воспроизвести компоненты океанской циркуляции, такие как Гольфстрим. Самые последние модели климата со значительно более высоким разрешением для океана порядка 20 км стали воспроизводить океанские вихри и ведут к значительному повышению точности, хотя, в принципе, считается, что для воспроизведения океанских вихрей нужно разрешение порядка 5 км. Помимо того, что области вихревой активности

имеют важное значение для переноса тепла в океане, они также являются областями высокой биологической активности и поэтому крайне важны для поглощения углерода океаном.

Таким образом, ученый-климатолог всегда стоит перед выбором, как лучше применить имеющиеся вычислительные ресурсы, пожертвовать ли разрешением ради сложности и размера ансамбля. Никогда не бывает единственного ответа; ответ зависит от научного применения и от уровня нашего понимания того, какое значение имеет этот выбор для точности моделирования или прогнозирования. Без сомнения, наличие вычислительных мощностей продолжает поддерживать науку о климате, и можно привести убедительные аргументы в пользу еще большего увеличения инвестиций.

#### 4-е изменение: глобальное потепление

В 1958 г. Чарльз Дэвид Килинг начал измерять концентрацию углекислого газа в атмосфере (CO<sub>2</sub>) на Мауна Лоа (Гавайи, США) и вскоре стал замечать, что концентрация систематически повышалась от года к году. Именно так началось огромное влияние, которое изменение климата, вызванное деятельностью человека, оказывает на науку о климате.

Первые модельные расчеты возможных последствий растущей концентрации CO<sub>2</sub> были выполнены в начале 1980-х годов, а к началу 1980-х годов они

стали неотъемлемой частью исследований климата в Метеорологическом бюро и в других организациях. В одном из чрезвычайно важных исследований 1974 г. под названием *The Effects of Doubling the CO<sub>2</sub> Concentration on the Climate of a General Circulation Model* (Воздействие увеличения вдвое концентрации CO<sub>2</sub> на климат по данным модели общей циркуляции), выполненном Суки Манабе и Дэвидом Уэзеральдом, прогнозируется глобальное потепление на 2,93 градуса по Кельвину (К), что близко к середине диапазона сегодняшних оценок. Они также предсказали ряд других факторов, которые мы сегодня рассматриваем как показатели изменения климата, вызванного парниковыми газами, такие как охлаждение стратосферы, усиление потепления на полюсах и более сильное потепление в верхних слоях тропической тропосферы.

Необходимость понять чувствительность климатической системы к воздействию парниковых газов, без сомнения, оказала большое влияние на развитие моделей. Были предприняты крупные инициативы с участием национальных и международных научных партнерств, начиная от введения в действие полностью интерактивной модели океана, чтобы разрешить вопросы, связанные с поглощением тепла океаном, и заканчивая разработкой моделей растительности суши и биохимии океана, чтобы понять роль углеродного цикла в усилении глобального потепления, использованием комплексной микрофизики облаков, чтобы понять обратные связи облаков, и разработкой интерактивных моделей море–лед, чтобы рассмотреть проблему усиления потепления на полюсах.

Ко времени, когда МГЭИК опубликовала свой Пятый оценочный доклад в 2013 г., факты, говорящие о потеплении на нашей планете, были неоспоримыми. «Весьма вероятно, что большая часть наблюдаемого повышения глобальной приземной температуры в период с 1951 г. обусловлена влиянием человека». Это утверждение было основано на использовании моделей климата, чтобы выяснить, каким бы был климат Земли без антропогенных выбросов парниковых газов и изменения в землепользовании. Без развития сложных моделей климата в последние 50 лет невозможно было определить факторы, связанные с человеком, в качестве причины глобального потепления.

Установление причины глобального потепления в настоящее время не ограничивается одним лишь рассмотрением глобальной средней приземной температуры, но учитывает и другие компоненты, более широкий круг региональных аспектов климатической системы и даже экстремальные явления, такие как наводнения, засуха и волны тепла. Год за годом появляются новые факты, свидетельствующие, что изменение климата, вызванное деятельностью человека, вносит вклад в интенсивность этих видов явлений.

Несмотря на все споры по вопросу неопределенности в климатических моделях и перспективных оценках изменения климата, возможно, одним из самых важных итогов Пятого оценочного доклада МГЭИК явился очень простой и непреложный факт, что если мы продолжим накапливать углерод в атмосфере, то планета продолжит нагреваться, как и предполагал Аррениус в 1866 г. Без сомнения, изменение климата является одной из определяющих проблем для XXI века.

## Помощь в планировании безопасного и устойчивого будущего

В 1990 г., в то время, когда был опубликован первый Доклад МГЭИК, премьер-министр Маргарет Тетчер создала в Метеорологическом бюро Центр климатических предсказаний и исследований имени Гадлея. Ее слова также актуальны сегодня, как они были актуальны 25 лет назад:

«Сейчас мы можем сказать, что у нас есть Отчет эксперта и он показывает, что есть недостатки и что работу по устранению этих недостатков необходимо начать без промедления. ...Мы бы подвергли большому риску будущие поколения, если бы, получив это заблаговременное предупреждение, мы ничего не предприняли бы или просто бы заняли такую позицию: «Ну, я до этого не доживу!» Проблемы дадут о себе знать не в будущем – они здесь и сейчас, – и именно наши дети и внуки, которые уже, подрастают, столкнутся с этими проблемами».

Эволюция науки о климате означает, что сегодня она готова сыграть центральную роль в оказании нам помощи в планировании безопасного и устойчивого будущего. Прогностический потенциал моделей климата позволяет нам «заглянуть в будущее» с тем, чтобы мы могли лучше подготовиться к тому, чтобы справляться с рисками, с которыми мы сталкиваемся в результате вмешательства человека в климатическую систему.

Целесообразно вернуться к началу этой статьи – «Климат – это то, что вы ожидаете, погода – это то, что вы получаете». Благодаря эволюции науки о климате, кратко описанной выше, мы стали все более и более осознавать, что различия между погодой и климатом не существует; они опираются на одну и ту же науку. Если мы посмотрим в будущее и на потепление климата на планете, то самые сильные последствия дадут о себе знать посредством изменений в погоде, особенно в опасных явлениях погоды, таких как наводнения, штормы и волны тепла. Следующим большим шагом будет трансформация науки о климате в науку, которая занимается локальной погодой.

# Технический регламент ВМО

## Интервью с Димитаром Ивановым

Секретариат ВМО

*Димитар Иванов является начальником Отдела авиационной метеорологии и сотрудником, отвечающим за системы менеджмента качества. В последние пять лет он оказывает методическую и консультативную помощь по обновлению и внесению изменений в Технический регламент ВМО. Г-н Иванов имеет богатый опыт в разработке и обеспечении функционирования нормативной основы для предоставления метеорологического обслуживания авиации, накопленный в связи с работой на национальном уровне и в Международной организации гражданской авиации (ИКАО). Принимая во внимание высокий приоритет, приданный Семнадцатым Всемирным метеорологическим конгрессом (2015 г.) повышению в масштабах Организации культуры соответствия международным нормативным положениям, которые публикует ВМО, что является одной из ее основных функций, Бюллетень взял интервью у г-на Иванова по этому вопросу.*

### Существует ли связь между темой «облаков» и Техническим регламентом ВМО?

Боб Дилан пел: «Человек дал имена всем животным». Аналогичным образом ВМО дала названия всем облакам, точнее, ее предшественница участвовала в этом процессе задолго до существования ВМО в ее нынешнем виде. В течение девятнадцатого века многие ученые и специалисты, наблюдающие за небом, предпринимали усилия на международном уровне, чтобы прийти к соглашению по вопросу классификации облаков на основе их внешнего вида и физических характеристик. Работой руководила Международная метеорологическая организация, и в результате был разработан Международный атлас облаков, том 1, который сегодня служит в качестве Приложения I к Техническому регламенту ВМО.

Стандартизированные наблюдения были чрезвычайно важны на заре прогнозирования погоды, которое в то время считалось смесью науки, искусства и черной магии. Умение «читать небо» благодаря знанию типов облаков и их физических связей с фронтальными системами и характеристиками воздушных масс имело принципиальное значение для прогнозистов.

### Когда ВМО начала разрабатывать международные правила?

Стандартизация в области метеорологии появилась раньше ВМО, как это видно из отрывка из письма-приглашения Первому Международному метеорологическому конгрессу, написанного во

время Лейпцигской конференции в августе 1872 г.: «В настоящее время возрастающий интерес к исследованиям в области метеорологии, продемонстрированный всеми цивилизованными странами, привел к тому, что появилась потребность в масштабной координации и стандартизации методов и процедур, используемых в разных странах». Лейпцигская конференция заложила ряд основных особенностей международного подхода к метеорологии, включая стандартизированные наблюдения, телеграфный обмен данными, координацию и управление на международном уровне путем создания специализированного международного органа. ИМО была создана на год позже, в сентябре 1873 г., на Первом Международном метеорологическом конгрессе.

Попытки осуществить стандартизацию начались даже раньше. Так называемая шкала Бофорта для оценки силы ветра была разработана в 1805 г., а первая международная метеорологическая конференция, известная под названием «Морская конференция», состоялась в Брюсселе в августе 1853 г. Эта конференция заложила основу для стандартизированных морских наблюдений и стандартизации судовых журналов погоды, что позволило лейтенанту Метью Фонтейну Мори разработать карты ветров над океанами.

В течение почти 80 лет своего существования (с 1873 по 1951 г.) ИМО была главным органом, активно поддерживающим стандартизацию. Она создала структуру, которая сослужила международной метеорологии хорошую службу и включила в себя технические комиссии, которые являлись особенно



эффективным инструментом поддержки международной стандартизации наблюдений и методов обмена данными наблюдений. Стандартизации и оптимизации наблюдений за погодой и процедурам подготовки отчетов уделялось огромное внимание на совещаниях ИМО.

Первым прототипом нормативного документа стал *Международный атлас облаков*, о котором упоминалось выше. Он был впервые опубликован в Париже в 1896 г., а более полное, второе, издание появилось в 1910 г. Последнюю версию ВМО наметила опубликовать одновременно с данным номером Бюллетеня, т. е. через 121 год после выхода первой версии.

Очень сильный импульс развитию общей глобальной основы для технических регламентов был дан после Первой мировой войны с появлением международного воздушного транспорта. Авиация является одной из отраслей, наиболее зависимых от погоды, а первые годы ее существования это проявлялось даже в большей степени. Наблюдения и сводки по аэродромам имели важнейшее значение для планирования и безопасности полетов, и их необходимо было строго стандартизировать, учитывая растущее число регулярных международных полетов.

Но концепция глобальной сети станций, выполняющих стандартизированные наблюдения и осуществляющих обмен данными путем использования общих протоколов, реально претворилась в жизнь только после того, как в начале 1960-х годов была создана Всемирная служба погоды ВМО. Это положило начало следующему раунду интенсивного создания стандартов и явилось большим шагом вперед в глобализации метеорологических сетей с использованием появляющихся спутниковых наблюдений и с развитием численного прогнозирования погоды. Чтобы работать успешно для всех трех глобальных компонентов Всемирной службы погоды – Глобальной системы наблюдений (ГСН), Глобальной системы телесвязи (ГСТ) и Глобальной системы обработки данных и прогнозирования (ГСОДП) – нужна была прочная нормативная основа, которая была коллективно поддержана и реализована всеми Членами ВМО.

### **Укрепило ли разработку стандартов в области метеорологии преобразование ИМО в ВМО?**

Преобразование ИМО в ВМО в значительной степени было обусловлено желанием усилить международную стандартизацию и регламенты. Как ассоциация метеорологических служб ИМО была организацией, которую сегодня назвали бы неправительственной организацией (НПО). Ее технические комиссии пытались ввести определенные стандарты

и унифицированные процедуры, отсюда вытекает, что по мере роста международного обмена данными необходимость в стандартизации определенных аспектов, таких как калибровка приборов и используемые единицы измерения, стала очевидной. Но эти ранние «стандарты» были чисто добровольными и их соблюдение было нестабильным. Профессор Пол Эдвардс описал сложившуюся ситуацию в своем очерке *Meteorology as Infrastructural Globalism* (Метеорология как инфраструктурный глобализм):

Пример ИМО был типичным для научных международных организаций в период до Второй мировой войны. В течение 75 лет организация оставалась кооперативной неправительственной ассоциацией национальных метеорологических служб. Принципы взаимодействия строились на исключительно добровольной основе. В результате стандарты и принципы деятельности функционировали только как рекомендации, от которых страны могли свободно отказаться или просто их проигнорировать. На практике национальная принадлежность и независимость часто значили больше, чем международные стандарты, хотя вежливые формулировки научного обмена приглушали соперничество между государствами. Каждая национальная метеорологическая служба сама определяла баланс между стандартами ИМО и своими собственными методиками, которые подчас от этих стандартов отклонялись. Неоднозначное отношение к межправительственному статусу среди директоров национальных метеорологических служб, которые опасались бюрократического вмешательства, сохраняло организацию в таком состоянии вплоть до времени перед Второй мировой войной.

Потребность в правительственной власти для согласованного и единообразного ввода в действие международных стандартов стала одной из движущих сил перехода к новой межправительственной форме организации. На совещании ИМО в Берлине в 1939 г. было сказано: «Принимая во внимание постоянно растущую практическую важность метеорологии, желательно, чтобы правительства оказывали большее влияние на работу Организации. Резолюции Организации должны в большей степени быть обязательными для исполнения странами».

Когда ВМО была создана в 1951 г. и стала специализированным учреждением Организации Объединенных Наций, все «протостандарты», разработанные в рамках ИМО, стали резолюциями ВМО. Второй Конгресс ВМО в 1955 г. определил Технический регламент ВМО и термины «стандартные метеорологические практики и процедуры» и «рекомендованные метеорологические практики и процедуры».

Он также принял Технический регламент ВМО (тома I и II) к исполнению начиная с 1 июля 1956 г. С того времени Регламент расширялся и корректировался по мере необходимости, чтобы отразить меняющиеся потребности Членов и пользователей, принимая во внимания достижения в области науки и техники.

### **На каком основании была определена роль ВМО как органа по стандартизации?**

Роль ВМО как органа по стандартизации была определена в ее Конвенции. В статье 2 Конвенции оговорено, что одна из целей ВМО заключается в том, чтобы «содействовать стандартизации метеорологических и других соответствующих наблюдений и обеспечивать единообразное издание данных наблюдений и статистических данных». Более того, общий круг ведения технических комиссий ВМО предусматривает, что каждая комиссия «разрабатывает для рассмотрения Исполнительным советом и Конгрессом предлагаемые международные стандарты для методов, процедур, методик и практики в метеорологии и оперативной гидрологии, включая, в частности, соответствующие части Технического регламента, руководств и наставлений». Таким образом, Технический регламент всегда является одним из важных результатов работы экспертных органов ВМО, поддерживающим создание и непрерывное развитие глобальной инфраструктуры и обслуживания.

Как и ряд других организаций и учреждений Организации Объединенных Наций ВМО является частью системы международных органов по стандартизации. Международная организация по стандартизации (ИСО) признала ВМО в этом качестве в декабре 2007 г. С этого времени ИСО и ВМО работают над созданием совместных стандартов. ВМО также работает в тесном контакте с другими организациями, например с Международной организацией гражданской авиации, чтобы разрабатывать совместные нормативные положения для своих Членов.

### **Какую структуру имеет Технический регламент ВМО?**

Важно понять разные типы нормативных и методических материалов ВМО и их значение для национальных метеорологических и гидрологических служб Членов, а также других поставщиков обслуживания и заинтересованных сторон.

Техническую норму ВМО можно определить либо как «стандартную практику или процедуру», либо как «рекомендованную практику или процедуру»; эти практики или процедуры соответственно обозначаются как «стандарты» и «рекомендации». Распространенное ошибочное мнение заключается в том, что

только стандарты являются настоящими нормами, а рекомендации – это методический материал. На самом деле и те и другие являются нормативным материалом, но есть разница в их статусе с точки зрения обязательности их выполнения. По определению, стандарты – это «практики и процедуры, которые предусматривают, что Членам необходимо им следовать или их выполнять», а рекомендации – «это практики и процедуры, которые предусматривают, что Членам желательно им следовать или их выполнять». И стандарты, и рекомендации связаны со статьей 9 Конвенции ВМО, которая предусматривает в целом, что все Члены «должны сделать все возможное, чтобы выполнить решения Конгресса» – так как нормативные положения, разработанные ВМО, как правило, утверждаются Конгрессом или Исполнительным советом, то они определяются как «решения Конгресса». Статья 9 также предусматривает обязанность Членов уведомить Генерального секретаря, если они считают нецелесообразным выполнять определенные технические положения, и объяснить причины.

В английской версии Технического регламента ВМО есть простой способ провести различие между стандартами и рекомендациями: стандарты определяются с помощью глагола «shall» (должен), а рекомендации – с помощью глагола «should» (следует).

Эти два типа правил необходимы в связи с разным уровнем требований, которые они предусматривают, и в связи с их пригодностью для выполнения на глобальном уровне. С развитием технологии новые требования могли бы первоначально вводиться в действие как рекомендации, с пониманием того, что менее развитым Членам может потребоваться время для обретения необходимых технических возможностей для их выполнения. В этой связи техническим комиссиям дано указание, что им «не следует рекомендовать применение какого-либо правила в качестве стандартной практики, если это не поддерживается подавляющим большинством».

Как правило, Членам, в зависимости от своих потребностей и технических возможностей, следует относиться к стандартам как к требованиям, обязательным для исполнения, а к рекомендациям как к требованиям, весьма желательным для исполнения в возможно короткие сроки. Членам настоятельно рекомендуется информировать Секретариат о любых трудностях, с которыми они могут столкнуться при осуществлении технических норм, обеспечивая таким образом важную обратную связь для непрерывного совершенствования процесса стандартизации.

Весь Технический регламент ВМО входит в Сборник основных документов № 2, который представляет

собой сборник документов, состоящий из трех томов и имеющий номер ВМО-№ 49, при этом Том I имеет восемь приложений. Приложения, называемые «наставлениями», также содержат стандарты и рекомендации для конкретных систем и видов обслуживания.

Третья часть Технического регламента ВМО содержит сборник руководств, описывающих практики, процедуры и спецификации, которые «Членам предлагается соблюдать или выполнять» при разработке и осуществлении своих мер, направленных на обеспечение соответствия правилам Технического регламента, а также при развитии метеорологического и гидрологического обслуживания в их соответствующих странах. Руководства по своей природе не являются нормативными документами, но тем не менее они очень важная часть процесса стандартизации, так как содержат практические рекомендации и возможности выбора, основанные на наилучших видах практики, выявленных Членами. Одним из таких примеров служит *Руководство по метеорологическим приборам и методам наблюдений* (ВМО-№ 8), которое является одним из бестселлеров ВМО на все времена.

### **Каким образом технические нормы используются Членами и как обеспечивается их применение?**

Как отмечено выше, статья 9 Конвенции призывает Членов «сделать все возможное» для выполнения решений Конгресса, включая принятые стандарты и рекомендованные практики. Некоторые авторы считают, что эта формулировка, имеющая «рекомендательный» характер, является результатом дискуссий между директорами метеорологических служб при преобразовании ИМО в ВМО. Таким образом, можно утверждать, что в Техническом регламенте нет ничего строго обязательного, но основная мотивация заключается в том, что все Члены будут осуществлять взаимодействие в рамках глобальных усилий, которые требуют высокого уровня стандартизации. Подавляющее большинство членов действительно следуют международным нормам, осуществляя процедуры и практики на национальном уровне, хотя некоторые отклонения случаются в связи с местными обстоятельствами институционального или технического характера. Ряд резолюций Конгресса и Исполнительного совета указывают на необходимость и поддерживают единообразное осуществление стандартов всеми Членами. Также организуется соответствующая деятельность по развитию потенциала.

Данные каждого Члена используются многими другими Членами, и поэтому стандартизация и функциональная совместимость имеют большое значение. Члены осуществляют Технический регламент в рамках

своих национальных систем и практик, например, стандарты для синхронизированных синоптических наблюдений изложены в *Наставлении по Глобальной системе наблюдений* (ВМО-№ 544), и все Члены организуют свои национальные системы таким образом, чтобы наблюдения выполнялись в основные стандартные сроки (00.00, 06.00, 12.00, и 18.00 ВСВ) и в промежуточные стандартные сроки (03.00, 09.00, 15.00, и 21.00 ВСВ). Другие стандарты определяют типы центров, которые необходимо создать, чтобы обеспечить бесшовное функционирование Информационной системы ВМО (ИСВ). В *Наставлении по Информационной системе ВМО* (ВМО-№1060) описаны процедуры назначения и функциональные требования для трех типов центров ИСВ: национальных центров, центров сбора данных или продукции и глобальных центров информационной системы. Стандарты и рекомендованные практики для предоставления метеорологического обслуживания конкретным секторам, например авиационному или морскому секторам, существуют уже многие годы. Технические спецификации, касающиеся кодирования метеорологической, гидрологической, климатологической и другой соответствующей информации, также включены в Технический регламент ВМО.

Как было показано выше, ВМО использует свои экспертные технические органы для создания всеобъемлющей международной основы, которая позволяет осуществлять глобальную стандартизацию систем, методов и процедур. Эта стандартизация имеет крайне важное значение для единообразного осуществления основной деятельности метеорологических, гидрологических и других учреждений Членов, то есть, для мониторинга атмосферы и гидросферы, проведения анализа и прогнозирования, предоставления необходимых видов обслуживания разным пользователям. Члены обеспечивают соответствие международным стандартам и рекомендациям посредством включения Технических положений ВМО в соответствующие национальные нормативные и регламентные документы. Таким образом, международные нормы можно ввести в действие на национальном уровне и обеспечить участие и вклад Членов в региональные и глобальные системы и виды обслуживания.

### **Как будет выполняться рекомендация Семнадцатого конгресса по повышению в масштабах Организации культуры соответствия?**

Семнадцатый конгресс еще раз подчеркнул, что достижение соответствия Техническому регламенту имеет важнейшее значения для глобальной стандартизации и функциональной совместимости систем, сетей, методов и соответствующих видов обслуживания,



**ВМО использует свои экспертные технические органы для создания всеобъемлющей международной основы, которая позволяет осуществлять глобальную стандартизацию систем, методов и процедур.**

предоставляемых на глобальном, региональном и национальном уровнях. Это было сделано в ответ на то, что были отмечены случаи отклонений или медленного выполнения некоторых требований, разработанных на основе стандартных и рекомендованных практик и процедур. Такие случаи несоответствия обычно классифицируются как «недостатки», которые влияют на работу отдельных поставщиков обслуживания. Это имеет важные последствия, потому что сети и системы ВМО построены на основе коллективного потенциала Членов, которые предоставляют свою инфраструктуру и данные на региональном и глобальном уровнях. Таким образом, любые недостатки, связанные с недостаточной стандартизацией процедур и практик, влияют на работу системы в целом. Конгресс пояснил, как эти недостатки можно преодолеть путем скоординированных усилий в масштабах Организации с участием технических органов, которые разрабатывают стандарты, учреждений Членов, которые их осуществляют, и региональных органов и Секретариата, которые отвечают за контроль качества и мониторинг.

В качестве следующего шага шестьдесят восьмая сессия Исполнительного совета приняла дорожную карту по расширению рамочной основы Технического регламента ВМО, в которой обозначены действия технических комиссий, региональных ассоциаций, Членов и Секретариата, выполнение которых приведет к достижению желаемой культуры соответствия. В рамках этой дорожной карты техническим комиссиям было поручено провести обзор и обновить все соответствующие нормативные документы ВМО до Восемнадцатого конгресса ВМО в 2019 г.

Потенциал в области разработки стандартов планируется повышать на основе Руководящих принципов подготовки и публикации Технического регламента ВМО (ВМО-№ 1127), а для экспертов, участвующих в разработке

Технического регламента и внесении поправок, разработана и внедрена программа обучения. Совершенствование систематического мониторинга соответствия и выявление недостатков также являются частью повышения культуры соответствия.

### **Какую роль играет Секретариат в подготовке и публикации Технического регламента?**

Когда готовится новый или с внесенными поправками технический нормативный или методический материал, Секретариат играет важную роль в редактировании и публикации одобренных тестов. Во время процесса редактирования основная задача заключается в обеспечении согласованности и однородности всех публикаций ВМО, которые содержат технические нормы. Это затрудняется тем фактом, что нормативный материал готовят восемь технических комиссий и их многочисленные экспертные органы. В этой связи все сотрудники, содействующие работе этих групп, должны быть готовы дать консультацию во время процесса редактирования.

После того как Технический регламент введен в действие, Секретариат контролирует его осуществление ответственными учреждениями Членов, а именно национальными метеорологическими и гидрологическими службами. Региональные ассоциации играют ключевую роль в сборе информации о состоянии осуществления Регламента в соответствующих регионах. В случае выявления несоответствия Секретариат координирует соответствующие действия по развитию потенциала с такими Членами, чтобы обеспечить эффективное осуществление. Во многих случаях более развитые Члены оказывают техническое содействие Членам, которые менее развиты, с тем, чтобы устранить недостатки и повысить показатель соответствия до желаемого уровня, что является отличной демонстрацией упомянутой выше культуры соответствия в масштабах Организации.

## Принимая во внимание возрастающее участие частного сектора в предоставлении обслуживания, связанного с погодой, как, по Вашему мнению, будет эволюционировать нормативная роль ВМО?

Два движущих фактора стимулируют текущую активную работу над Техническим регламентом ВМО: достижения в области технологии и меняющиеся потребности пользователей в отношении метеорологической, гидрологической и климатологической информации и обслуживания.

С технологической точки зрения глобальные системы ВМО претерпели изменения в последнее десятилетие: Интегрированная глобальная система наблюдений ВМО (ИГСНВ), ИСВ и новая бесшовная ГСОДП являются существенным улучшением компонентов системы Всемирной службы погоды. Также развивается климатическое обслуживание и обслуживание в области снижения риска бедствий с расчетом на включение в перечень видов деятельности национальных метеорологических и гидрологических служб. Такое развитие ситуации требует обновления и расширения международной нормативной основы.

Другие элементы стандартизации ориентированы на потребности пользователя. В соответствии с общей тенденцией, направленной на осуществление стандартизации с учетом эффективности деятельности, были разработаны требования, обеспечивающие, чтобы обслуживание, предоставляемое различным группам пользователей, отличалось высоким качеством, было надежно и соответствовало целевому назначению. Сюда включаются стандарты и рекомендации, касающиеся компетенций и квалификации, которые необходимо иметь персоналу, задействованному в предоставлении обслуживания для поддержки принятия решения, такого как обслуживание авиации и метеорологическое обслуживание населения. Другие требования, касающиеся обеспечения качества такого обслуживания, уже введены в действие или находятся в стадии разработки.

Так как участие частного сектора выросло практически в каждой области деятельности, традиционно относившейся к компетенции государственных учреждений, мы можем теперь говорить о глобальной метеорологической отрасли. В наилучших интересах всех участников этой отрасли работать в рамках согласованных общих правил и стандартов, особенно правил и стандартов, касающихся однородности и качества данных наблюдений, соответствующей политики в области данных, методов обработки и атрибутов обслуживания. Таким образом, ведущая роль ВМО как организации по международной стандартизации не только останется и даже возрастет, но также будет развиваться, чтобы быть сбалансированной и направленной на благо каждого участника этой отрасли, как из государственного, так и частного секторов.

Так как участие частного сектора выросло практически в каждой области деятельности, традиционно относившейся к компетенции государственных учреждений, мы можем теперь говорить о глобальной метеорологической отрасли.

## Классификация выбора места для наземных станций приземных наблюдений

Классификация выбора места для наземных станций приземных наблюдений является первым общим стандартом ИСО/ВМО. Она была опубликована ИСО в качестве стандарта ИСО 19289:2014 (EN) и ВМО в Руководстве ВМО по метеорологическим приборам и методам наблюдений (ВМО-№ 8, Руководство КПМН), часть I, глава I, приложение 1В. Руководство относительно того, как применять классификацию и осуществлять обмен инструментами, которые НМГС используют у себя для применения этой классификации, можно найти по следующему адресу: <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/SitingClassif/SitingClassif.html>

## Библиография

- Edwards, Paul N., A Vast Machine, MIT Press (2010)
- Edwards, Paul N., Meteorology as Infrastructural Globalism (2006), The History of Science Society
- E. I. Sarukhanian and J.M. Walker, The International Meteorological Organization (IMO) 1879–1950
- Guidelines on the Preparation and Promulgation of the WMO Technical Regulations (WMO-No. 1127)
- ISO/IEC Directives Part 2, Principles and rules for the structure and drafting of ISO and IEC documents (Edition 7.0 2016-05)
- WMO Technical Regulations, Volume I – General Meteorological Standards and Recommended Practices, 2015 Edition (WMO-No.49)



# Фотоочерк: лауреаты конкурса фотографий для календаря ВМО

На переднем плане – кучевые мощные облака, в центре заднего плана – кучево-дождевые волосатые облака с наковальней. «Перед бурей», Давор, Хорватия



Даниэль Павлинович

Слоистые непросвечивающие облака. «Бегущий над облаками», Словения



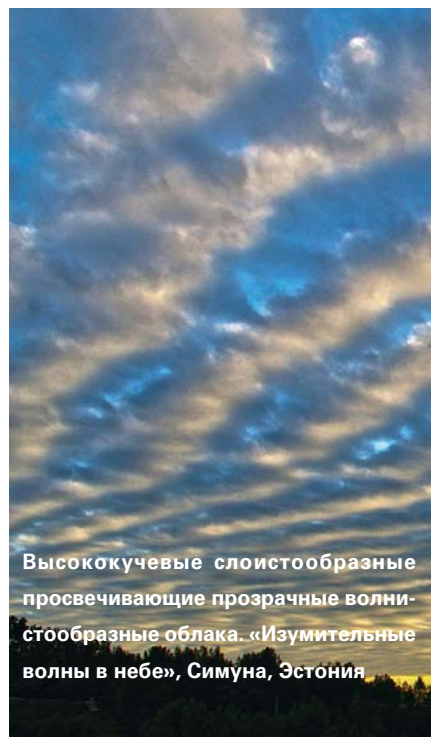
Зоран Станко



На переднем плане – кучевые мощные облака, в центре заднего плана – кучево-дождевые волосатые облака с наковальней. «Перед бурей», Давор, Хорватия



Высококучевые шероховатые вымяобразные облака. «Небесные волны», Паневежис, Литва



Высококучевые слоистообразные просвечивающие прозрачные волнистообразные облака. «Изумительные волны в небе», Симуна, Эстония





Ивица Брлич



Высококучевые слоистообразные непросвечивающие двойные волнистообразные облака, перистые когтевидные облака и перисто-слоистые облака. «Слои», небо Кабо-Верде

Анья Коста



Ареидас Латвис



Перламутровое облако. «Радужные облака», Осло, Норвегия

Вессе Огаард



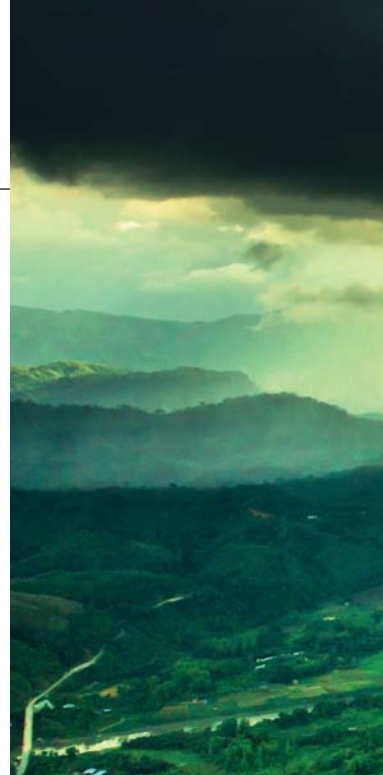
Кайро Китсак





Высококучевые двойные облака. «Мегхадута – облако-вестник», Мельбурн, Австралия

Шаймале Сабраманьян



«Игра цветов», Пасад Сити, Филиппины

Рамон Сантьяго



Перисто-кучевые слоистообразные сформированные под влиянием человека и преобразовавшиеся в другой вид облака. «Небо на закате солнца», Джойс, Австрия

Лука Филиппи





Кучевые мощные дающие осадки облака. «Сила природы», Бандарбан, Бангладеш



Шамим Шориф Сусом



Розмари Штайнер

Облака кучево-дождевые волосатые с наковальной, дающие осадки с грозовым валом. «Валовое облако Дроманы», Виктория, Австралия



Перисто-слоистые волокнистые когтевидные, хлоптевидные и башенковидные облака, Графство Ливингстон, штат Нью-Йорк, США

Майкл Ханна



Кучево-дождевые волосатые с наковальной дающие осадки облака-стены. «Сверхъячейка в Канзасе», Канзас, США

Валентина Абинантти



# Годовой глобальный углеродный бюджет

Джозеф (Пеп) Канаделл<sup>1</sup> и Дэвид Карлсон<sup>2</sup>

Ежегодно начиная с 2005 г. сообщество исследователей в рамках Глобального углеродного проекта выпускает данные о глобальном углеродном бюджете, определяя количество выбросов CO<sub>2</sub> за предыдущий год и оценивая распределение этого количества между атмосферой, океаном и сушей. Этот тщательный учет вмешательства человека в естественный углеродный цикл, наряду с количественной оценкой неопределенностей относительно каждого источника и поглотителя, позволяет научному сообществу понимать и контролировать основные компоненты глобального углеродного цикла и происходящие в нем процессы.

Годовой углеродный бюджет также обеспечивает очень полезный ресурс для рамочной основы политики в области климата, предоставляя авторитетные данные о последних трендах, а также скорректированные данные о допустимых количествах выбросов применительно к заданным целевым показателям для стабилизации климата. Есть все основания считать, что годовой углеродный бюджет является высококачественной научной продукцией большой политической значимости.

## Бюджет для углерода?

Чтобы контролировать финансовый бюджет, необходимо знать баланс между доходами и расходами. Также и с углеродом: используя CO<sub>2</sub> в атмосфере в качестве соответствующего «счета», можно количественно определить поступление (источники) и расход (поглотители). Глобальный углеродный бюджет определяет поступление CO<sub>2</sub> в атмосферу за счет выбросов от деятельности человека, которое уравновешивается расходом (накоплением) в резервуарах углерода на суше или в океане. Можно записать углеродный бюджет как относительно простое равенство:

Источники = количество в атмосфере плюс количество в поглотителях, где поглотители подразумевают удаление из атмосферы и поступление в океан или на сушу.

Для любого данного количества выбросов если меньше углерода поступает на сушу или в океан, то в атмосфере его останется больше.

Точнее говоря:

Выбросы при сжигании ископаемого топлива + выбросы в результате изменений в землепользовании = повышение концентрации в атмосфере + количество, поступающее (химическим и биологическим путем) в океан + количество, поступающее в растительность суши и почву.

За последний отчетный 2015 г. годовой углеродный бюджет<sup>3</sup>, выглядит следующим образом (в гигатоннах углерода в год, ГтУ/год<sup>-1</sup>):

9,9 ± 0,5	1,3 ± 0,5	=	6,2 ± 0,2	3,0 ± 0,5	2,0 ± 0,9
Выбросы от ископаемого топлива (включая цементное производство)	Изменения в землепользовании, главным образом обезлесение		Повышение концентрации в атмосфере (6,2 ГтУ = 2,9 ч/млн)	Поглощение океаном	Поглощение сушей

## Составление бюджета: выбросы

Группа по составлению бюджета определяет количество выбросов от сжигания ископаемого топлива и промышленного производства на основе статистических данных энергетики и надежных производственных данных. В большинстве случаев эти данные основаны на национальных выбросах по оценке самих стран. Группа по составлению углеродного бюджета полагает, что национальные данные о выбросах, представляемые в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИКООН), имеют наивысший уровень точности, поскольку 1) местные эксперты имеют доступ к информации по своим странам и 2) оценки национальных выбросов подвергаются периодическому аудиту с использованием международной методологии, контролируемой РКИКООН. Они также используют комплект данных о глобальных и национальных выбросах, составленный

<sup>1</sup> Проект по глобальному углероду, Дирекция КСИРО по океанам и атмосфере

<sup>2</sup> Директор, Всемирная программа исследований климата, ВМО

<sup>3</sup> Le Quéré, C., et al.: 2016, doi:10.5194/essd-8-605-2016

в основном по энергетическим данным, которые предоставлены Статистическим отделом ООН и подготовлены Центром анализа и информации о диоксиде углерода (СДИАК). Этот комплект содержит согласующиеся между собой и документально подтвержденные данные о выбросах от сжигания ископаемого топлива, цементного производства и сжигания попутного газа начиная с 1751 г. Для двух лет, непосредственно предшествующих расчету каждого годового углеродного бюджета, до появления данных РКИКООН и ООН группа использует годовой энергетический обзор, который готовит и публикует компания «British Petroleum».

Как правило, глобальные суммарные выбросы не полностью соответствуют сумме национальных выбросов главным образом вследствие выбросов от международного судоходства и авиации, которые выходят за пределы национальных территорий. Другие неопределенности, касающиеся выбросов, связаны с неопределенностями в количестве потребляемого топлива, углеродной и тепловой составляющими топлива и эффективностью его сгорания. Посредством тщательного анализа, а также повторного анализа группе удалось снизить общую погрешность оценок этих выбросов до +5 %; в приводимом здесь случае для 2015 г.:  $9,9 \pm 0,5$  ГтУ/год<sup>1</sup>.

Неопределенность как процентная доля выбросов, возможно, возрастает со временем по мере того, как растет число стран, предоставляющих данные, тогда как внутренняя национальная статистическая точность уменьшается. Каждый годовой углеродный бюджет включает сравнение основанных на производстве и потреблении данных о выбросах. Благодаря этому отмечена разница между территориальными кадастрами выбросов от производства и кадастрами выбросов от потребления, что позволяет распределять глобальные выбросы на основе продукции, потребляемой в пределах определенной страны; также признается, что данные о выбросах на основе потребления могут позволить выработать более эффективную и действенную политику в области климата.

Дополнительные выбросы вызваны изменениями, внесенными человеком в землепользование, включая обезлесение, облесение, лесозаготовительные работы (вырождение лесов и рубка леса), лесное земледелие (вырубка леса для сельскохозяйственных нужд с последующим забрасыванием земель) и возобновление лесов после их рубки или прекращения сельскохозяйственных работ. Группа по составлению углеродного бюджета рассчитывает выбросы, связанные с изменениями в землепользовании под влиянием деятельности человека, как сумму всех

видов идентифицированной антропогенной деятельности. Некоторые из этих видов деятельности приводят к выбросам CO<sub>2</sub> в атмосферу, тогда как другие приводят к поглощению CO<sub>2</sub>. В дополнение к анализу учета ресурсов на основе данных о биомассе и изменении суммарной площади леса, взятых из оценки лесных ресурсов Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций (данные доступны только с пятилетними интервалами), группа включает оценку межгодовой изменчивости в обезлесении и вырождении лесов на основе спутниковых данных о пожарной активности в районах тропического леса.

Далее группа дополняет эти данные наблюдений данными о выбросах CO<sub>2</sub>, связанными с изменениями в землепользовании, которые рассчитаны с использованием ансамбля глобальной динамической модели растительности. Неопределенности в выбросах от землепользования обусловлены разницей между методами учета ресурсов, спутниковыми методами и методами с использованием модели, а также неопределенностями в комплектах данных об изменении подстилающего растительного покрова. В общем, группа по углеродному бюджету оценивает неопределенность как  $+0,5$  ГтУ/год<sup>1</sup> в этих условиях землепользования; для 2015 г. – это  $1,3 \pm 0,5$  ГтУ/год<sup>1</sup>.

## Составление бюджета: атмосферные концентрации

Для количественного определения годовой скорости роста атмосферных концентраций CO<sub>2</sub> группа полагается на прямые измерения. Она использует глобальную скорость роста CO<sub>2</sub>, полученную Земной научно-исследовательской лабораторией Национального управления по исследованию океанов и атмосферы США (НУОА) на основе средней величины станций морских наблюдений за пограничным слоем с хорошо перемешанным фоновым воздухом. Годовое увеличение происходит за счет средней величины за самый последний период с декабря по январь, скорректированной с учетом среднего сезонного цикла, при этом та же самая средняя величина вычитается годом ранее.

Тщательная калибровка и обработка данных прямых измерений, полученных от разных и согласующихся между собой приборов и станций, распределенных по всему миру, в сочетании со строгой научной экспертной оценкой технологий измерений и годовых данных позволяет группе установить относительно низкую неопределенность для этого элемента углеродного бюджета  $+0,2$  ГтУ/год<sup>2</sup> для 2015 г. Используя данные о CO<sub>2</sub>, полученные с

помощью ледяного керна для определения доиндустриальной базовой концентрации ( $277+3$  ч/млн), составители каждого годового углеродного бюджета могут контролировать и корректировать общее содержание углерода, накапливающегося в атмосфере с 1750 г.

### Составление бюджета: океанские и наземные поглотители

Для количественного определения поглощения  $\text{CO}_2$  океаном группа использует сочетание наблюдений с 1990-х годов с данными моделей биогеохимии океана, на основе которых получают тренды и оценки изменчивости за период 1959–2015 гг. Группа проверяет свои оценки поглощения океаном с помощью двух оценок на основе наблюдений за последние десятилетия. Сочетание неопределенностей в данных с неопределенностями в моделях дает общую неопределенность  $+0,5$  ГтУ/год<sup>-1</sup> для океанского поглотителя.

На суше меняющиеся от региона к региону сочетания стимулирующего влияния увеличения  $\text{CO}_2$  в атмосфере на рост растений и осаждение азота и влияние климата (например, увеличение продолжительности вегетационного периода в северных умеренных и арктических зонах) воздействуют на поглощение углерода. Таким образом, количественное определение годового глобального поглощения наземной растительностью и почвой является наиболее трудной задачей при составлении годового углеродного бюджета.

С помощью четырех из пяти элементов – выбросов от ископаемого топлива, выбросов от источников, связанных с землепользованием, атмосферной концентрации и поглощения океаном, а также известных неопределенностей, присущих этим элементам, составители годового бюджета сначала рассчитывают наземное поглощение как остаток после учета других четырех элементов и затем сравнивают этот остаток с информацией, полученной в результате расчетов с использованием глобальной динамической модели растительности. Поэтому по определению при составлении суммарного бюджета большая часть неопределенностей, присущих используемой методике, относится на счет мало изученных или слабо отраженных в моделях наземных процессов. Например, в 2015 г. на долю наземного поглощения приходилась самая большая неопределенность из пяти элементов:  $+0,9$  ГтУ/год<sup>-1</sup>.

### Как элементы бюджета изменились со временем?

Идентифицируя надежные источники данных для количественного определения каждого элемента современного углеродного бюджета, группа также собирает комплекты данных, наиболее подходящие для исторического анализа. Мониторинг элементов бюджета во времени позволяет пользователям понять последние и долгосрочные тренды.

Рисунок на следующей странице, взятый из документа об углеродном бюджете за 2015 г., показывает историю пяти элементов углеродного бюджета примерно за последние 140 лет. В отношении поступления (верхняя половина диаграммы) видим четкое увеличение выбросов от ископаемого топлива помимо относительно устойчивого вклада со стороны изменений в землепользовании. Нижняя часть диаграммы показывает, что сумма

Благодаря самоотверженной работе этой группы научные и политические сообщества осведомлены о настоящем и прошлом углеродном бюджете с учетом отмеченных неопределенностей.



углерода, накапливающегося на суше, в атмосфере и океане, уравнивает поступление. Также отметим высокую изменчивость земных и атмосферных элементов, при этом атмосферные элементы достаточно хорошо ограничиваются измерениями.

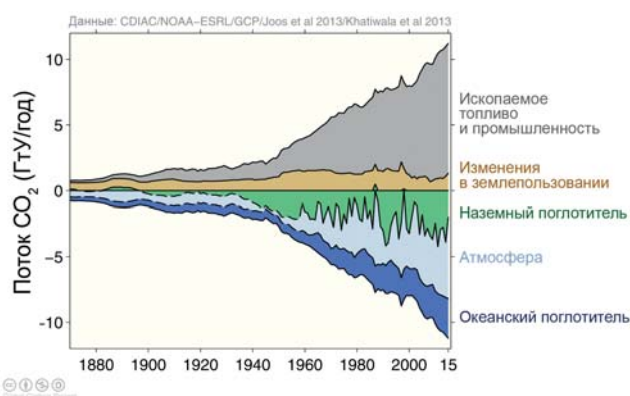
Благодаря самоотверженной работе этой группы, научные и политические сообщества осведомлены о настоящем и прошлом углеродном бюджете с учетом отмеченных неопределенностей.

## Общество и его влияние

Глобальный углеродный проект устанавливает и поддерживает связи между климатическим, экологическим и экономическим сообществами, обслуживая научное сообщество в качестве необходимого и эффективного координационного и сборного пункта по науке и информации о глобальном углеродном цикле. Годовой углеродный бюджет за 2015 г. привлек к работе 68 соавторов, представлявших такие области, как биохимия, экономика, химия атмосферы, география и океанография, а также включил информацию от 11 категорий источников данных наблюдений и моделирования, причем некоторые из этих категорий имеют несколько версий или областей применения. Силами тех же соавторов был подготовлен первый глобальный бюджет метана.

Вся продукция Глобального углеродного проекта демонстрирует умелое сочетание наблюдений и моделей. Глобальный углеродный проект зависит от внешних измерительных сетей, таких как сеть по измерению парниковых газов, координируемая и поддерживаемая программой Глобальной службы атмосферы ВМО. Их работа также требует глубокого реального участия физико-климатического сообщества Всемирной программы исследований климата (ВПИК). Главная задача ВПИК, касающаяся обратных связей углерода, направлена на решение неотложных вопросов относительно мощности и продолжительности действия наземных и океанских поглотителей углерода по мере изменения климата.

Остается только восхищаться уровнем преданности делу отдельных людей и международной координации, необходимых для ежегодного количественного определения этого важного компонента системы Земли. Когда человечество в конце концов снизит или остановит выбросы углерода, ученые и лица, определяющие политику, обратятся к Глобальному углеродному проекту и его тщательно подготовленным и заслуживающим доверие годовым бюджетам для получения четких и надежных данных о том, когда и как такие сокращения проявят себя в углеродном цикле и климатической системе.



История пяти элементов углеродного бюджета примерно за последние 140 лет

## Библиография

- Le Quéré, C., Andrew, R. M., Canadell, J. G., Sitch, S., Korsbakken, J. I., Peters, G. P., Manning, A. C., Boden, T. A., Tans, P. P., Houghton, R. A., Keeling, R. F., Alin, S., Andrews, O. D., Anthoni, P., Barbero, L., Bopp, L., Chevallier, F., Chini, L. P., Ciais, P., Currie, K., Delire, C., Doney, S. C., Friedlingstein, P., Gkritzalis, T., Harris, I., Hauck, J., Haverd, V., Hoppema, M., Klein Goldewijk, K., Jain, A. K., Kato, E., Körtzinger, A., Landschützer, P., Lefèvre, N., Lenton, A., Lienert, S., Lombardozzi, D., Melton, J. R., Metzl, N., Millero, F., Monteiro, P. M. S., Munro, D. R., Nabel, J. E., M. S., Nakaoka, S.-I., O'Brien, K., Olsen, A., Omar, A. M., Ono, T., Pierrot, D., Poulter, B., Rödenbeck, C., Salisbury, J., Schuster, U., Schwinger, J., Séférian, R., Skjelvan, I., Stocker, B. D., Sutton, A. J., Takahashi, T., Tian, H., Tilbrook, B., van der Laan-Luijckx, I. T., van der Werf, G. R., Viovy, N., Walker, A. P., Wiltshire, A. J., and Zaehle, S.: Global Carbon Budget 2016, *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 605-649, doi:10.5194/essd-8-605-2016, 2016.
- Saunois, M., Bousquet, P., Poulter, B., Pregon, A., Ciais, P., Canadell, J. G., Dlugokencky, E. J., Etiope, G., Bastviken, D., Houweling, S., Janssens-Maenhout, G., Tubiello, F. N., Castaldi, S., Jackson, R. B., Alexe, M., Arora, V. K., Beerling, D. J., Bergamaschi, P., Blake, D. R., Brailsford, G., Brovkin, V., Bruhwiler, L., Crevoisier, C., Crill, P., Covey, K., Curry, C., Frankenberg, C., Gedney, N., Höglund-Isaksson, L., Ishizawa, M., Ito, A., Joos, F., Kim, H.-S., Kleinen, T., Krummel, P., Lamarque, J.-F., Langenfelds, R., Locatelli, R., Machida, T., Maksyutov, S., McDonald, K. C., Marshall, J., Melton, J. R., Morino, I., Naik, V., O'Doherty, S., Parmentier, F.-J. W., Patra, P. K., Peng, C., Peng, S., Peters, G. P., Pison, I., Prigent, C., Prinn, R., Ramonet, M., Riley, W. J., Saito, M., Santini, M., Schroeder, R., Simpson, I. J., Spahni, R., Steele, P., Takizawa, A., Thornton, B. F., Tian, H., Tohjima, Y., Viovy, N., Voulgarakis, A., van Weele, M., van der Werf, G. R., Weiss, R., Wiedinmyer, C., Wilton, D. J., Wiltshire, A., Worthy, D., Wunch, D., Xu, X., Yoshida, Y., Zhang, B., Zhang, Z., and Zhu, Q.: The global methane budget 2000–2012, *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 697-751, doi:10.5194/essd-8-697-2016, 2016.

# Интегрированная глобальная информационная система по парниковым газам (ИГИСПГ)

Фил ДеКола<sup>1</sup> и Секретариат ВМО<sup>2</sup>

Измерения состава атмосферы во второй половине XX века показали увеличение глобальных концентраций парниковых газов. Эти измерения явились первопричиной озабоченности по поводу глобального потепления и изменения климата. Сегодня, когда страны обязуются сокращать свои выбросы парниковых газов (ПГ), измерения концентраций диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) и других ПГ, безусловно, определяют, оказывают ли принимаемые меры желаемый эффект. Исходя из этого ВМО инициировала разработку Интегрированной глобальной информационной системы по парниковым газам (ИГИСПГ), чтобы помочь направлять важные мероприятия по сокращению выбросов ПГ в условиях изменения климата. Эта новая система будет способствовать обеспечению и укреплению доверия к роли измерений состава атмосферы как важной части деятельности по смягчению воздействий на изменение климата. В этой статье обсуждаются потребность в измерениях состава атмосферы и их развитие, а также роль ИГИСПГ.

## Изменение климата вызывает глобальную озабоченность

В 1992 г. участники Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Встреча на высшем уровне «Планета Земля» в Рио-де-Жанейро) приняли Рамочную конвенцию ООН об изменении климата (РКИКООН), являющуюся международным договором, призванным противостоять изменению климата. Конечная цель Конвенции состоит в том, чтобы стабилизировать концентрации парниковых газов (ПГ) «на уровне, который бы предотвратил опасное антропогенное (вызванное деятельностью человека) вмешательство в климатическую систему». Далее, в ней утверждается: «такой уровень должен быть достигнут в течение периода времени, достаточного для того, чтобы экосистемы смогли

естественным образом адаптироваться к изменению климата, чтобы обеспечить отсутствие угроз для продовольственной безопасности и создать возможности для устойчивого экономического развития». В настоящее время Конвенция объединяет 197 Сторон. Но каковы были мотивация и основа для этой важной глобальной деятельности?

РКИКООН была создана на основании научных фактов и понимания, которые, прежде всего, базируются на долгосрочных наблюдениях за химическим составом атмосферы Земли и его изменением с течением времени. Систематические и точные измерения показывают быстро повышающиеся концентрации ПГ, таких как диоксид углерода. Эти измерения также однозначно устанавливают в качестве причины такого повышения деятельность человека и связывают повышение концентраций ПГ с глобальным потеплением и негативными воздействиями климата.<sup>3</sup>

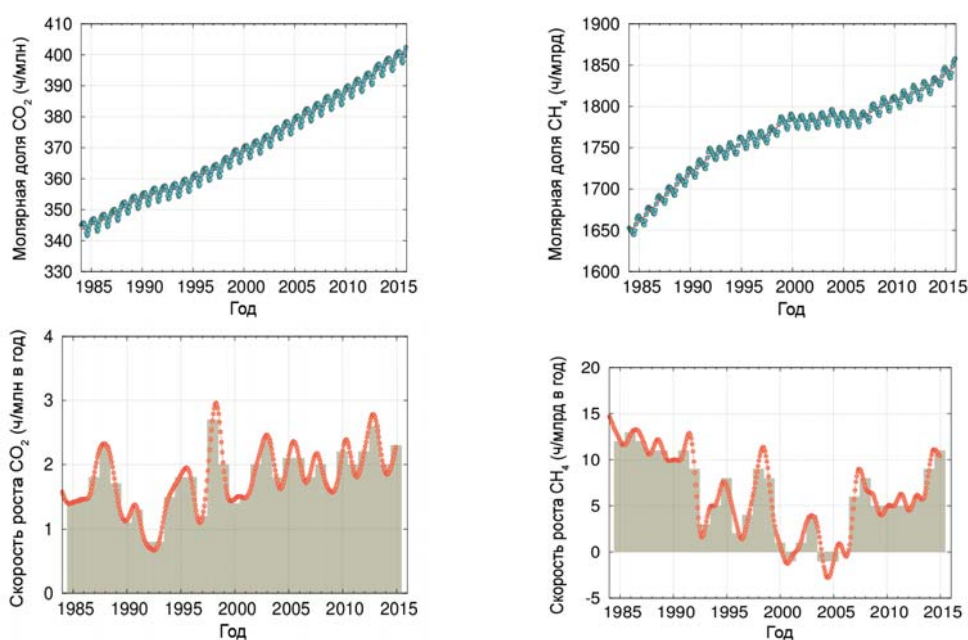
Со времен промышленной (или энергетической) революции XVIII века деятельность человека вызывает постоянное увеличение концентраций ПГ, таких как CO<sub>2</sub>, метан (CH<sub>4</sub>) и закись азота (N<sub>2</sub>O), в результате чего повышаются глобальные средние температуры. Концентрации CO<sub>2</sub> повысились более чем на 40 % относительно предпромышленных уровней и продолжают повышаться с растущей скоростью. Сейчас они выше, чем были, по меньшей мере, в течение около 4 миллионов лет, когда глобальные средние температуры были на 2–3° выше, чем в XIX веке, а уровень моря – на 7–25 метров выше, чем сегодня<sup>4</sup>. Текущие уровни CH<sub>4</sub> в 2,5 раза превышают значение предпромышленной эры, и после нескольких лет стабильности концентрации CH<sub>4</sub> снова повышаются. Прямым последствием этих изменений в составе

<sup>1</sup> Космическая корпорация Сигма и Отдел наук об атмосфере и океане, Мэрилендский университет

<sup>2</sup> Оксана Тарасова, начальник Отдела исследований атмосферной среды

<sup>3</sup> МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Пачаури и Л.А. Мейер (ред.)]. МГЭИК, Женева, Швейцария, 151 с.

<sup>4</sup> Salawitch et al., 2017: Paris Agreement: Beacon of Hope, ISBN DOI 978-3-319-46939-3 at Springer Climate



Глобально осредненные приземные молярные доли диоксида углерода и метана и их скорости роста, рассчитанные по сети наблюдений *in situ* Программы ГСА

атмосферы является быстрое повышение глобальных средних температур. Недавно ВМО объявила, что в 2016 г. глобальная средняя температура была почти на 1,1 °C выше температуры предпромышленного периода. Она была почти на 0,83 °C выше многолетнего среднего значения (14 °C) за базовый период ВМО 1961–1990 гг. и почти на 0,07 °C выше предыдущего рекорда, установленного в 2015 г.

В 2013 г. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) выпустила Пятый оценочный доклад (ОД5), в первом томе которого говорится о физической научной основе изменения климата. Однозначный вывод заключается в том, что изменение климата реально, его причиной является деятельность человека, а негативное воздействие на общество, такое как повышение уровня моря, стремительно растет. Впервые МГЭИК также смогла оценить суммарные выбросы CO<sub>2</sub> с предпромышленных времен и предоставить бюджет CO<sub>2</sub> для будущих выбросов, чтобы ограничить потепление до менее чем 2 °C. Около половины этого бюджета уже поступило в атмосферу к 2011 г.

В декабре 2015 г. РККОООН приняла Парижское соглашение об изменении климата. Его цель состоит в том, чтобы к концу столетия глобальная температура превышала предпромышленный уровень значительно менее чем на 2 °C и чтобы в последующем предпринять усилия по еще большему ограничению ее роста до 1,5 °C.

Глобальные уровни CO<sub>2</sub> повысились на 12 %, от 356 ч/млн в 1992 г., когда была принята РККОООН,

до 400 ч/млн в 2015 г. За этот же период выбросы в эквиваленте CO<sub>2</sub> (для любого количества и типа ПГ количество CO<sub>2</sub>, которое оказывало бы эквивалентное воздействие на глобальное потепление) возросли на 13 %, с 421 до 485 ч/млн. Благодаря кумулятивному эффекту ПГ, в атмосфере благоприятная возможность для достижения целей Парижского соглашения очень быстро исчезает<sup>5</sup>.

Парижское соглашение намерено достичь свою цель посредством «определяемых на национальном уровне вкладов» (ОНУВ), которые варьируются в зависимости от возможностей страны и уровня экономического развития. Согласно нескольким независимым оценкам, совокупность всех обязательств по сокращению выбросов при наличии существующих ОНУВ не приводит мир к достижению целей Парижского соглашения. В структуре соглашения принят во внимание этот изначальный пробел и предусмотрено периодическое «глобальное подведение итогов осуществления» каждые пять лет начиная с 2018 г. с намерением осуществлять мониторинг глобального прогресса на пути достижения вышеуказанных целей. У стран будет время критически оценить свой индивидуальный прогресс и шанс ликвидировать пробел за счет повышения своих обязательств. Но как определить прогресс на пути достижения целей Парижского соглашения?

<sup>5</sup> Thomas F. Stocker, The Closing Door of Climate Targets, Science 18 Jan 2013, Vol. 339, Issue 6117, pp. 280–282, DOI: 10.1126/science.1232468





Кейп Поинт, Южная Африка, станция ГСА

## Измерения состава атмосферы с целью контроля выбросов

Лучшим показателем успешности и жизнеспособности Парижского соглашения являются сами измерения атмосферных концентраций  $\text{CO}_2$  и других ПГ, которые стимулируют воздействие на изменение климата. Непрерывные последовательные и точные измерения концентраций ПГ в локальном, национальном и глобальном масштабах имеют ценность помимо их исходной роли предвестника, привлекающего внимание к проблеме изменения климата. Измеренные концентрации ПГ являются конечным показателем успеха политики сокращения выбросов. Независимо от проводимой политики сокращения выбросов ПГ и применяемых мер ее эффективное осуществление, как краткосрочное, так и долгосрочное, потребует последовательной, надежной и своевременной информации о величине концентраций ПГ, их источниках и поглотителях и их тенденциях во времени. Для того чтобы глобальное подведение итогов осуществления имело желаемый эффект, необходимо установить глобальный целевой показатель для средних концентраций ПГ в период 2030–2050 гг., трансформировать его в конкретные усилия по сокращению выбросов и периодически обновлять. Для правительств отдельных стран концентрации ПГ и их временные тренды являются наилучшим способом, чтобы четко оценить, дают ли предпринимаемые в стране действия желаемые результаты в глобальном масштабе.

Создание Программы Глобальной службы атмосферы (ГСА) ВМО в 1989 г. было продиктовано потребностью в более глубоком научном понимании растущего влияния деятельности человека на состав атмосферы и последующего влияния

на окружающую среду. Проводимые ГСА измерения озоноразрушающих газов уже сыграли и продолжают играть важнейшую роль в успешном реагировании, согласно Монреальскому протоколу, на истощение стратосферного озона и повышение УФ-радиации. Проводимые ГСА измерения ПГ признаны Глобальной системой наблюдений за климатом в качестве ключевого компонента ее плана осуществления в рамках РКИКООН. Измерения ПГ традиционно производятся в отдаленных районах, что позволяет оптимизировать частоту замеров глобальных фоновых концентраций. В 2016 г. ГСА приступила к выполнению нового плана осуществления, основанного на концепции «наука в интересах обслуживания» и обеспечивающего повышение ориентации Программы на пользователя.

В соответствии с требованиями РКИКООН определенные страны должны предоставлять отчеты о своих ежегодных кадастрах ПГ. Эти отчеты подготовлены согласно статистическим методам, указанным в Рекомендациях за 2006 г. Специальной группы МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов (СГК МГЭИК). В 2010 г. научные сообщества, занятые атмосферой, углеродным циклом и изменением климата, провели ряд исследований на предмет потенциальной возможности измерений концентраций ПГ в атмосфере и анализов с использованием моделей, чтобы дать независимую оценку и повысить точность кадастров выбросов ПГ. Эти исследования показали, что реализация такого подхода потребует дополнительных инвестиций в исследования, повышения плотности хорошо откалиброванных измерений атмосферных ПГ, усовершенствования моделирования атмосферного переноса и более широких возможностей в области усвоения данных.

## Концепция ГСА «наука в интересах обслуживания»: ИГИСПГ

Семнадцатый Всемирный метеорологический конгресс принял резолюцию, инициирующую разработку Интегрированной глобальной информационной системы по парниковым газам (ИГИСПГ) на основе успехов и прогресса ГСА в области атмосферных измерений и моделирования с 2010 г. Для разработки концептуального документа по ИГИСПГ была создана Группа по планированию, которая включала ученых и заинтересованных лиц из развитых и развивающихся стран во всех шести регионах ВМО. ИГИСПГ будет тесно сотрудничать с создателями кадастров и другими заинтересованными сторонами, которые должны следить за выбросами ПГ, чтобы разработать методологии, позволяющие определить, как можно объединить данные измерений концентраций ПГ в атмосфере (метод «сверху вниз») с кадастровыми данными о выбросах (метод «снизу вверх») для более эффективного предоставления информации и управления мерами по сокращению выбросов. Для успеха ИГИСПГ важнейшую роль будут играть стандарты ГСА и ее сеть измерений ПГ, но станции измерения должны быть расположены и нацелены на работу не только в удаленных местах, но и в районах основных источников ПГ, где происходит сокращение выбросов или в нем есть необходимость.

Работа ИГИСПГ будет сосредоточена на существующих сценариях использования, для которых имеются проверенные научно-технические навыки, а также на случаях, когда информация ИГИСПГ может удовлетворить высказанные (или ранее непризнанные) потребности лиц, принимающих решения, которые будут оценивать эту информацию. Критериями конечного успеха является то, что информация ИГИСПГ «используется» и служит руководством для принятия полезных и дополнительных мер по сокращению выбросов, укрепляя тем самым доверие к роли измерений состава атмосферы как важной части комплекса средств для смягчения воздействий на изменение климата.

Успех ИГИСПГ будет зависеть от международной координации Членов ВМО и сотрудничества с рядом партнеров ВМО, таких как Программа ООН по окружающей среде, Международное бюро мер и весов, Группа по наблюдениям за Землей, МГЭИК и многие другие. ИГИСПГ установит и будет распространять стандарты и рекомендации относительно методов подготовки согласованной и подлежащей взаимному сравнению информации, которую уже выпускает ГСА, для выработки стандартов измерений концентраций. Со временем структура ИГИСПГ должна быть способна поддерживать и воспринимать передовые технические возможности (например, новые спутниковые наблюдения и датчики), постоянно расширяя

охват и повышая качество информации, а также повышая доверие пользователей.

Работа по осуществлению ИГИСПГ ведется после одобрения концептуального документа Исполнительным советом ВМО в июне 2016 г. Группа ИГИСПГ определила четыре задачи, первые три из которых сформулированы следующим образом: 1) уменьшить неопределенность в национальных кадастрах выбросов, передаваемых РККООН; 2) локализовать и количественно определить возможности для сокращения ранее неизвестных выбросов, таких как выбросы летучих соединений метана от промышленных источников и 3) обеспечить административно-территориальные образования, такие как крупные городские районы (мегаполисы), являющиеся источником выбросов, своевременной количественной информацией о величине, трендах и отраслевой принадлежности выбросов ПГ для достижения целей по их сокращению.

Четвертая задача ИГИСПГ по характеру и масштабу идентична задаче 3, но сосредоточена на поддержке глобального подведения итогов осуществления, предусмотренного Парижским соглашением. При необходимости она будет выполняться в национальном и глобальном масштабах, но в настоящее время она не настолько хорошо разработана, как три других задачи. Одна из причин состоит в том, что, хотя ИГИСПГ имеет представление о том, как поддерживать подведение итогов, в Парижском соглашении конкретно не определено, как будет проводиться это глобальное подведение итогов осуществления. Другая причина заключается в том, что учет выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива методами «сверху вниз» не достаточно разработан, чтобы обеспечить соответствие точности протоколов третьего уровня СГК МГЭИК для оценки кадастров выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива в масштабе страны. Это связано с тем, что атмосферные измерения CO<sub>2</sub> содержат значимый биосферный сигнал, и поэтому являются необходимыми (но недостаточными) для того, чтобы делать выводы относительно выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива<sup>6</sup>. Однако показано, что вывод о выбросах CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива можно сделать на основе анализа инверсионного моделирования с использованием комбинации измерений CO<sub>2</sub> и радиоактивного углерода (<sup>14</sup>CO<sub>2</sub>) в атмосфере и измерений других параллельно изменяющихся веществ, содержащихся в атмосфере<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Shiga, Y.P., A.M. Michalak, S.M. Gourdji, K.L. Mueller, and V. Yadav (2014), Detecting fossil fuel emissions patterns from subcontinental regions using North American in situ CO<sub>2</sub> measurements, *Geophys. Res. Lett.*, 41(12), 4381–4388.

<sup>7</sup> Basu, S., J. B. Miller, and S. Lehman (2016), Separation of biospheric and fossil fuel fluxes of CO<sub>2</sub> by atmospheric inversion of CO<sub>2</sub> and <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> measurements: Observation System Simulations, *Atmos. Chem. Phys.*, 16(9), 5665–5683.

Осуществление ИГИСПГ происходит по двум направлениям деятельности:

- подготовка методических рекомендаций, описывающих «надлежащую практику» использования атмосферных измерений для осуществления в рамках каждой задачи;
- инициирование новых проектов и наглядных примеров, которые распространяют и продвигают эту надлежащую практику использования и укрепляют уверенность заинтересованных сторон в ценности информации ИГИСПГ.

## Задача 1 – Поддержка национальных кадастров выбросов ПГ

До заключения Парижского соглашения РКИКООН потребовала, чтобы Стороны (развитые страны), включенные в Приложение 1, представили годовые отчеты по странам, содержащие национальные кадастры выбросов, а на Стороны (развивающиеся страны), не включенные в Приложение 1, это требование не распространялось. В настоящее время пункт 7 Статьи 13 Парижского соглашения гласит:

Каждая Сторона регулярно представляет следующую информацию: а) информацию в отношении национального кадастра антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, составленного с использованием методологий на основе надлежащей практики, принятых Межправительственной группой экспертов по изменению климата и согласованных Конференцией Сторон, действующей в качестве совещания Сторон настоящего Соглашения.

«Методологии на основе надлежащей практики», упомянутые в Парижском соглашении, представляют собой протоколы, разработанные СГК МГЭИК. В них объединяются факторы выбросов от конкретного источника со статистическими данными активности, например количество и тип работающих на угольном топливе предприятий и машин на дороге – методы «снизу вверх». Выбросы двуокиси углерода от использования однородного ископаемого топлива и предсказуемые процессы можно точно оценить там, где имеются качественно разработанные статистические системы, но другие более неоднородные и рассредоточенные источники, такие как источники метана, связанные с организацией сбора и удаления отходов, добычей природного газа и передачей его по трубопроводу, оценить труднее.

Измерения в атмосфере и анализы на основе моделей могут поддержать этот процесс, обеспечивая полезные дополнительные ограничивающие условия для метода количественного определения «сверху вниз» (где потоки оцениваются посредством инверсионного моделирования наблюденных концентраций).

Швейцария, Великобритания и в меньшей степени Австралия уже используют результаты анализов по методу «сверху вниз» для усовершенствования своих сообщений о кадастрах выбросов на основе метода «снизу вверх». Ближайшая задача ИГИСПГ состоит в том, чтобы распространить эту надлежащую практику использования и установить показатели качества для методов «сверху вниз», а также показать, как их можно сравнить с кадастрами ПГ, разработанными на основе методов «снизу вверх», и как можно использовать результаты для целенаправленного улучшения ввода кадастровых данных на основе метода «снизу вверх». Примером прогресса в достижении этой цели служит одобренный структурный план «Уточнений 2019 г. к Руководящим принципам МГЭИК 2006 г. по национальным кадастрам парниковых газов». Он призван усовершенствовать и развить Руководящие принципы СГК МГЭИК, чтобы включить использование измерений в атмосфере и результатов модельных анализов на основе новых богатых научных и эмпирических знаний, накопленных и опубликованных с 2006 г.

## Задача 2 – Обнаружение и количественная оценка выбросов летучих соединений метана

Глобальные атмосферные концентрации метана продолжают повышаться, но глобальная изменчивость скорости роста и связь с природными и антропогенными источниками изучены недостаточно. Природный газ, состоящий в основном из метана, потенциально может быть значительно более благоприятным для климата источником энергии, чем уголь или нефть. Но проблема состоит в том, что если метан попадает в атмосферу без сгорания, он становится очень активным парниковым газом – гораздо более активным, на уровне молекулы, чем двуокись углерода.

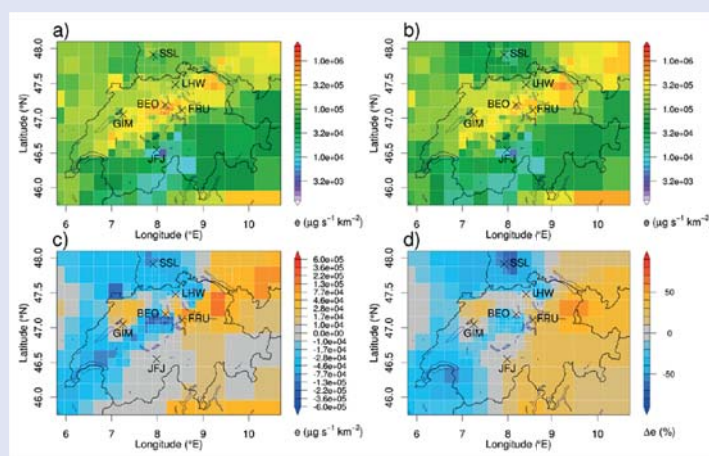
Количество и местоположение выбросов летучих соединений метана от промышленных и сельскохозяйственных источников изучены недостаточно. Задача ИГИСПГ заключается в том, чтобы распространить на весь мир значительные успехи Фонда защиты окружающей среды и Национального управления по исследованию океанов и атмосферы, достигнутые в области обнаружения крупнейших источников выброса метана в цепочке поставок нефти и газа в Северной Америке<sup>8,9</sup>. Если на основании такой информации принимать меры, это позволило бы значительно снизить выбросы метана.

<sup>8</sup> Zavala-Araiza et al., 2015: Reconciling divergent estimates of oil and gas methane emissions. PNAS, 112(51):15597–15602, [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1522126112](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1522126112)

<sup>9</sup> Brandt et al., Methane Leaks from North American Natural Gas Systems Science 14 Feb 2014: Vol. 343, Issue 6172, pp. 733–735 DOI: 10.1126/science.1247045



## Результаты анализов по методу «сверху вниз» для Швейцарии



Пространственное распределение предыдущих выбросов для Швейцарии показано на рис. «а», последующие выбросы показаны на рис. «б», а абсолютная и относительная разницы (последующие выбросы минус предыдущие выбросы) представлены соответственно на рис. «с» и «д». Использовалась нерегулярная инверсионная сетка, которая показывает высокое пространственное разрешение вблизи точек наблюдения (отмечены буквой X) и более низкое разрешение при увеличении расстояния от этих точек<sup>10</sup>.

Непрерывные измерения метана в четырех точках Швейцарского плато и двух дополнительных точках проводились в сочетании с моделированием атмосферного переноса и системой инверсионного моделирования, чтобы получить пространственное распределение выбросов  $CH_4$  в Швейцарии и соседних странах. Наилучшая инверсионная оценка (апостериорная) суммарных выбросов  $CH_4$  в Швейцарии по наблюдениям за период март 2013 г. – февраль 2014 г. соответствует значению  $196 \pm 18$  Гг/год<sup>1</sup>.

Это значение согласуется с полученной по методу «снизу вверх» (априорной) величиной общих выбросов в стране, равной  $206 \pm 33$  Гг/год<sup>1</sup>, которую Швейцария представила в РКИКООН в 2015 г. за 2012 и 2013 гг.

Подход «сверху вниз» в основном подтверждает оценку суммарных выбросов по методу «снизу вверх», но включение атмосферных измерений уменьшает неопределенность сообщаемого значения с 16 до 9 %. Измерительно-инверсионная система была создана для оценки пространственного распределения суммарных выбросов, а не для их отнесения к конкретным и отдельным секторам, являющимся источником выбросов.

Убедительную пространственную картину можно видеть на картах абсолютной и относительной разниц «последующие выбросы минус предыдущие выбросы». Эта картина показывает повышенные значения выбросов метана на северо-востоке Швейцарии. Возможной причиной этих разниц является фермерская деятельность между этим районом и остальной частью страны, которая приводит к различным выбросам в расчете на одну голову скота.

Неожиданно высокие выбросы в этом районе могут зависеть от других потенциальных антропогенных и природных источников. Для проверки и более точной характеристики этого источника необходимы дальнейшие наблюдения, однако результат уже показывает дополнительный эффект.

<sup>10</sup> Henne, S. et al., 2016: Validation of the Swiss methane emission inventory by atmospheric observations and inverse modelling Atmos. Chem. Phys., 16:3683–3710, www.atmoschem-phys.net/16/3683/2016/.

Исследование этих решений и их применение к новым местам или характеру выбросов – например, с морской платформы – даст потенциальную возможность для дальнейшего сокращения выбросов. Задача ИГИСПГ также состоит в том, чтобы распространить эти подходы на другие области, связанные с выбросом метана, такие как затопляемые территории, сельское хозяйство, свалки и сточные воды, и в среднесрочной перспективе разработать методологию для каждой области. Эти области тесно связаны с городскими выбросами, поскольку по сравнению с местами добычи нефти и газа они расположены в городах или вблизи них.

Как показали исследования, к утечкам природного газа применяется правило 50/5. Другими словами, на максимальные 5 % утечек обычно приходится более чем 50 % общего объема утечек. Эти мощные «производители выбросов» – крупные точечные источники, которые, как полагают, вносят несопоставимо высокий вклад в антропогенные выбросы метана, – логически подразумевают, что в отношении их применяются целевые показатели для уменьшения воздействия на окружающую среду.

Стратегия многоуровневых наблюдений, включающих спутниковые и самолетные измерения, а также



*Д-р Габи Петрон со своей мобильной лабораторией по измерению ПГ изучает утечки метана. Мощные выбросы летучих соединений метана можно обнаружить с помощью многоуровневых наблюдений со спутников, самолетов, наземных средств и высоких метеорологических мачт, которые могут успешно уменьшать масштаб от регионального до места утечки в пределах объекта.*

мобильные приземные измерения и приземные измерения с высоких метеорологических мачт, оказалась эффективной в обнаружении этих мощных производителей выбросов и определении их вклада в региональные выбросы метана. Этот подход продемонстрирован на примере полевых исследований сельскохозяйственных и нефтегазовых источников в долине реки Сан-Хоакин (Калифорния), проводимых совместно с расширенной группой заинтересованных лиц.<sup>11</sup>

### Задача 3 – Оценка и определение источников выбросов в мегаполисах

Лимско-Парижская программа действий Парижского соглашения официально определила роль административно-территориальных образований, таких как города (районы крупных городских источников). Города и их электростанции являются крупнейшими источниками антропогенных выбросов ПГ. Чтобы оценить городские выбросы в масштабах, пригодных для принятия решений на уровне города, и определить возможности снижения углеродных выбросов или смягчения последствий от их воздействия, городам необходима более качественная информация об окружающих их источниках выбросов. Такая информация должна не только отражать научно обоснованные методы, но и помещать выбросы в пространственно-временные масштабы, пригодные для принятия решений на уровне города, а также определять ключевые функциональные характеристики (область, подобласть, топливо).

В рамках ряда научно-исследовательских проектов по всему миру, таких как Indianapolis INFLUX study (исследование потоков в Индианаполисе) и

Los Angeles/Paris Megacity Project (проект по мегаполисам Лос-Анджелес и Париж), были разработаны и протестированы методы оценки выбросов ПГ. В результате была создана система информации о городских ПГ, которая сочетает мониторинг атмосферы, извлечение данных и алгоритмы моделей. ИГИСПГ модернизирует эту информационную систему так, чтобы ее можно было использовать в разных частях мира, особенно в странах с низким и средним доходом, где потребность в информации о ПГ наиболее высока, а возможности ограничены.

Ряд исследований показал потенциальную возможность для более эффективного количественного определения выбросов ПГ и тенденций в городах, где имеются сети измерения атмосферы и проводятся анализы результатов инверсионного моделирования с высоким разрешением.<sup>12,13</sup> Потребность в измерениях атмосферной инверсии является более острой в случае выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива. Однако имеются данные о том, что, сочетая анализ (на основе модели инверсии) достаточно густой и хорошо распределенной сети измерений с конкретной предыдущей информацией об источниках, можно дать более точную количественную оценку городских выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива.<sup>14</sup>

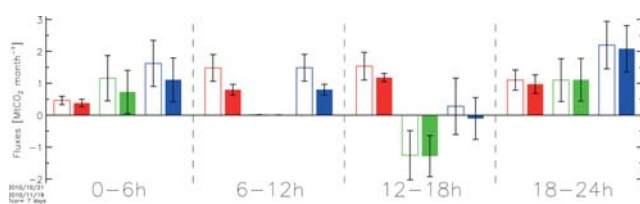
Хотя данные о трендах суммарных городских выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива весьма полезны,

<sup>11</sup> Hulley et al., High spatial resolution imaging of methane and other trace gases with the airborne Hyperspectral Thermal Emission Spectrometer (HyTES), Atmos. Meas. Tech., 9, 2393–2408, 2016 [www.atmos-meas-tech.net/9/2393/2016/](http://www.atmos-meas-tech.net/9/2393/2016/) doi:10.5194/amt-9-2393-2016

<sup>12</sup> Lauvaux, T. et al., 2016: High-resolution atmospheric inversion of urban CO<sub>2</sub> emissions during the dormant season of the Indianapolis Flux Experiment (INFLUX). J. Geophys. Res. Atmos., 121, doi:10.1002/2015JD024473.

<sup>13</sup> McKain, K. et. al, 2015: Methane emissions from natural gas infrastructure and use in the urban region of Boston, Massachusetts. PNAS, 112(7):1941–1946, doi: 10.1073/pnas.1416261112.

<sup>14</sup> Bréon, F.M. et al., 2015: An attempt at estimating Paris area CO<sub>2</sub> emissions from atmospheric concentration measurements. Atmos. Chem. Phys., 15:1707–1724, [www.atmos-chemphys.net/15/1707/2015/acp-15-1707-2015.html](http://www.atmos-chemphys.net/15/1707/2015/acp-15-1707-2015.html)



Суммарные оценки потоков за 30 дней по четырем 6-часовым периодам для антропогенных выбросов (помечено красным), потоков биогазов (помечено зеленым) и общих значений (помечено голубым). Предыдущие оценки представлены в виде незакрашенных прямоугольников, а последующие – в виде закрашенных прямоугольников. Уменьшение неопределенности очевидно для утреннего и дневного периодов времени.<sup>15</sup>

градостроителям и руководителям потребуется информация по конкретной отрасли, чтобы иметь возможности снизить выбросы. В странах с формирующейся экономикой, которые могут иметь ненадлежащую статистическую информацию (полученную методом «снизу вверх») о выбросах на территории страны, в районах расположения крупных городских источников и в лесных массивах инверсионные методы атмосферных измерений по принципу «сверху вниз», используемые ИГИСПГ, могут оказаться особенно ценным источником базовой информации и информации о трендах.

## ИГИСПГ – Обеспечение осведомленности о ситуации с углеродом

Земная система связи между углеродом и климатом претерпевает беспрецедентные по силе изменения. Эти изменения вызваны выбросами от ископаемого топлива и выбросами, связанными с изменениями в землепользовании, которые повышают атмосферные концентрации CO<sub>2</sub> и других парниковых газов. За последние десятилетия влияние выбросов на увеличение CO<sub>2</sub> в атмосфере сильно уменьшилось за счет реакции природного углеродного цикла, при этом в среднем примерно половину выбросов поглощают океанские и наземные поглотители углерода. Предполагается, что в будущем изменение климата ослабит мощность природных поглотителей, т. е. снизит их способность поглощать CO<sub>2</sub>. Это сочетание комплексности во многих пространственно-временных масштабах и процессов контроля имеет некоторые параллели с хорошо известными метеорологическими и другими экологическими экстремальными явлениями. Однако в отличие от метеорологических и других экстремальных явлений «осведомленность общества о ситуации» в области сопряженной системы «человек-природный углерод» в настоящее время ограничена.

Хотя ИГИСПГ имеет задачи на ближайшую перспективу и готовые результаты, которые позволят расширить

знания о выбросах и помогут обосновать новые возможности для их сокращения, долгосрочный положительный результат состоит в том, чтобы иметь возможность обеспечить важную для принятия решений информацию о ситуации с углеродом посредством исчерпывающих, надежных и непрерывно проводимых оценок потоков парниковых газов.

Перспективное видение возможностей ИГИСПГ в каком-то смысле совпадает с некоторыми аспектами современного метеорологического обслуживания, т. е., главным образом, это – своевременное предоставление текущих и последних данных о потоках углерода и деятельность по обеспечению контроля (во временном масштабе нескольких недель, а не лет). Как и в современном метеорологическом обслуживании, переход от научно-исследовательской к оперативной системе информации и наблюдения ПГ сопровождается целым рядом трудно решаемых проблем, и на его осуществление потребуется несколько десятилетий.

В процессе исследования, финансируемого Европейской комиссией, были рассмотрены потребности в оперативной системе наблюдений, способной осуществлять мониторинг выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива. Эта система главным образом охватывает территорию Европы и основывается на инвестициях, уже вложенных в Программу Copernicus. Выводы отчета соотносятся с заполняющими пробелы инвестициями, которые необходимы для того, чтобы с использованием подхода ИГИСПГ обеспечивать дополнительные важные ограничения в отношении кадастров выбросов CO<sub>2</sub> от ископаемого топлива и в отношении долгосрочной цели ИГИСПГ, предполагающей более систематический оперативный подход. ИГИСПГ будет использовать в качестве основы, интегрировать и совершенствовать существующие и перспективные наземные сети измерений, авиационные и спутниковые наблюдения, системы моделирования и системы усвоения данных, а где необходимо – ликвидировать основные пробелы в этих системах.

ВМО, ее Члены и партнеры будучи поставщиками современного метеорологического обслуживания имеют опыт и технические знания, важные для создания ИГИСПГ и ее поддержки на будущих этапах ее строительства, развертывания и функционирования. Используя имеющиеся навыки метеорологического обслуживания и текущие исследования атмосферы и углеродного цикла, ВМО может обеспечить руководство и структуру, необходимые для поддержки создания ИГИСПГ, которая способна предоставлять обществу ситуационную информацию для принятия решений, поскольку оно пытается управлять неизбежными воздействиями изменения климата и избегать его неуправляемых последствий.

<sup>15</sup> Ciais et al., 2015: Towards a European Operational Observing System To Monitor Fossil CO<sub>2</sub> Emissions ([www.copernicus.eu/sites/default/files/library/CO2\\_Report\\_22Oct2015.pdf](http://www.copernicus.eu/sites/default/files/library/CO2_Report_22Oct2015.pdf))



# Европа, развитие климатического обслуживания для энергетического сектора

Карло Бонтемпо, Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП)

Природа является источником энергии, которая нам нужна, чтобы обогреваться, готовить пищу и чтобы развивалась энергетика и осуществлялись виды деятельности, которые поддерживают наше повседневное существование. Мы зависим от все более сложных и высокотехнологичных сетей, обеспечивающих получение энергии, и все они неразрывно связаны с физическими реалиями погоды и климата. Производство энергии из возобновляемых источников, без всяких сомнений, уязвимо к воздействию погодных условий, но климат оказывает влияние также и на эффективность традиционного производства энергии. Если мы хотим благополучно жить в условиях, когда повышается глобальная температура, нам необходимо развивать системы производства энергии, способные адаптироваться к изменениям климата, с которыми нам придется столкнуться.

Для этого нужно не только сделать саму энергетическую инфраструктуру более устойчивой, но также разрабатывать инструменты и решения, чтобы лучше прогнозировать и смягчать риски, связанные с климатом. В последние годы Европейская комиссия (ЕК) инвестировала средства в целый ряд инициатив, включая научные исследования, проекты и инновационную деятельность, которые поддерживают развитие климатического обслуживания для энергетического сектора.

Спрос на энергию для непромышленных целей, особенно в странах, расположенных в средних широтах, в первую очередь обусловлен изменениями температуры, облачности и ветра. Экстремальная погода также ощутимо влияет на энергетический сектор, причиняя ущерб энергосетевому оборудованию. Опора линии электропередачи, которая упала на землю в северной части Испании в период суровой зимы 2010 г., показала, насколько уязвимым может быть оборудование к воздействию явлений, которые выходят за рамки расчетного диапазона.

Непростое взаимодействие между энергетическим оборудованием и погодой еще более усложняется в связи с изменением климата. Любое изменение климатических характеристик неизбежно влияет на допущения, принятые в процессе выявления и оценки возможных рисков, связанных с окружающей средой, которым подвергается конкретный тип оборудования. Перед всей инфраструктурой – от нефтепроводов, построенных на тающей вечной мерзлоте, до гидроэлектростанций, водохранилища которых никогда не заполняются до отказа, – низкочастотная изменчивость климата и его долгосрочные

изменения ставят новые сложные задачи, к решению которых энергетический сектор еще не полностью готов.

Проектирование энергетической сети, способной справиться с неожиданным избытком или недостатком энергии, является сложной задачей, решение которой должно основываться на наилучших имеющихся знаниях о будущих климатических условиях. Торговцы энергией и специалисты-энергетики используют статистические средства и технологии больших данных для решения этих задач. В случае дальнейшего создания комплектов высококачественных данных наблюдений и выпуска специализированных прогнозов климата имеется потенциал для существенного повышения способности энергетического сектора справиться с этими задачами.

Инициативы ЕК в области климатического обслуживания часто направлены на развитие экспериментального обслуживания, прототипов и предэксплуатационных средств. Ожидается, что они позволят накопить полезный опыт и обеспечат средства для развития общества, устойчивого к воздействию климата.

## EUPORIAS

EUPORIAS – это исследовательский проект, финансируемый посредством 7-й Рамочной программы ЕК. В рамках этого проекта было создано несколько прототипов климатического обслуживания, которые направлены на удовлетворение потребностей конкретных секторов в сезонном временном масштабе. Несмотря на то, что воздействие изменения климата не ощущается непосредственно в сезонном временном масштабе, разработка методик управления, которые учитывают изменчивость климата, может быть одним из эффективных путей повышения устойчивости к воздействию изменения климата в энергетическом секторе. В рамках EUPORIAS для энергетического сектора был разработан отдельный прототип под названием RESILIENCE (устойчивость).

Проект RESILIENCE касается производства ветровой энергии и обеспечивает сезонные прогнозы скорости ветра в будущем в глобальном масштабе. Его цели предусматривают повышение осведомленности о последних достижениях в области сезонного прогнозирования климата, разработку средств для удовлетворения потребностей конкретных пользователей и реализацию эффективного решения для визуализации вероятностной информации. Проект сконцентрирован на оценке среднего состояния ветра в регионах

с большим количеством установок ветроэнергетической инфраструктуры. Прототип RESILIENCE использует прогнозы скорости ветра на высоте десять метров системы оперативного сезонного прогнозирования (Системы 4) Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП), основанной на полностью совмещенной глобальной модели климата. Прогнозы проверяются путем сопоставления с данными приземной скорости ветра из комплекта ERA-Interim.

Не меньше внимания было уделено научным аспектам адаптации последующей обработки и калибровки данных к потребностям энергетического сектора и графическому представлению вероятностных прогнозов в формате, который понятен и привлекателен для пользователей. Прототип предназначен для двух основных групп пользователей: торговцев энергией, которые в своих операциях не ограничиваются рамками прогнозов с расширенным сроком, и операторов ветровых электростанций, которые хотят оценить ожидаемую прибыль на инвестиции и спланировать работы по техническому обслуживанию в периоды, когда затраты и потеря доходов минимизированы. Наиболее ощутимым результатом является проект UKKO, т. е. карта мира с наложением данных, предназначенная для того, чтобы дать возможность пользователям быстро обнаружить закономерности и тренды будущего состояния ветра и на их основе перейти к подробному распределению прогнозов на региональном уровне. UKKO – это совместный проект инновационной лаборатории «Future Everything», компании BSC и Метеорологического бюро, выполняемый в рамках EUPORIAS.

### Климатическое обслуживание в рамках программы Copernicus

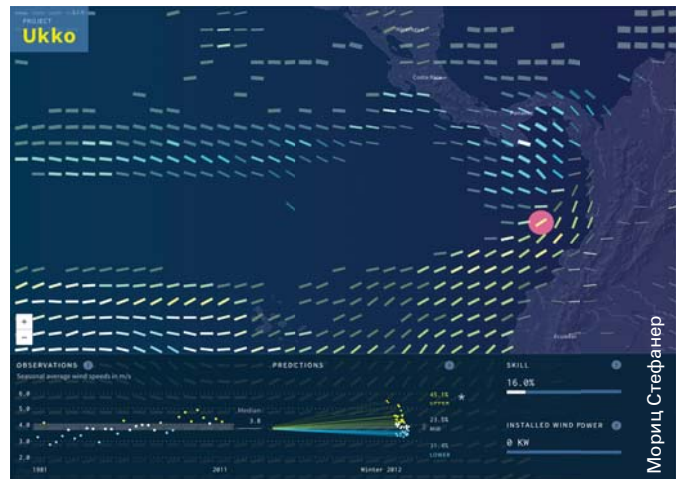
Чтобы повысить устойчивость общества к воздействию климата, Европейская комиссия создала Copernicus Climate Change Service (C3S) (Служба изменения климата программы Copernicus) для развития рынка климатического обслуживания в Европе. Используя свою секторальную информационную систему, C3S создает экспериментальные проекты, ориентированные на удовлетворение потребностей конкретных пользователей. Два из семи проектов C3S, получивших финансирование осенью 2016 г., направлены на разработку средств для энергетического сектора.

Первый проект показывает при поддержке университета Восточной Англии и субподрядчиков, как различные сочетания энергоресурсов в Европе могли бы удовлетворить спрос во временных масштабах в диапазоне от следующего сезона до следующих десятилетий. Его основная задача заключается в разработке демонстратора климатического обслуживания, включающего комплекс инструментов. Комплекс инструментов включает интерактивный веб-интерфейс, который позволит пользователям оценить, как производство энергии и спрос изменятся с учетом связанных с климатом факторов в конкретных районах на основе энергетических сценариев, предоставляемых в рамках проекта e-Highway2050. С помощью средств визуализации будут показаны профили предложения энергии и спроса на энергию и дана информация для анализа работы энергетической системы во время

«средних» и «экстремальных» погодных условий на уровне страны и региона.

Другой проект выполняется в рамках совместных усилий между центрами климатических исследований и обслуживания и специалистами-энергетиками при координации C3S совместно с Комиссией по атомной энергии. Цель проекта заключается в том, чтобы разработать десять связанных с энергетикой общеевропейских индикаторов климатических трендов и изменчивости с обеспечением их согласованности для всех секторов. Это поможет пользователям оценить и спрогнозировать уязвимость их инфраструктуры к воздействию экстремальных климатических явлений в предстоящие десятилетия. Система визуализации проекта, которая должна быть введена в действие в конце 2017 г., обеспечит простые статистические данные и синтезированные или усовершенствованные комплекты данных о климатических переменных и энергетические индикаторы, а также информацию, документацию и отчеты об оценке продукции.

Ни одна из этих инициатив в одиночку не сможет оснастить энергетический сектор всеми инструментами, чтобы противостоять связанным с климатом угрозам; однако эти прототипы обслуживания и демонстраторы активизируют усилия и создают необходимые основы, которые могут послужить для развития других инициатив. Недавнее утверждение энергетического сектора в качестве репрезентативного примера для Глобальной рамочной основы для климатического обслуживания обосновывает необходимость этих экспериментов и поддерживает дальнейшее развитие климатического обслуживания, чтобы удовлетворить потребности энергетического сектора и повысить его возможности.



Прогнозы скорости ветра Системы 4 ЕЦСПП. Цвет и направление глифов показывают сезонный прогноз в данной местности. Ширина глифов показывает среднюю скорость ветра на предстоящий сезон. Затененность позволяет оценить оправдываемость прогноза, полученную с помощью упорядоченной вероятности оправдываемости. Районы без глифов – это районы, где прогнозы климата не дают дополнительной информации к тому, что показывают средние климатологические величины. Пользователь может видеть исторические ряды данных о скорости ветра (внизу слева) и прогнозы на будущее в форме вероятностного конуса (внизу справа).

# Вероятностные прогнозы и гражданская защита От бесшовных предупреждений к действиям

Клеменс Ваствл<sup>1</sup>, Юн Ван<sup>1</sup>, Андрэ Саймон<sup>2</sup>, Мартин Кулмер<sup>1</sup> и Андреа Сигл<sup>1</sup>

Частота и интенсивность экстремальных метеорологических явлений возрастают из-за изменения климата. Недостаточная готовность к таким явлениям может привести к значительному экономическому ущербу и гибели людей. Поэтому точные и надежные прогнозы погоды важны для органов по гражданской защите для того, чтобы лучше подготовиться самим и подготовить население в условиях грозящей опасности. В рамках проекта по использованию вероятностных прогнозов в интересах гражданской защиты, известного как PROFORCE, предпринят первый шаг в этом направлении путем предоставления гражданским органам власти, ответственным за защиту граждан, окружающей среды и имущества, информации с учетом воздействий, имеющей важное значение для принятия решений.

Прогнозам погоды присущи неопределенности в силу хаотичности атмосферы и ограниченности моделей прогноза погоды. Системы ансамблевого прогнозирования (САП) широко используются в метеорологическом сообществе для количественной оценки этих неопределенностей, но до последнего времени о них не сообщали конечным пользователям. Однако такая информация о неопределенностях имеет большие возможности, чтобы усовершенствовать процессы срочного принятия решений органами по гражданской защите и другими заинтересованными сторонами, особенно если она адаптирована к их потребностям и составлена с использованием их терминологии. Именно такую информацию предоставляет PROFORCE посредством многодисциплинарного и межотраслевого сотрудничества между метеорологическими службами и конечными пользователями. Она повышает информированность органов гражданской защиты о потенциальных воздействиях экстремальных явлений.

<sup>1</sup> Отдел прогностических моделей, Центральный институт метеорологии и геодинамики (ZAMG), Австрия

<sup>2</sup> Венгерская метеорологическая служба (OMSZ), Венгрия

## Система «бесшовного» вероятностного прогнозирования

Проект PROFORCE начался в декабре 2013 г. и продолжался два года. Его финансирование осуществлялось совместно с Департаментом по гуманитарной помощи и гражданской защите Европейской комиссии (ЕЧО), а руководила проектом Метеорологическая служба Австрии (ZAMG). На основе транснационального сотрудничества между национальными метеорологическими службами Австрии и Венгрии (соответственно ZAMG и OMSZ) и партнерами по гражданской защите в районах Нижней Австрии и округа Шомодь PROFORCE призван усовершенствовать процедуры обеспечения готовности и принятия решений в органах по гражданской защите за счет создания инновационной системы бесшовного вероятностного прогнозирования.

Основной характеристикой системы бесшовного прогнозирования PROFORCE является вероятностный элемент, содержащий информацию о неопределенности и прогнозируемости суровых метеорологических явлений. Органы по гражданской защите должны иметь возможность использовать эту информацию для оптимизации процесса принятия решений с точки зрения обеспечения готовности и информированности и, следовательно, для более эффективной защиты общества и окружающей среды от воздействия суровой погоды.

Бесшовное вероятностное прогнозирование PROFORCE объединяет четыре различных системы:

- систему ансамблевого прогнозирования (САП) Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП), представляющую среднесрочный прогноз и прогноз синоптического масштаба;
- систему ансамблевого прогнозирования для ограниченной территории Центральной



Европы (ALADIN-LAEF), представляющую прогнозы для этого региона (и ALADIN-HUNEPS – для территории Венгрии);

- САП Французской мезомасштабной модели прогнозирования погоды (AROME) которая предоставляет прогнозы с заблаговременностью до 30 часов с акцентом на конвекции;
- ансамбль интегрированного прогноза текущей погоды посредством комплексного анализа (INCA), обеспечивающий информацию для принятия решений с тем, чтобы органы по гражданской защите выносили более обоснованные суждения перед лицом надвигающейся опасности бедствия.

Каждая система играет свою роль в подготовке конечной бесшовной продукции в соответствии с характером прогнозируемого метеорологического явления (будь то явление конвективного масштаба или крупномасштабное явление) и сроком действия прогноза. Полагая, что каждая САП дает наилучшие результаты в своих временных рамках, на каждом отдельном временном этапе прогноза используются данные соответствующей САП, следовательно, прогноз получается бесшовным. Таким образом, с каждым днем, приближающим экстремальное явление, точность прогнозов и предупреждений повышается. Четко различимые пробелы во временных шагах, образующиеся из-за разных фоновых моделей, отражены в конечной продукции с учетом того, что сотрудникам органов по гражданской защите, специально подготовленным для проекта PROFORCE, предстоит работать с такими неопределенностями.

## Бесшовные предупреждения → бесшовные действия

Бесшовные обмены информацией между метеорологами и персоналом по гражданской защите и действия построены по следующей схеме:

**Предварительное предупреждение/реагирование** – САП ЕЦСПП показывает потенциальное суровое метеорологическое явление, имеющее относительно высокую вероятность, и первые предварительные предупреждения направляются органам по гражданской защите, которые приступают к этапу практических действий «реагирование» и принимают заблаговременные меры, такие как составление графика дежурств.

**Более конкретное предупреждение/подготовка** – За два или три дня до возможного явления следующая САП передает прогнозы, которые являются более точными в отношении как пространства, так и времени. Таким образом, она может дать более конкретное предупреждение. Руководствуясь этим предупреждением, персонал по гражданской защите приступает к

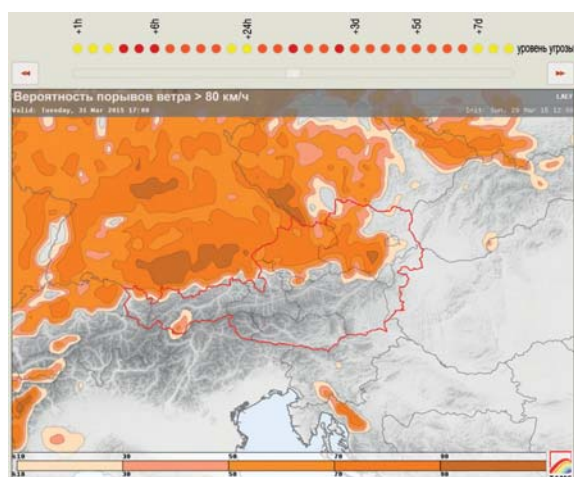
этапу практических действий «подготовка», который предполагает более активные действия, такие как предоставление оборудования и людей. На следующий день САП, позволяющая учитывать конвекцию, предоставляет более подробную информацию, особенно для районов со сложной топографией, таких как Альпы.

**Прогноз текущей погоды/активное включение в работу** – Наконец, САП по прогнозу текущей погоды дает наиболее точную картину суровой метеорологической ситуации, которая позволяет принять окончательные решения. Персонал по гражданской защите приступает к третьему этапу «активные действия», во время которого реализуются окончательные планы, например концентрация оперативной деятельности в районах, подвергающихся наибольшей опасности. Этот подход на основе прогноза текущей погоды особенно важен для конвективных явлений в летний сезон, которые характеризуются высокой пространственно-временной изменчивостью. По этой причине расчеты по ансамблю моделей прогноза текущей погоды INCA выполняются каждый час, тогда как другие модели – САП AROME, ALADIN-LAEF и САП ЕЦСПП – обновляются лишь каждые 12 ч; что касается Венгрии, модель ALADIN-HUNEPS обновляется лишь раз в сутки.

## Создание веб-порталов

Метеорологи и персонал по гражданской защите совместно разработали соответствующие комплекты метеорологических данных, которые ясно и просто показывают прогнозы, поддерживая тем самым процесс быстрого принятия решений. Прежде всего, партнеры по гражданской защите определили приемлемые пороговые значения для основных метеорологических параметров: скорости ветра, осадков и температуры. Эти пороговые значения значительно отличались в двух странах. Например, порыв ветра 60 км/ч является обычным и часто наблюдается в горных районах Австрии, но представляет серьезную опасность для чрезвычайно уязвимого района озера Балатон в Венгрии, места летнего проведения множества водных спортивных мероприятий. В результате были созданы два отдельных веб-портала, по одному для каждой страны с разными пороговыми значениями и визуализацией.

На местах показ продукции готовится таким образом, чтобы прогноз был бесшовным, т. е. прогнозы средней заблаговременности и более низкого разрешения автоматически замещаются прогнозами более высокого разрешения с более коротким сроком. Таким образом, пользователю не надо идентифицировать конкретную модель САП. Результаты отдельных систем САП визуализируются как в виде вероятностных карт, показывающих вероятность



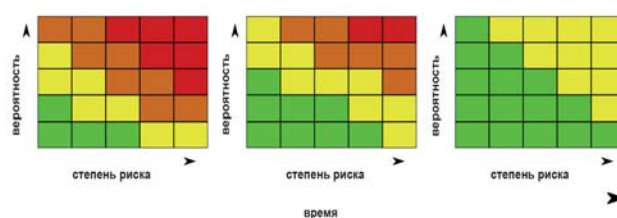
Информация бесшовного вероятностного прогнозирования обрабатывается, визуализируется и затем отправляется на специально созданный веб-портал, который доступен для органов гражданской защиты и специалистов в области управления бедствиями (пример с веб-портала Австрии).

превышения определенных пороговых значений, так и в виде информации по конкретному месту для заранее выбранных мест в форме метеограмм или шлейфов. Вероятностные карты на австрийском портале сопровождаются элементами изображений, которые наглядно показывают уровень угрозы подобно сигналам светофора: зеленый, желтый, оранжевый и красный по мере возрастания угрозы.

Совокупный показатель угрозы был создан для того, чтобы обеспечить органы гражданской защиты общей информацией сразу после входа на веб-портал. Он учитывает вероятность явления, его опасность (интенсивность) и заблаговременность при условии, что прогноз большей заблаговременности обычно содержит более высокие неопределенности. Другими словами, «желтое» предупреждение за неделю не должно вызывать панику, а «красное» предупреждение в прогнозе на следующий день должно послужить сигналом тревоги.

## Обучение и личный опыт

Междисциплинарное сотрудничество между метеорологами и органами по гражданской защите послужило ключом к успеху PROFORCE. Персонал по гражданской защите должен был научиться работать с вероятностными прогнозами, чтобы получить максимальную пользу от использования веб-портала. Учебные занятия в обеих странах помогли укрепить межнациональное сотрудничество, а отзывы органов по гражданской защите относительно вероятностной информации также позволили разработчикам моделей усовершенствовать свои САП.



*Сочетание степени риска, вероятности и заблаговременности для определения общего уровня угрозы*

В ходе проекта система подвергалась интенсивной проверке во время суровых погодных условий в контрольных районах Нижней Австрии и округа Шомодь (декабрь 2013 г. – ноябрь 2015 г.). Отзывы конечных пользователей и заинтересованных лиц в основном были положительными, и пригодность системы для оперативного использования в органах по гражданской защите была подтверждена. При наличии новой системы превентивные действия и меры по обеспечению готовности можно было бы предпринять гораздо раньше, и они были бы более конкретными, чем при использовании классического детерминистского прогноза погоды.

Хорошим примером в этой связи является ураган «Никлас» (30 марта – 2 апреля 2015 г.). За 7 дней до урагана САП ЕЦСПП предупредила о высокой вероятности порывов ветра с превышением порогового значения на большой территории Австрии. Как только глобальная САП впервые выявляет суровое метеорологическое явление, необходимо непрерывно проверять достоверность его местоположения, времени и интенсивности от одного прогноза до следующего. Это привело к появлению первоначальных предварительных предупреждений в соответствующих районах за пять дней до начала явления. За три дня до начала явления САП более высокого разрешения показала очень высокую вероятность порывов ветра выше 80 км/ч (уровень 2) и высокую вероятность порывов, превышающих 100 км/ч (уровень 3, наивысший уровень предупреждения). Наконец, максимальный порыв, зарегистрированный на низкорасположенных метеорологических станциях, составил 121 км/ч в местечке Эннс, Верхняя Австрия. Дополнительная информация о надежности и неопределенности в новой системе позволила дать более точную оценку ситуации; однако САП текущей погоды не обеспечила дополнительную выгоду. Работа системы проверялась путем сопоставления предупреждений с картами развертывания действий органов по гражданской защите. Отмечалась очень высокая корреляция между районами интенсивных действий по обеспечению гражданской защиты и выделенными районами в прогностической продукции САП, особенно для крупномасштабных бурь и паводков.

Во время летних сезонов 2014 и 2015 гг. Венгерский центр управления стихийными бедствиями широко использовал систему вероятностного прогнозирования при подготовке к нескольким спортивным соревнованиям на озере Балатон и вблизи него, включая парусные гонки «Blue Ribbon Race», заплыв через озеро Балатон. Для последнего, мероприятия информация САП оказалась полезной, когда настало время решать, надо ли откладывать соревнования. Мероприятия на озере Балатон уязвимы к внезапным изменениям погоды, которые иногда могут ограничиваться отдельными регионами. Опыт проекта PROFORCE показал, что, хотя методы прогнозирования с помощью САП могут повысить прогнозируемость этих изменений, по-прежнему необходимо дальнейшее усовершенствование, особенно в области прогнозирования текущей погоды.

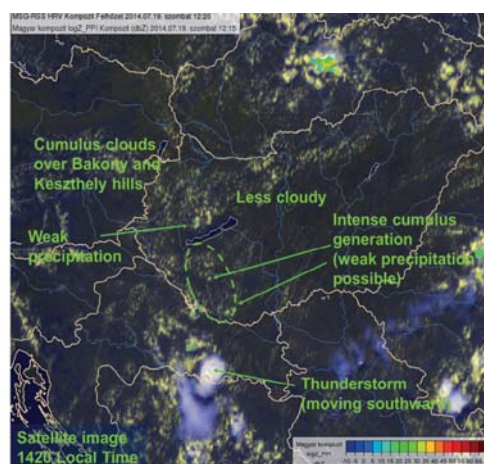
### Длительное продолжение в будущем

PROFORCE был трудным, но интересным проектом, который фактически преследовал две цели. Первая цель состояла в том, чтобы наладить связь между прогностическим сообществом, которое осуществляет мониторинг погоды и знает сильные и слабые стороны каждой отдельной модели, и сообществом по гражданской защите, которое уделяет основное внимание воздействиям суровой погоды. Наладить понимание между этими двумя группами оказалось непросто.

Вторая цель касалась вероятностей. Хотя органы гражданской защиты и были знакомы с метеорологическими и климатическими исследованиями, они, как и прогнозисты, только в большей степени, лишь начинают учиться управлять вероятностями и доверять им. Персонал по гражданской защите должен регулярно проходить обучение, чтобы более уверенно применять концепцию вероятностного прогнозирования, принимая ежедневные решения относительно распределения помощи или отмены массовых мероприятий.

Важно подчеркнуть, что бесшовная система САП не заменяет полностью стандартные предупреждения, выпускаемые прогностическим бюро, которое также принимает во внимание результаты, полученные с помощью других моделей численного прогноза погоды, и данные наблюдений. В первую очередь она предназначена для того, чтобы предоставлять дополнительную информацию и подробные данные относительно пространственного распределения и интенсивности метеорологических параметров.

В конечном счете каждое звено в цепочке предупреждений, от официальных органов власти до местных заинтересованных сторон и, наконец, до широкой публики, может получить пользу от этого



Вероятность слабого ливня или грозы



Вероятность обычной грозы



Композитное изображение высокого разрешения в видимом и инфракрасном диапазонах, полученное с метеорологического спутника (MSG), показывающее ситуацию во время заплыва через озеро Балатон 19 июля 2014 г. Нижние изображения: вероятностный прогноз САП ЕЦСПП индекса грозы (CAPE) с превышением пороговых значений 100 дж/кг (возможен слабый ливень или гроза) и 300 дж/кг (возможна обычная гроза)

проекта. Меняющаяся погода всегда влечет за собой новые сложные проблемы как для метеорологов, так и для экспертов в области гражданской защиты. Хотя проект PROFORCE уже завершился, созданное им межрегиональное и междисциплинарное сотрудничество будет продолжаться еще многие годы.

### Выражение признательности

Авторы благодарят всех коллег, внесших вклад в проект PROFORCE. Особой благодарности заслуживают члены Научно-консультативного совета: Фриц Нойвирт, Матиас Штайнер, Зигфрид Якс, Цзяньци Вань, Саймон Джексон и Эллис Соарес. Выражаем благодарность за все материалы и информацию, предоставленные Герги Хейзлером (DMDSC) и Йоханом Дантингером (NOEL-CP). На 75 % проект PROFORCE финансировался за счет Департамента по гуманитарной помощи и гражданской защите Европейской комиссии (ECHO).



# Факторы, влияющие на внедрение гидрологических исследований в практику

Энн Калвер<sup>1</sup>

Разработано множество подходов с тем, чтобы практикующий гидролог мог анализировать проблемы управления водными ресурсами и рисками, связанными с наводнениями. Доступность практически во всем мире информации через Интернет, методов и программ дистанционного обучения повышает степень географического распространения этих методов. Как определить, какие методы больше всего используются на практике? Факторы, влияющие на их перенос из области исследований в группу, широко используемую на практике, никоим образом не являются лишь техническими, но имеют также экономический, экологический и социальный характер.

## Финансирование исследований

Гидрологические исследования могут быть фундаментальными или прикладными, и иногда трудно связать разработку практических процедур с конкретным исследованием. Обычно, хотя и не всегда, для разработки эффективной практической гидрологической методики привлекаются значительные объемы инвестиций. Часто лишь страны с достаточно энергично развивающейся экономикой могут себе позволить «роскошь» немалых долгосрочных инвестиций в исследования на устойчивой основе. Исследования также дают возможность персоналу для обучения и развития и могут способствовать установлению научных контактов между сообществами и странами.

Гидрологические научные программы действуют в государственных организациях, университетах и в частном секторе. Международные организации и структуры имеют возможность расширить круг стран, участвующих в гидрологических инновациях.

Европейская система оповещения о паводках (см. вставку А), которая в настоящее время достигла уровня практической зрелости, является примером такой инициативы.

## Политическая мотивация

Политическая мотивация к определению приоритетности гидрологических исследований побуждает к разработке практических приемов и методов. Понятно, что такая мотивация имеет тенденцию возникать после стихийных бедствий, особенно когда сильное наводнение или засуха влияют на коммунальное водоснабжение, сельское хозяйство и промышленность. Реакция на стихийные бедствия иногда способствует строительству гидротехнических сооружений, а не разработке новых или усовершенствованных методов. Например, проектирование и строительство защитного барьера на реке Темза в Лондоне было обусловлено чрезвычайно сильным разливом реки и наводнением в прибрежной зоне в 1953 г., что также послужило стимулом для совершенствования методологии картирования рисков внутриматериковых наводнений в Соединенном Королевстве. Тот факт, что представители правительственных органов признают долгосрочные климатические последствия, а также связанные с погодой краткосрочные гидрологические опасные явления, служит основой для признания необходимости устойчивых долгосрочных исследований и разработок.

Способность надлежащим образом подходить к решению проблем в рамках стратегического временного масштаба может помочь устранить затруднения в рамках более короткого оперативного временного интервала. Например, что касается речных паводков, то правильная долгосрочная оценка повторяемости паводков, нашедшая практическое применение в проектировании гидротехнического сооружения, может

<sup>1</sup> Энн Калвер – ученый и консультант в области гидрологии, выполняет ряд функций в рамках ВМО. [anncalver@acv-associates.co.uk](mailto:anncalver@acv-associates.co.uk)

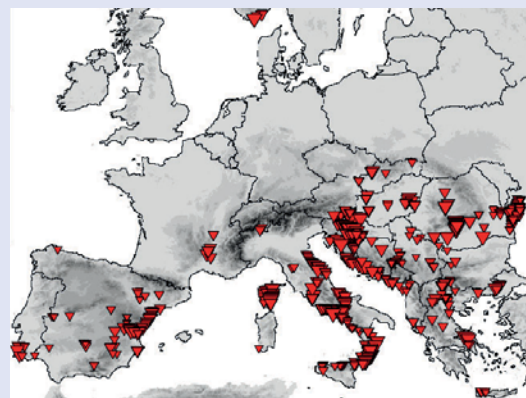
## Европейская система оповещения о паводках (ЕВОП), функционирующая в полном объеме с 2012 г.

Объединенный исследовательский центр Европейского союза (ЕС) и другие организации

*Цель и метод:* повышенная готовность к речным паводкам и обоснованная информация с предупреждением о паводках, передаваемая в страны Европы. Использование ансамблевого прогнозирования осадков в ЕЦСПП (Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды) в сочетании с гибридной концептуальной/физической моделью стока LISFLOOD, связанной с расчетом трансформации речного русла.

*Финансирование разработок:* генеральные директораты Европейского союза и Парламент; эксперты, финансируемые странами; тестирование с привлечением национальных гидрологических служб.

*Факторы, способствующие разработкам:* признание на уровне ЕС того, что предыдущие оповещения о паводках не соответствовали требованиям стран и отличались по качеству, тем самым затрудняя планирование и организацию оказания помощи. Конкретным поводом для разработок явились сильные наводнения на реках Эльба и Дунай в 2002 г.



Оповещения о быстроразвивающихся паводках в октябре 2015 г. ©ЕВОП

Использование системы со стороны ЕС в качестве ключевой инициативы в области межнациональных усилий по смягчению последствий стихийных бедствий.

*Факторы, влияющие на возможность перенесения:* в систему встроена возможность для широкомасштабного охвата; может не подходить к более мелким пространственным масштабам. Методика пригодна для переноса в широких масштабах, если поддерживаются выходные данные метеорологической модели и механизмы переноса данных и если возможна калибровка гидрологической модели.

Вставка А

отчасти уменьшить полную зависимость от систем предупреждения о паводках. Стратегические инициативы, такие как руководимая ВМО Глобальная рамочная основа для климатического обслуживания (ГРОКО) и Сендайская рамочная программа по снижению риска бедствий, могут способствовать разработке или совершенствованию гидрологических методик, если будет предоставлено необходимое финансирование для достижения амбициозных и перспективных целей.

Эти политические факторы являются значимыми аспектами методологических разработок, продиктованных спросом, в отличие от исследований, толчком к которым послужили идеи. Политическая мотивация также может быть одним из факторов поддержки использования гидрологического метода за пределами страны его разработки независимо от причины – будь то влияние, коммерческий интерес или озабоченность проблемами гуманитарного характера. Например, ВМО и организации США по оказанию помощи создали Систему оценки риска возникновения быстроразвивающихся паводков для Южно-Африканского региона, чтобы ограничить воздействие опасных гидрометеорологических

явлений. Впоследствии расширенный вариант этой инициативы включил в себя региональные системы прогнозирования и предупреждения о паводках.

## Универсальность методов

Результаты исследований с возможностью более широкого применения в различных областях имеют больше шансов для широкого распространения при прочих равных условиях. Безусловное предпочтение отдается высокоустойчивым методам, которые дают продукцию с малой неопределенностью. Исходя из научных и коммерческих соображений заметим, что ограничение применения не всегда можно точно установить, но оценка ожидаемого диапазона применимости метода должна быть представлена в интересах соответствующего и ответственного практического применения. От характера упрощающих допущений в теоретических и численных методах зависит то, как поведут себя общеприменимые методы на практике.

Разрабатываемые гидрологические методы и модели часто предназначаются для широкого использования,



однако методы также могут включать некоторые неясные локальные, региональные или национальные особенности. Они могут иметь непосредственное отношение к гидрологической среде как таковой или, например, к тому, как обстоят дела со сбором гидрологических данных и их наличием в стране или регионе.

Системы расчета и моделирования, которые номинально носят общий характер, часто требуют установления значений параметров применительно к конкретной местности. Справочник по оценке паводков (см. вставку В) описывает систему оценок повторяемости речных паводков с помощью параметризованных эмпирических уравнений, охватывающих разные условия внешней среды в Британии. По своему характеру она более широко применима, но при этом прошла мало испытаний или перепараметризации за пределами своего региона разработки.

Возможность применения в других пространственных и временных масштабах также влияет на то, насколько широко может использоваться метод. В разных пространственных масштабах используются различные уровни конкретизации – это то, для чего большие вычислительные возможности не обязательно служат заменой (даже в том случае, когда данные не являются ограничивающим фактором). Особенно трудно обеспечить надежную методологию для экстремальных явлений с большими интервалами повторения, поскольку они редко наблюдаются и еще реже измеряются.

### Критическая масса для эффективного использования

Критическая масса пользователей метода является одним из определяющих факторов его предпочтения

по сравнению с другими похожими методами. В крупных государственных и частных организациях методы, обладающие приемлемыми уровнями универсальности и качества, часто принимаются как стандартные из-за их совместимости и очевидной эффективности. В свою очередь, их принятие повышает, по крайней мере, на некоторое время степень доминирования и срок эксплуатации конкретного метода.

Например, консультативный орган правительства Австралии рекомендовал метод моделирования низкого речного стока и прекращения стока (см. вставку С), поэтому эти процедуры широко используются в стране. Аналогично в Англии и Уэльсе регламентирующий орган в области охраны окружающей среды использует метод системы показателей, связанных с процессом, в качестве стандартной основы для определения потенциальной возможности для водозабора в рамках национальной стратегии лицензирования водопользования. Последний метод является примером метода, касающегося законодательного требования, хотя в законодательных актах нет указаний на конкретный метод. При таких обстоятельствах обычно достигаются долговечность и преимущество использования.

Методы гидрологического моделирования, которые используются как граничные условия суши в системах моделирования атмосферы, также получают широкое применение.

### Сопутствующие материалы

Дополнительные руководящие материалы независимо от того, кем они разработаны, – авторами метода, пользователями или организациями, – помогают принять тот или иной метод. Предоставление



## Справочник по оценке паводков (СОП) за 1999 г. и приложения

Институт гидрологии, Уоллингфорд, СК

*Цель и метод:* оценка осадков и расходов на пике речных паводков для ряда интервалов повторения в местах, по которым мало данных или они отсутствуют. Статистические методы и методы расчета гидрографа стока основаны на обобщенных данных.

*Финансирование разработок:* министерство сельского хозяйства, рыболовства и продовольствия Англии и Уэльса (впоследствии Министерство окружающей среды, продовольствия и сельского хозяйства); дополнительное финансирование со стороны Научно-исследовательского совета СК по охране окружающей среды.

*Факторы, способствующие разработкам:* необходимость, признанная на уровне министерств; сильное сообщество пользователей; использование регламентирующими органами в области охраны окружающей среды (Агентство по охране окружающей среды, Агентство по охране окружающей среды Шотландии); активно формирующееся признание того факта, что, возможно, этот Справочник является превосходным британским инструментом для оценки повторяемости паводков в местах, недостаточно охваченных данными.



Уоллингфорд, 2003 г.

©RAF Бенсон

*Пример применения:* вклад в гидравлическое моделирование рек для оценки риска паводков в масштабе страны.

Подготовлен в развитие успешного Отчета об изучении паводков за 1975 г., который, в свою очередь, появился под влиянием сильного наводнения 1953 года.

*Факторы, влияющие на возможность перенесения:* в принципе, можно использовать в других режимах умеренной влажности для водосборов размером от 0,5 до 1000 км<sup>2</sup>; взаимосвязи между гидрологическими переменными и свойствами водосборов не подвергаются широкой проверке за пределами Великобритании и требуют источников дополнительных данных.

Вставка В

учебных материалов играет важную роль в распространении и практическом использовании новых методов, а также в их внедрении в гидрологические образовательные программы. Растущий доступ к материалам через Интернет значительно расширил географический охват источников информации и программ дистанционного обучения.

ВМО играет ключевую роль в деятельности по международному распространению материалов и наращиванию потенциала в области гидрологии. К основным примерам широко используемых гидрологических учебно-справочных материалов ВМО относятся *Руководство по гидрологической практике, Наставление по прогнозированию паводков и предупреждению о них и Наставление по оценке и прогнозированию низкого стока*. Как и полагается, в этих материалах внимание в большей степени акцентировано на рассмотрении типов подходов к гидрологическим проблемам, а не на конкретных методах и видах продукции.

## Программное обеспечение

Гидрологические методы, представленные в виде программных продуктов, дают дополнительные преимущества в поддержку широкого использования, особенно для разработчиков, создающих удобные для пользователя системы и предоставляющих бесплатное или очень дешевое программное обеспечение. Другое значительное преимущество достигается также за счет свободного предоставления исходных кодов, что дает возможность установить связь с другими методами и позволяет пользователям вносить изменения.

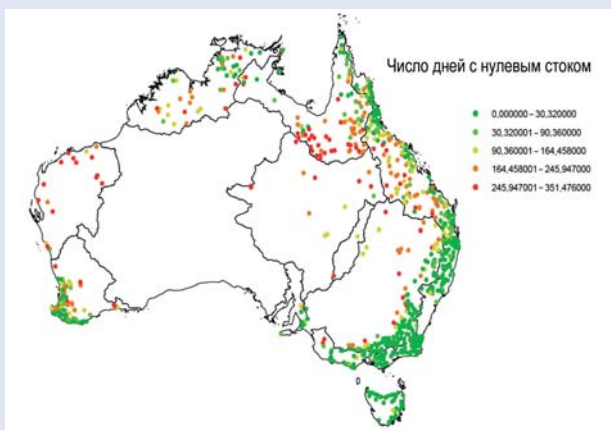
Система моделирования грунтовых вод «Modflow» Геологической службы США является примером программного обеспечения, принятого большими сообществами практиков не в последнюю очередь, потому, что ее исходный код имеется в свободном доступе.

## Оценка низкого стока в Австралии в 2012 г.

Д. Барма и И. Варли, по согласованию с другими экспертами, для Национальной комиссии по водным ресурсам

*Цель и метод:* разработка наилучшего практического метода моделирования в стране для оценки низких речных стоков и прекращения стока на зарегулированных и незарегулированных реках. Гидрологическое моделирование с эмпирическим переносом на районы, недостаточно охваченные данными.

*Финансирование разработок:* национальная комиссия по водным ресурсам, которая являлась в то время правительственным консультативным органом.



*Пример применения:* повторная калибровка измерений низких стоков, например, для водосбора реки Дейли, Северная территория, с использованием комплексной модели поверхностных и грунтовых вод.

*Факторы, способствующие разработкам:* признание правительством потребности в адекватном прогнозе в масштабе страны; признание потребности в согласованных процедурах калибровки для моделирования особенно режима низких стоков.

*Факторы, влияющие на возможность перенесения:* предназначен для широкого применения в различных природных средах Австралии; препятствия могут возникнуть из-за недостаточного количества данных, особенно данных о распределении осадков и вмешательстве человека, например, с целью забора воды для орошения.

*Вставка С*

Для эффективного применения на практике очень важно, чтобы в руководящих материалах и в процессе обучения допущения были абсолютно четко определены. При рассмотрении результатов видно, что в некоторых методах ключевые допущения не становятся очевидными, следовательно, область применения этих методов может быть не очевидной и может быть необоснованно расширена.

## Оценка и обратная связь

Оценка использования гидрологического метода дает ценные знания для будущих применений. Полная оценка включает информацию об ограничениях и о положительном опыте, хотя первое не всегда является той характеристикой, которой разработчики и/или пользователи охотно делятся из коммерческих или карьерных соображений. Более того, исследователи и практики не всегда поддерживают связь между собой в полной мере. Многие разработчики сами не являются пользователями-практиками, и распространение результатов своей работы за пределы сообщества их партнеров не является для них приоритетной задачей. Таким же образом многие практики не вникают в теоретические и методологические детали.

Проводятся объективные оценки работы и практических возможностей различных методов. Некоторые из них финансируются пользователями или клиентами для удовлетворения конкретной потребности, тогда как другие, включая оценки ВМО, проводятся на более широкой основе.

## Выводы и рекомендации

Что касается множества разработанных гидрологических методов, то широкому внедрению и оперативному использованию того или иного метода способствуют следующие факторы:

- надежная техническая основа,
- надежность в различных условиях окружающей среды с точки зрения пространства и времени,
- мотивация к распространению метода за пределы области исследований,
- наличие специалистов, способствующих эффективному использованию,
- определенная простота в использовании,
- эффективное руководство и соответствующая модернизация.

Некоторые из этих факторов следуют из осознанных решений, другие менее однозначны и, в определенной степени, обусловлены случайным выбором и возможностями. Этот процесс не обязательно является откровенно детерминистическим и не основывается полностью на технических преимуществах.

Вероятно, по сравнению с метеорологией в гидрологии используется более широкий диапазон приемлемых методологических подходов. В метеорологии существует общее соглашение относительно предпочтительного типа формулировок для описания атмосферы, которые создают основу для многих разработок в области моделирования и видов метеорологической и климатической продукции, полученных на основе моделирования. Эта разница отчасти обусловлена большей изменчивостью свойств материалов в физических областях, охваченных гидрологией, и отчасти диапазоном рассматриваемых гидрологических вопросов, включая разнообразные варианты вмешательства человека в гидрологический цикл и его изменение. Это может повысить степень конкуренции между альтернативными методами во многих областях гидрологических применений. Это вносит вклад в дискуссию относительно того, следует ли поддерживать стремление к включению в небольшую основную группу «стандартных» гидрологических методов или предпочесть распространение широкого диапазона альтернативных процедур.

Независимо от используемого метода настоятельно рекомендуется четко определять диапазон применимости разработанного и/или использованного гидрологического метода и корректировать эту оценку по мере накопления опыта практического использования. В отчеты большинства научно-прикладных проектов и практических гидрологических применений следует включать комментарий по этому поводу с тем, чтобы широкое гидрологическое сообщество в будущем повышало результативность эффективной гидрологии.

## Выражение признательности

Выражаю благодарность Брюсу Стюарту (бывший директор Департамента климата и воды ВМО) за предварительное обсуждение и редакционной коллегии ВМО.

**Социально-экономические факторы наряду с техническими проблемами оказывают существенное влияние.**



# Хороший день для вывешивания постиранного белья или 10-процентная вероятность дождя?

## Поговорим о рисках и неопределенностях в прогнозах погоды

Александр Холл, лауреат премии Пикте

*Историк д-р Александр Холл является помощником директора Центра по науке, знаниям и вере в общество Ньюмановского университета в Бирмингеме, СК. Его докторская диссертация, защищенная в 2012 г., «Риск, вина и компетентность: Метеорологическое бюро и погодные катаклизмы в послевоенной Британии» была недавно награждена премией имени Марка Огюста Пикте за вклад в историю науки. Премию вручило Женевское общество физики и естественной истории.*

Недавнее нашумевшее заявление в средствах массовой информации и в социальных сетях о том, что мы живем в «постправдивом мире», вызвало озабоченность у некоторых ученых. Однако безоговорочное доверие к таким заявлениям нарисовало бы чересчур упрощенную и глубоко антиисторическую картину. Хотя 2016 год, возможно, и имел свои сюрпризы, проблемы, которые он поставил перед теми, кто связан с передачей фактов и цифр специалистам и широкой общественности, не должны шокировать по-настоящему.

В течение многих лет метеорологи и климатологи решают сложные задачи, связанные с эмпирическим измерением и прогнозированием бесчисленного множества динамических характеристик атмосферы и с передачей этих комплексных данных населению. В будущем, когда ожидается, что интенсивность и частота экстремальных метеорологических явлений будет расти из-за изменения климата, еще более важной будет способность доведения до населения прогнозов и предупреждений в точной, сжатой и убедительной форме. В этой статье рассматриваются некоторые факты из истории предоставления прогнозов погоды населению Соединенного Королевства (СК), отражающие напряженные отношения между научными экспертами и общественностью.

### Возлагайте вину на синоптиков

Один из наиболее печально знаменитых случаев искажения прогноза погоды касается комментария в прямом эфире синоптика Британской радиовещательной корпорации (Би-би-си) Майкла Фиша незадолго до Великой бури 1987 г. Фиш, метеоролог Национальной метеорологической службы СК (Метеорологическое бюро) начал свой прогноз 15 октября 1987 г., заявив следующее: «Сегодня, очевидно, женщина позвонила на Би-би-си и сообщила о том, что слышала о приближении урагана. Если вы смотрите эту передачу, не волнуйтесь – ничего подобного не ожидается». На следующее утро жители страны стали свидетелями картины разрушений. При порывах ветра, превышавших 160 км/ч, и постоянной скорости ветра свыше 130 км/ч внетропический циклон, который обрушился на юго-восток СК, когда страна спала ночью с 15 на 16 октября 1987 г., был самым мощным в регионе со времен Великой бури 1703 г. Только в одном СК от урагана погибло 19 человек, повалено примерно 15 млн деревьев, наблюдалось массовое отключение подачи электроэнергии, а размер ущерба, нанесенного застрахованному имуществу, составил рекордные в то время для всего мира 1,4 млрд фунтов стерлингов (2,3 млрд долларов США по курсу того времени).



Последствия Великой бури 1987 г., Лондон

Ураган часто вспоминают не просто из-за его силы и причиненных им разрушений, но и в связи со скандально знаменитым прогнозом Фиша и отсутствием четких предупреждений о суровых погодных условиях со стороны Метеорологического бюро. Ураган, его последствия и память о нем формируют общее представление об ожиданиях населения Британии в конце XX века в отношении экстремальных метеорологических явлений и их взаимосвязи с экспертной научной организацией, сообщающей о рисках, возникающих в результате таких явлений. Такой организацией является Метеорологическое бюро.

Сразу после урагана средства массовой информации поспешили обратиться с вопросами к метеорологической службе. Газеты Британии вышли с такими заголовками: «Метеорологам не удалось предсказать рекордный по силе ураган» и «Почему они не предупредили нас?». Многие критические замечания, включая то, насколько поздно было выпущено предупреждение для населения, были связаны с непониманием порядка работы Метеорологического бюро. На самом деле, Метеорологическое бюро выпускало предупреждение за 4 дня до начала урагана 15–16 октября.

Официальные предупреждения о штормовом ветре в проливе Ла-Манш были выпущены рано утром 15 октября, а все программы государственного телевидения и радио в тот день предупредили о сильном ветре. Однако поскольку две разные расчетные модели, используемые Метеорологическим бюро, давали неопределенные прогнозы, предупреждения о штормовом ветре на суше не были выпущены. Особые предупреждения были направлены поздно вечером 15 октября гражданским службам, таким как Британские железные дороги и Лондонская пожарная команда, а экстренное предупреждение было объявлено населению по радио в 01:20 ночи 16 октября. Пытаясь смягчить критику относительно того, насколько поздно было выпущено предупреждение

для населения, профессор Джон Хаутон, бывший в то время генеральным директором Метеорологического бюро, подчеркнул, что в рамках действовавшей системы предупреждений о чрезвычайных ситуациях предупреждения для населения могли быть выпущены только за три часа до наступления опасного метеорологического явления и если только оно почти наверняка должно было произойти.

Внутреннее расследование обстоятельств потребовало пересмотра содержания и стиля телевизионных презентаций и полного пересмотра того, как Метеорологическое бюро взаимодействует с прессой и другими средствами массовой информации, при этом было установлено, что употребление Майклом Фишем термина «hurricane» (ураган) оказалось попросту «неудачным». Участники расследования сочли используемый язык «частью стиля передачи прогнозов, направленного на то, чтобы сделать их более интересными, чем сухое перечисление фактов». Такой разговорный стиль долгое время был характерной чертой прогнозов для населения в СК.

Этот запомнившийся инцидент был не первым, когда выступавшего на телевидении синоптика обвиняли в ошибочном прогнозе, и не впервые язык синоптиков и форма подачи материала вызывали затруднения. Такие случаи отмечаются с самого начала представления прогнозов на телевидении.

## «Лицо» британских прогнозов погоды

Первые телевизионные прогнозы в Великобритании с появлением метеоролога на экране были начаты Метеорологическим бюро совместно с Би-би-си в январе 1954 г. Эти «наглядные» прогнозы были попыткой улучшить визуальную эстетику передаваемой по телевидению погоды и повысить уровень осведомленности населения в вопросах метеорологии.

Однако появление «лица» у прогноза погоды привело к неожиданной реакции зрителей. Почти сразу же после введения в действие нового формата служба Би-би-си начала получать письма, в которых ведущих упрекали в неточности предоставляемых прогнозов. Хотя критические замечания относительно неточных прогнозов не были чем-то новым, поспешность и объем обвинений, направленных конкретно на ведущих, были беспрецедентными. Частично это обусловлено тем, что человек, появляющийся на экране, был специалистом-метеорологом, а не привычным диктором телевидения.

Директор Национальной метеорологической службы лично отвечал на большинство писем и в одном случае



Михаэль Фиш дает свой печально известный прогноз 15 октября 1987 г.

разъяснял следующее: «Думаю, что к метеорологу надо относиться, скорее, как к советчику, чем предсказателю... Однако трудность заключается в том, чтобы добиться равновесия между профессиональной картой с непонятными знаками и чрезвычайно упрощенным вариантом, понятным среднему зрителю».

Синоптики столкнулись с тем, что теоретики в области передачи научной информации позже назвали основной слабостью дихотомического подхода «модели дефицита», при котором попытка установить связь с широкими слоями общества с разным уровнем образования всегда была не полностью успешной. При разработке нового формата служба Би-би-си настоятельно рекомендовала Метеорологическому бюро использовать более привлекательный язык вместо скучных научных терминов, принятых в профессиональной практике. Таким образом, новые лица, представлявшие прогнозы погоды, попытались установить прямой контакт со зрителем: в своей первой передаче метеоролог Джордж Каулинг сообщил домохозяйкам, что ветреная погода будет благоприятной для вывешивания постиранного белья. Помимо того, что такой язык более привлекателен, чем сухая фраза «существует высокая вероятность ветра сегодня», он придает более глубокое ощущение определенности и личного контакта.

Уже в конце 1953 г. директор Метеорологического бюро предложил назначить ответственным за обслуживание населения сотрудника из числа старших должностных лиц с возложением на него обязанности информировать заместителя директора по вопросам прогнозирования о характере, содержании и способе изложения всей информации, передаваемой населению. Тем не менее сотрудникам Метеорологического бюро было трудно сохранять язык таким, чтобы привлекать широкий круг зрителей, и в то же время в четкой форме сообщать о неопределенности, вероятности и причинах ошибок.

Те сотрудники Метеорологического бюро, кто видел в новом формате возможность распространения

прогнозов и образования населения, были удивлены случаями необоснованных поисков виноватых. Они полагали, что если бы население лучше разбиралось в том, как работают метеорологические системы и процесс прогнозирования, их понимание подверженности прогнозов ошибкам, безусловно, возросло бы. Такой интуитивный взгляд чрезмерно упростил взаимосвязь между восприятием риска и обвинением, что не позволяет принять во внимание проблемы передачи информации, которые возникают при сообщении о риске.

## Визуализация комплексных синоптических данных

Формативная технология на телевидении позволила сотрудникам службы Би-би-си экспериментировать не только с теми, кто будет представлять новый формат, но и с тем, как прогноз следует представлять. Теперь, когда есть ведущий передачи, должны ли карты быть более сложными? Какие элементы должны быть напечатаны, а какие следует наносить на карту в прямом эфире? Во время испытаний в 1953 г. Метеорологическое бюро и служба Би-би-си потратили очень много времени и усилий, чтобы определить, как можно визуальным образом представить комплексные прогнозы погоды, чтобы они были понятны широкой общественности.

Представители Метеорологического бюро уже столкнулись с трудностью упрощения комплексных кодированных синоптических карт при составлении прогнозов для газет, а технические ограничения телекамер с самого начала вынудили синоптиков составлять даже еще более простые карты. Теперь при добавлении движущегося элемента, когда метеоролог наносит его на карту в прямом эфире, процесс стал еще более простым. Тот факт, что развитие синоптической картины подчеркивалось тем, что вчерашним и сегодняшним картам предоставлялось столько же эфирного времени, как и картам завтрашнего дня, позволяло синоптику объяснять любые ошибки, что помогало смягчить обвинения и сохранить доверие зрителей. Однако по мере того, как сотрудники Метеорологического бюро пытались найти баланс между исчерпывающим объяснением всех возможных результатов и точной, сжатой и целостной картиной погоды, их продолжали обвинять в ошибочности прогнозов погоды.

Группы, вовлеченные в телевизионный проект, плохо понимали, насколько важен язык, внешний вид и визуальный аспект прогнозов. Однако они не могли предвидеть, что предоставление вероятностных прогнозов на детерминистическом языке, который мог бы быть понятен зрителям, окажет





Джордж Каулинг представляет новый формат на Би-би-си.

значительное влияние на развитие восприятия населением риска и ожиданий, касающихся прогнозов погоды.

## Прогнозы сегодня

Положение Метеорологического бюро как известного распространителя научной информации и сложные задачи, которые это положение ставит перед финансируемым государством органом с целью сохранения объективности и научности, были подтверждены в рамках парламентского опроса 2012 г., проведенного Научно-техническим комитетом Палаты общин. По результатам опроса было заявлено, что:

в точном прогнозе мало пользы, если он не передается должным образом и не понятен заказчику. Метеорологическому бюро следует работать с телеведущими, чтобы повысить эффективность передачи. В частности, присущая долгосрочным прогнозам неопределенность должна быть четко разъяснена, и мы стремимся к тому, чтобы телеведущие больше использовали вероятностную информацию в своих прогнозах погоды.

Итак, хотя многое изменилось со времен давнего грубого вмешательства Метеорологического бюро и службы Би-би-си в телевизионные прогнозы, напряженность между вероятностными прогнозами и детерминистическим языком остается. Несмотря на меняющиеся технологии прогнозирования и новые цифровые каналы средств массовой информации, то, как люди интерпретируют, понимают и действуют с учетом прогнозов погоды, по большому счету не изменилось. Для того чтобы по-настоящему понять потенциальную реакцию населения на любой данный прогноз, необходимо более тщательно проанализировать способ представления и передачи прогноза конечному пользователю. Кроме того, научная деятельность, которая лежит в основе

подготовки каждого метеорологического прогноза, предупреждения об экстремальных метеорологических явлениях или климатического сценария, должна быть более «прозрачной» для населения. История метеорологии дает убедительный материал и физические средства, позволяющие населению ознакомиться с научной деятельностью. Открытость важна для устранения неопределенности независимо от того, какими средствами это достигается: музеи, средства массовой информации, аудиторные занятия или современные занятия в режиме онлайн.

## Библиография

- Anon, 1954. Two Weather Men. Radio Times, 122, 8 January 1954, p.15.
- Anon, 1987. Met men fail to predict 'worst recorded storm', The Telegraph, 17 October 1987, p.1; and Anon. 1987a. Why didn't they warn us? The Daily Mirror, 17 October 1987, p.1.
- Anon, 2009. George Cowling Obituary. The Telegraph Online, 27 December 2009.
- Hall, A. 2012. p. 18–22, 37–40.
- Houghton, J. T. 1988. The Storm, the Media, and the Enquiry. Weather, 43, 67–70; Gadd, A. J., and R.M. Morris. 1988. Guidance available at Bracknell for the storm of 15/16 October 1987, and the forecasters' conclusions at the time. Meteorological Magazine, 117, 110–118; Flood, C. R., and R.D. Hunt. 1988. Public forecasts and warnings of the storm of 15/16 October 1987. Meteorological Magazine, 117, 131–136; and LeVay, S. 2008. When Science Goes Wrong: Twelve Tales from the Dark Side of Discovery. London, Penguin Books, Chapter 2.
- House of Commons Debate, 21 October 1987, vol. 120 cc729-42; and Houghton, D. M., F.R. Hayes, and B.N. Parker. 1988. Media reaction to the storm of 15/16 October 1987. Meteorological Magazine, 117, 136–140.
- Michael Fish, BBC television weather forecast, 15 October 1987.
- Rawes, 1957. Letter from Rawes (BBC TV Presentation Editor) to Sutton, 23 January, 1957. T16/245/4, BBC Written Archives, Reading, United Kingdom.
- RMS, 2007. The Great Storm of 1987: 20 Year Retrospective. Risk Management Solutions Inc. Special Report. For more on the Great Storm of 1703 storm see, RMS, 2003. December 1703 Windstorm: A 300 Year Retrospective. Risk Management Solutions Inc. For more information on 1987 see the Met Office factsheets on the storm, here and here.
- Sarewitz, D., R.A. Pielke, and R. Byerly. 2000. Prediction: Science, Decision Making, and the Future of Nature. Washington D.C, Island Press.
- Sutton, O.G. 1953. Summary of project progress sent from Sutton to Sandford (DUS – Air Ministry), 24 November 1953. AIR 2/10881, The National Archives, London, United Kingdom.
- Sutton, O.G. 1954. Letter from Sutton to Denham, 2 March 1954. AIR 2/12924, The National Archives, London, United Kingdom.

# Схемы аккредитации Королевского метеорологического общества

Хлоя Мор (под редакцией проф. Лиз Бентли, д-ра Боба Риддауэя и д-ра Кэтрин Мюллер)

Важность аккредитации возрастает на рынке труда. Учитывая рост потребностей, с которым сталкиваются национальные метеорологические и гидрологические службы, расширение рынка метеорологического обслуживания и увеличение числа поставщиков обслуживания, очень важно, чтобы поставщики обслуживания могли показать, что их сотрудники обладают знаниями и навыками, необходимыми для обеспечения качественного обслуживания.

Аккредитация помогает устанавливать стандарты в более широком метеорологическом сообществе, способствует непрерывному профессиональному развитию и карьерному росту. Кроме того, она показывает, что отдельные личности достигли и продолжают сохранять определенный уровень профессиональных знаний и навыков, который удовлетворяет клиентов, заказчиков и население. С помощью тестирования профессиональных метеорологов на соответствие такому же высокому уровню аккредитация нацелена на то, чтобы население и другие пользователи метеорологического обслуживания доверяли предоставляемому обслуживанию.

Королевское метеорологическое общество (КМО) создало свою первую схему аккредитации для аккредитованных метеорологов (АМ) в 1994 г. Благодаря успеху этой схемы и развитию потребностей поставщиков обслуживания в 2014 г. появилась аккредитация для зарегистрированных метеорологов (ЗМ). Эти схемы обращены к компаниям-поставщикам обслуживания, которые заинтересованы в том, чтобы их сотрудники имели аккредитацию, а также к организациям, которые рассматривают возможность создания такой схемы аккредитации.

## Почему это важно?

Аккредитация важна для отдельных личностей, поскольку она позволяет им добиться признания и показать свои знания и навыки в области метеорологии сверхполученной академической квалификации. Она также демонстрирует стремление продолжать профессиональный рост и может способствовать продвижению по службе, показывая, что человек обладает знаниями, превышающими тот объем, который требуется на занимаемой должности.

Помимо того, что аккредитация обеспечивает работодателям основу для приема сотрудников на работу и их продвижения, ее также можно использовать для того, чтобы показать, что в компаниях-поставщиках обслуживания работают сотрудники, знания и навыки которых признаны независимым органом. Аккредитация выполняет важную функцию, убеждая как заказчиков, так и население в том, что услуги предоставляются профессионалами, обладающими необходимыми знаниями. Это может быть особенно важно, когда консультанты привлекаются для выполнения конкретной задачи, поскольку аккредитация подтверждает то, что они прошли жесткие испытания, чтобы продемонстрировать свой профессионализм.

Пол Найтли, менеджер по прогнозам компании «MeteoGroup» (Метеорологическая группа), Соединенное Королевство (СК), дал комментарии с точки зрения менеджера, заявив: «Квалификационные и аккредитационные схемы КМО являются ценным вкладом в налаженную структуру карьерного роста «MeteoGroup». Члены моей метеорологической команды извлекают пользу посредством своей профессиональной компетенции, а также четкого видения пути своего продвижения по службе. Кроме того,

личностный рост и цели можно оценить с помощью средств непрерывного профессионального развития (НПР), имеющихся в распоряжении Общества».

## Схемы аккредитации КМО

Схемы аккредитации, используемые КМО, обеспечивают профессиональную квалификацию в области метеорологии на уровне, эквивалентном другим схемам, обеспечивающим статус аккредитованного специалиста. Законодательством СК и Европы КМО признано в качестве компетентной инстанции и органа регулирования в области метеорологии в СК, а его две схемы сертификации включены в базу данных регулируемых профессий Европейской комиссии. Хотя большинство претендентов проживает в СК, КМО приглашает соискателей из других стран, которые удовлетворяют необходимым требованиям.

Схемы соответствуют принципам, определенным в Международном стандарте ИСО/МЭК 17024, которые касаются работы органов сертификации, в частности:

- оценка основана на объективных данных, полученных посредством справедливой, обоснованной и надежной оценки, и не подвержена влиянию других интересов или других сторон;
- оценочный процесс гарантирует достаточное количество объективных данных, которые могут служить основой для принятия решения;
- лицо, производящее оценку, является компетентным для выполнения этой задачи;
- существует эффективный процесс удовлетворения жалоб и просьб как средство защиты от ошибок, упущений и неприемлемого поведения.

## Схемы ЗМ и АМ

Аккредитация ЗМ является идеальной для тех, кто только начинает работать в области метеорологии или тех, чья функция заключается в поддержке метеорологического обслуживания. У большинства заявителей опыт работы составляет от двух до пяти лет. Статус ЗМ подготавливает почву для АМ, наивысшего уровня аккредитации в области метеорологии, который присваивается лицу, имеющему достаточно большой опыт в метеорологии.

Уровень знаний в области метеорологической науки и практики, который требуется для присвоения

квалификации ЗМ, основывается на Пакете обязательных программ для техников-метеорологов (БИП-МТ). Что касается уровня АМ, то он основывается на Пакете обязательных программ для метеорологов (БИП-М) и также включает знание текущей ситуации в стране и за рубежом, в условиях которой предоставляется метеорологическое обслуживание. Для обеих схем также необходимо детальное знание заявленных специализаций.

В дополнение к этим требованиям относительно знаний кандидат должен продемонстрировать коммуникативные навыки в устной и письменной форме и компетентность в пяти ключевых областях:

- применение знаний и профессионального опыта – идентифицировать и использовать соответствующие научные знания, методы и навыки для рассмотрения сложных проблем в широком понимании;
- личная ответственность – нести личную ответственность при планировании и выполнении задач;
- навыки межличностного общения – демонстрировать навыки эффективного межличностного общения;
- профессиональная практика – применять соответствующие теоретические и практические методы;
- профессиональные стандарты – демонстрировать личную заинтересованность в соответствии профессиональным стандартам.



*«Квалификация зарегистрированного метеоролога служит идеальным трамплином для подачи заявки на звание аккредитованного метеоролога и позволяет вам укрепиться в высших эшелонах профессии», – заявила Хелен Робертс, старший оперативный метеоролог Метеорологического бюро. – Само собой разумеется, что критерии являются более строгими, но по мере вашего профессионального роста этот вариант со временем покажется не таким сложным».*



Данные о такой компетентности могут включать описание деятельности в прошлом, текущей работы, занимаемых должностей, участия в проектах, вклада в деятельность метеорологического сообщества, совместного использования профессионального опыта или профессиональной квалификации. Хотя АМ и ЗМ предусматривают одни и те же компетенции, требования к АМ значительно выше.

Преимущество аккредитации состоит в том, что она включает выдачу официально признанного государственного документа, который требует, чтобы те, кто его получил, показали, что они поддерживают свои компетенции, продолжают развивать свои знания и навыки, в целом, не отстают от достижений в области метеорологии, постоянно обогащают профессиональный опыт, расширяют способности и увеличивают свой вклад. Они должны вести послужной список своего непрерывного профессионального развития и представлять отчеты раз в два года для АМ и ежегодно – для ЗМ.

## Процесс аккредитации

Чтобы подать заявку на получение аккредитации АМ или ЗМ, кандидаты должны заполнить электронный бланк на веб-сайте КМО. Основная часть заявки предусматривает описание опыта и квалификации кандидата, данные об основных профессиональных качествах и перечень деятельности, связанной с непрерывным профессиональным развитием. Как только заявка заполнена, проверяется ее представление, и назначенные рецензенты направляют соответствующие ссылки.

Для кандидатов на получение ЗМ следующим шагом является оценка рабочего места. Два члена оценочной комиссии рассматривают деятельность заявителя на рабочем месте при возможном участии его непосредственного начальника. Кроме того, кандидату предоставляется возможность конкретизировать данные, представленные в первоначальной заявке.

Кандидат на получение АМ отвечает на вопросы конкурсной комиссии. Это – не экзамен, а равноправная дискуссия, которая ведется на основе данных кандидата. Также предполагается, что кандидат сделает краткую техническую презентацию.

После оценки рабочего места или ответов на вопросы заявку рассматривает Профессиональный аккредитационный комитет КМО. Весь процесс получения аккредитации обычно завершается в течение четырех месяцев с момента представления заявки. На сегодняшний день аккредитовано 86 ЗМ и 66 АМ.

Предполагается, что это количество будет расти, поскольку все больше организаций учитывают эти профессиональные квалификации в своих внутренних процессах карьерного роста.

Более подробную информацию о схемах аккредитации можно получить по адресу: [www.rmets.org/professional-accrreditation](http://www.rmets.org/professional-accrreditation). КМО готово поделиться своим опытом в области разработки, осуществления и управления схемами сертификации. Для получения дальнейших рекомендаций и справочных материалов, а также для обсуждения этой темы обращайтесь по электронному адресу: [accrreditation@rmets.org](mailto:accrreditation@rmets.org).

## АККСИС

АККСИС является онлайн-системой по непрерывному профессиональному развитию, введенной Обществом в действие в 2014 г. Она доступна только для членов КМО и используется главным образом для подачи заявок на аккредитацию и для создания подробного перечня деятельности по непрерывному профессиональному развитию; впоследствии она может быть использована для отслеживания и управления развитием.

К настоящему времени около 200 пользователей создали свыше 3 000 перечней непрерывного профессионального развития. После ввода перечней непрерывного профессионального развития в систему можно создать отчеты, легко сохранить их в формате PDF, а затем отправить их по электронной почте или распечатать. Эти отчеты можно направить настоящим или будущим работодателям или использовать их для экспертных оценок и рецензий. АККСИС поддерживает схемы аккредитации.



## 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.public.wmo.int](http://www.public.wmo.int)

ISSN 0250-6076