




ВСЕМИРНАЯ  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ

# БЮЛЛЕТЕНЬ

Том 68 (2) — 2019 г.

ПОГОДА КЛИМАТ ВОДА



Реализация  
концепции развития ВМО  
до 2030 года

# БЮЛЛЕТЕНЬ ВМО

## Журнал Всемирной метеорологической организации

Том 68 (2) — 2019 г.

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

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

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

**Редакционная коллегия**  
Е. Манаенкова (председатель)  
С. Кастонгэ (секретарь)  
П. Кабат (главный научный сотрудник, исследования)  
Р. Мастерс (политика, международные связи)  
М. Пауэр (развитие, региональная деятельность)  
Й. Кульман (вода)  
Й. Адебайо (образование и подготовка кадров)  
Ф. Белда Эсплугес (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, 2019

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 чёткого указания источника в полном объёме. 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 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 отдаётся предпочтение перед другими аналогичными, но не упомянутыми или не прорекламированными компаниями или продукцией.

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

# Содержание

## Реализация концепции развития ВМО до 2030 года. Интервью Генерального секретаря Петтери Тааласа

Сильви Кастонгэ . . . . . 2

## Программа «Коперник» объединяет силы с ВМО по осуществлению ГРОКО

Эрика Аллис, Жан-Ноэль Тепо, Карло Буентемпо,  
Рупа Кумар Колли, Уилфрен Моуфоума Окиа,  
Берит Архаймер, Абду Али, Джонни Дехаспе  
и Кристиан Биркель . . . . . 5

## Устойчивость атмосферных наблюдений в развивающихся странах

Паоло Лай, Маркос Эндрейд, Ранджит Соки,  
Клавдия Волощук и Оксана Тарасова . . . . . 14

## Изменение выбросов летучих органических соединений в городах: множество путей к тому, чтобы воздух стал чище

Изобель Симпсон и Клавдия Волощук . . . . . 22

**От наблюдений за атмосферой  
и анализа парниковых газов к оценкам  
выбросов: смелая научная инициатива**

Шамиль Максюттов, Доминик Брюннер,  
Алистарх Мэннинг, Пол Фрезер, Оксана Тарасова  
и Клавдия Волощюк . . . . .29

**Обслуживание, связанное с погодой  
и климатом: расширение диапазона  
выбора для государственного  
и частного секторов**

Адриан Перрелз. . . . .36

**Поддержка инноваций в ВМО**

Кристоф Мейстер и Флориан Тейчерт . . . . .42

**Заблаговременные предупреждения  
о затоплении прибрежной зоны**

Вэл Суэйл, Сара Граймс, Пол Пайлон,  
Рэй Кентерфорд, Кертис Барретт  
и Юрий Симонов . . . . .48

**Развитие оперативного  
прогнозирования погоды под  
влиянием «набора из трех» свойств  
численных моделей**

Жуцун Юй, Цзянь Ли и Пэнцзюнь Цзя. . . . .56

**Руководящие указания по методам  
наукастинга. Резюме**

Франциска Шмид, Юн Ван и Абдулайе Хароу. . . .63

**Происхождение, воздействие и  
последствия резолюции 40 ВМО**

Джон У. Зиллман . . . . .69

**Новая платформа сообщества ВМО**

Флориан Тайчерт . . . . .72

# Реализация концепции развития ВМО до 2030 года. Интервью Генерального секретаря Петтери Тааласа

Сильви Кастонгэ<sup>1</sup>



Семнадцатый Всемирный метеорологический конгресс в 2015 году назначил Петтери Тааласа Генеральным секретарем Всемирной метеорологической организации (ВМО) и наделил его широкими полномочиями для проведения реформы структуры управления ВМО. Изменение климата, увеличение числа стихийных бедствий, рост численности населения, урбанизация, неравномерное развитие стран и новые технологии стали основными движущими факторами реформы.

Многие учреждения Организации Объединенных Наций, включая ВМО, предпринимали попытки провести реформу своих конституционных органов

и методов работы зачастую безуспешно. Заинтересованность профессора Тааласа в выдвижении своей кандидатуры на пост Генерального секретаря обуславливалась желанием модернизировать ВМО. Восемнадцатый Всемирный метеорологический конгресс (Кг-18) в 2019 году утвердил пакет исторических реформ, который включает сокращение числа технических комиссий с восьми до двух, чтобы способствовать совершенствованию инфраструктуры системы Земля, связанной с погодой, климатом, водой и океанами, и развитию широкого спектра обслуживания, связанного со многими опасными явлениями. Кг-18 также решил учредить Научно-консультативную группу ведущих мировых экспертов, чтобы обеспечивать стратегическое руководство деятельностью ВМО. Кроме того, он учредил Совет по исследованиям в областях погоды, климата, воды и окружающей среды, чтобы поддержать Членов в осуществлении процесса по использованию науки для предоставления обслуживания.

Кг-18 также одобрил новую Женевскую декларацию для обеспечения скоординированного участия частного сектора в деятельности ВМО. Для подготовки и оптимизации решений Исполнительного совета и Конгресса были созданы Технический координационный комитет и Консультативный комитет по вопросам политики.

Цель заключается в обеспечении того, чтобы ВМО продолжала соответствовать своему целевому назначению, стала более гибкой и использовала свои интеллектуальные и финансовые ресурсы более экономически эффективно. Есть желание привлечь больше экспертов из наименее развитых стран. Также было принято решение проводить дополнительный Конгресс в середине текущего четырехлетнего цикла ВМО.

1 Секретариат ВМО



*Генеральный секретарь Петтери Таалас встретился с Генеральным секретарем ООН Антониу Гутерришем в штаб-квартире ООН в Нью-Йорке 6 марта 2018 года*

Однако предстоит решить ещё ряд других сложных проблем. Одна из самых вызывающих опасение проблем связана с обменом данными — основой основ ВМО, которая вновь находится под угрозой. Международное сотрудничество в рамках (в значительной мере неправительственной) Международной метеорологической организации (ММО), которая была создана в 1873 году, и (межправительственной) ВМО было построено на практически общемировом обмене данными наблюдений и научными знаниями. Сегодня сообществу ВМО приходится иметь дело с возможностями и угрозами, связанными с новыми технологиями, и одна из угроз касается свободного и открытого обмена данными. Необходимо пересмотреть политические основания существующей практики.

Также настоятельно необходимо принять меры по устранению барьеров между государственным и частным секторами в рамках метеорологической отрасли, научным сообществом, директивными органами и обществом в целом, чтобы обеспечить «предоставление наилучшего и наиболее эффективного обслуживания, прогнозов и

предупреждений» в соответствии с Женевской декларацией. Чтобы содействовать открытому, конструктивному диалогу между всеми участниками для достижения этой цели, в июне ВМО развернула Открытую консультативную платформу. Как Платформа достигнет этой цели, какие следующие шаги будут предприняты для более эффективной интеграции частного и академического секторов в работу ВМО — на эти и на другие вопросы Генеральный секретарь Таалас ответил в нижеследующем интервью, где он кратко изложил план дальнейших действий на свой второй срок полномочий в период 2020—2023 годов.

**Сроки переходного периода реформирования амбициозны. Как Вы планируете провести реформу, не нарушая работу ВМО? С чего Вы начнете?**

**Таалас:** Процессы реформирования всегда непростые. В нашем случае нам удалось мобилизовать большое количество сотрудников Секретариата ВМО, а также национальных экспертов и директоров для разработки осуществления переходного процесса и обеспечения успеха реформы. Помимо

того, о чем сказано во введении, непростые проблемы, которые предстоит решать, касаются реформы структуры Секретариата ВМО и методов его работы. Предполагается, что реформирование структуры и кадрового состава Секретариата будет завершено к концу 2019 года. Кг-18 поручил мне как Генеральному секретарю упорядочить и модернизировать административную работу, а также повысить её эффективность. ВМО уже провела отбор кандидатов и сформировала высшее звено руководства. При необходимости будут разработаны более подробные должностные инструкции для сотрудников категории специалистов, а также будет поощряться ротация. Использование административных ресурсов будет более централизованным, а административному персоналу будут предложены новые обязанности в соответствии с достижениями технического прогресса.

**Какие основные препятствия Вы предвидите при внедрении реформы в структуру и культурный уклад ВМО? Как Вы будете с ними справляться?**

**Таалас:** Помимо изменения конституционных органов и структур Секретариата необходимо обратить внимание на изменения культурного уклада. Есть шанс поддержать подход на основе системы Земля, обслуживание, связанное со многими опасными явлениями, и бесшовные прогнозы во всех временных масштабах, в которых погода, климат, вода, океаны и состав атмосферы рассматриваются как единая система, а не изолированно друг от друга. Такие более комплексные подходы открывают широкие возможности для всего сообщества ВМО, а также для отдельных экспертов.

**Организации и отдельные лица сопротивляются изменениям. Четыре года — это небольшой срок для закрепления изменений с тем, чтобы избежать возвращения ВМО к своему старому изолированному менталитету. Какую тактику и средства Вы будете использовать для достижения долгосрочных изменений?**

**Таалас:** Весь процесс запущен как инициатива широкого сообщества. Энтузиазм и заинтересованность сотрудников ВМО и Членов впечатляют.

Я убеждён, что никто не захочет возвращаться назад, после того как начнёт пользоваться плодами процессов реформы. Потребность в экспертных знаниях, обслуживании и научных данных в областях погоды, климата и воды в последнее время значительно возрастает. Наши новые бизнес-модели откроют перед нами широкие возможности для реагирования на эту потребность.

**Выше мы отметили проблему, касающуюся данных, необходимость устранения пробелов и другие основные проблемы. Как Вы их будете решать во время Вашего следующего срока полномочий?**

**Таалас:** Путём широкого вовлечения экспертов Секретариата и Членов в процесс планирования и осуществления, который уже идёт. Одна из наших задач и возможностей заключается в том, чтобы вовлечь больше экспертов из всех государств и территорий — членов ВМО в работу новых технических комиссий и научно-исследовательских органов. Это одна из целей реформы. Другая цель состоит в том, чтобы объединить силы с партнёрами в области развития, такими как Всемирный банк, Зелёный климатический фонд и ПРООН, и родственными организациями, такими как ВОЗ, ФАО, ЮНЕСКО, ИКАО, ИМО и ЮНЕП, чтобы повысить влияние экспертного потенциала ВМО и поддержать членов из развивающихся и наименее развитых стран.

**Есть ли ещё какие-либо задачи, которые Вы хотели бы решить во время Вашего следующего срока полномочий?**

**Таалас:** Организация Объединённых Наций успешно способствует осуществлению широкой глобальной повестки дня в области развития: здравоохранение, смягчение последствий кризисов, образование, экономический рост, гендерные вопросы и т. д. Сегодня основная задача для ООН — это смягчение последствий и адаптация к изменению климата, а также контроль за ростом численности населения. ВМО является ключевым игроком в области смягчения последствий и адаптации к изменению климата в структуре системы ООН.

# Программа «Коперник» объединяет силы с ВМО по осуществлению ГРОКО

Эрика Аллис<sup>1</sup>, Жан-Нозель Тено<sup>2</sup>, Карло Буентемпо<sup>3</sup>, Рупа Кумар Колли<sup>4</sup>, Уилфрен Моуфоума Окиа<sup>5</sup>, Берит Архаймер<sup>6</sup>, Абду Али<sup>7</sup>, Джонни Дехаспе<sup>8</sup> и Кристиан Биркель<sup>9</sup>

Глобальная рамочная основа для климатического обслуживания (ГРОКО) обеспечивает фундамент для организации научных исследований, данных, оперативной деятельности и применений, которые имеют основополагающее значение для перехода к обществу, учитывающему климатические факторы и устойчивому к внешним воздействиям. Она позволяет осуществлять более обоснованное управление рисками, связанными с изменчивостью и изменением климата и с адаптацией к изменению климата. Это сопровождается разработкой, предоставлением и внедрением научно обоснованной информации в планирование, политику и практическую деятельность.

При осуществлении Рамочной основы рассматриваются крайне важные элементы, необходимые для эффективной координации, совместного проектирования, распространения и использования метеорологического, климатического и гидрологического обслуживания. В ГРОКО центральное место отводится конкретному контексту принятия решений и потребностям людей в информации, а также поддерживается активное вовлечение пользователей, чтобы укрепить доверие и создать возможности для принятия решений с учётом рисков. ГРОКО имеет пять основополагающих элементов, в рамках

которых осуществляются инвестиции и координация на глобальном, региональном и национальном уровнях для поддержки предоставления обслуживания:

- Платформа взаимодействия с пользователями
- Наблюдения и мониторинг
- Информационная система климатического обслуживания (ИСКО)
- Исследования, моделирование и прогнозирование
- Развитие потенциала.

ВМО, 193 государства-члена и территории которой несут ответственность за состояние инфраструктуры для оперативного наблюдения за Землей и моделирования, является партнёром, координирующим осуществление ГРОКО. Сотрудничество между другими партнёрами крайне важно для реализации концепции развития Рамочной основы, предусматривающей повышение устойчивости и более весомые результаты в области развития для уязвимых членов общества. В статье рассматриваются определенные трудности в осуществлении основополагающих элементов ГРОКО и обращается внимание на существующие и потенциальные возможности для сотрудничества между ВМО, её Членами, партнёрами и Службой изменения климата программы «Коперник» для повышения эффективности и масштаба осуществления ГРОКО. В статье также кратко сформулирован ряд вопросов, которые требуют незамедлительного внимания.

## Платформа взаимодействия с пользователями (ПВП)

Контекст принятия решений и потребности пользователей в информации в чувствительных к климату секторах лежат в основе эффективного климатического обслуживания. Успешное климатическое обслуживание предоставляется не тогда, когда оно достигает «последней мили», а тогда, когда осуществляется совместное планирование его предоставления в

1 Секретариат ВМО

2 Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП)

3 ЕЦСПП

4 Международное бюро КЛИВАР по проектам в области муссонов, Пуна, Индия

5 Сектор прогнозирования климата и адаптации, Секретариат ВМО

6 Шведский метеорологический и гидрологический институт

7 Региональный центр АГРГИМЕТ, Нигер

8 Центр имени Гельмгольца по исследованию окружающей среды, Германия

9 Университет Коста-Рики



В ноябре 2014 года Европейский союз поручил Европейскому центру среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП) ввести в действие Службу изменения климата (СЗС), которая начала функционировать в 2018 году, через четыре года после начала её осуществления. Она является крупным вкладом ЕС в осуществление ГРОКО.

СЗС является частью Программы «Коперник» ЕС, которая включает в себя шесть основных тематических служб: Мониторинг атмосферы, Мониторинг поверхности суши, Мониторинг морской среды, Управление чрезвычайными ситуациями, Безопасность и Изменение климата. СЗС интегрирует данные наблюдений за климатической системой (данные наблюдений *in situ* и данные спутниковых наблюдений<sup>10</sup>) и обеспечивает открытый доступ к глобальным комплектам данных об атмосфере, поверхности суши, океане, морском льде и углероде с помощью Хранилища климатических данных. Портфель комплектов данных включает широкий

набор комплектов данных о важнейших климатических переменных (ВКлП), а также продукцию глобального и регионального реанализов (данные в узлах регулярной сетки; ряды однородных данных по станциям; повторно обработанные ряды климатических данных). Этот доступ к глобальным комплектам данных с высоким разрешением может обеспечивать полезный вклад в подготовку широкого набора ориентированной на пользователя климатической информации и прогностической продукции в глобальном, региональном и национальном масштабах.

Секторальная информационная система СЗС направлена на совершенствование принятия решений и планирования в отношении управления климатическими рисками, а также смягчения последствий изменения климата и адаптации к нему. В Европе она служит в качестве основы для многих специализированных видов обслуживания для удовлетворения общественных, политических и коммерческих потребностей.

«самой первой миле»<sup>11</sup>. Информацию необходимо адаптировать, чтобы она дошла до нужного человека в нужной форме и в нужное время. Для такой адаптации нужна междисциплинарная наука, которая

должным образом учитывает сложность систем, в рамках которых получают и предоставляют климатическую информацию, конкретные обстоятельства, в которых пользователи работают и используют эту информацию, а также многие факторы, побуждающие пользователей принимать решения<sup>12</sup>.

10 Copernicus, 2019. Data Access (Website) Retrieved October 22, 2019, from [copernicus.eu/en/access-data](https://copernicus.eu/en/access-data).

11 Vogel, C. et al (in press). Climate Services in Africa: Re-imagining an inclusive, robust and sustainable service. Climate Services.

12 Аллис, Э. и др. 2019: Будущее климатического обслуживания. Бюллетень ВМО, 68(1).



ПВП включает в себя различные средства взаимодействия между заинтересованными сторонами. Партнёрские организации играют важную роль в определении контекста принятия решений, потребностей в информации и содействии процессам совместного проектирования. Партнёры также играют важную роль в сборе и обмене данными наблюдений и социально-экономическими данными, необходимыми для подготовки прогнозов с учётом воздействий. В Техническом регламенте ВМО определены стандарты для обеспечения предоставления на постоянной основе проконтролированных данных наблюдений гарантированного качества. Социально-экономические данные, полученные от чувствительных к климату секторов, также следует стандартизировать и провести контроль их качества, чтобы обеспечить возможности для надёжного и актуального для принятия решений климатического обслуживания.

Насыщенный и комплексный ландшафт климатического обслуживания охватывает целый ряд заинтересованных сторон. Несмотря на замечательные намерения программ в области развития, на основе недавних исследований в Африке отмечается, что экономические отношения и распределение полномочий при подготовке климатического обслуживания, а также реалии повседневной жизни уязвимых сообществ пользователей ещё не проанализированы в полной мере при разработке инициатив в области климатического обслуживания<sup>13</sup>.

Нужны структуры управления, выступающие в качестве арбитров и пропагандистов прозрачности, контролируемости и, соответственно, потенциальной авторитетности климатического обслуживания<sup>14</sup>. Национальные/Региональные рамочные основы для климатического обслуживания (Н/ПРОКО) являются перспективным решением в плане управления климатическим обслуживанием. ПРОКО может обеспечить условия для координации, оказать содействие и укрепить сотрудничество между национальными учреждениями и другими ключевыми заинтересованными сторонами, такими как Организация Объединённых Наций и международные учреждения, чтобы

улучшить совместную подготовку, адаптацию, предоставление и использование научно обоснованного климатического обслуживания.

Тридцать шесть стран разработали или находятся в процессе разработки своих ПРОКО, а десять стран хотели бы приступить к процессу разработки. Благодаря финансированию со стороны Европейской комиссии в 2020 году начнется разработка ПРОКО в Африканском, Карибском и Тихоокеанском регионах. Однако, чтобы максимально повысить и более чётко артикулировать потенциальную экономическую и социальную ценность климатического обслуживания, необходимо обратить внимание на функции и обязанности всех заинтересованных сторон в процессе мониторинга и оценки<sup>15</sup>.

### Роль СЗС

В рамках СЗС разработана функциональная возможность для оценки и контроля качества, которая позволяет собирать информацию о потребностях пользователей, чтобы содействовать процессу развития обслуживания и управлять этим процессом. Имеется возможность рассмотреть способы оптимизации этой функции, чтобы составить общий перечень потребностей пользователей, информация о которых получена с помощью Н/ПРОКО в рамках осуществления ПРОКО.

В осуществлении ПРОКО существуют проблемы, связанные с систематическим формированием комплектов социально-экономических данных гарантированного качества в приоритетных областях ПРОКО и с мониторингом социально-экономического эффекта от использования климатического обслуживания. Уроки, полученные на основе концептуальных исследований, проведённых под эгидой СЗС в Европе, могли бы оказаться полезными для разработки принципов относительно того, как следует собирать, осуществлять обмен и объединять климатические данные и данные о социально-экономическом эффекте при проектировании климатического обслуживания и мониторинге воздействий<sup>16</sup>.

### Наблюдения и мониторинг

Надёжные метеорологические и гидрологические анализы и прогнозы зависят от получения на

13 Vogel, C. et al (in press). *ibid*.

14 Kruczkiwicz A, Hansen J, Sayeed S, Furlow J, Rose A, Dinh D. 2018. Review of Climate Services Governance Structures: Case Studies from Mali, Jamaica, and India. CCAFS Working Paper no. 236. Wageningen, Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAAFS). Available online at: [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org)

15 Всемирная метеорологическая организация. 2015. Оценивая погоду и климат: экономическая оценка метеорологического и гидрологического обслуживания. ВМО-№. 1153. Женева, Швейцария.

16 Аллис, Э и др. 2019: там же



Европейское космическое агентство

постоянной основе проконтролированных данных глобальных наблюдений гарантированного качества. Пробелы в наблюдениях в одном регионе оказывают негативное воздействие на качество прогнозов по всему земному шару. Данные вместе с системами и регулируемые процессами, посредством которых осуществляется измерение данных, их сбор, сравнение, обмен, обработка и применение, имеют основополагающее значение для ВМО<sup>17</sup>.

С начала 1960-х годов ВМО координировала сбор и международный обмен данными метеорологических наблюдений посредством Программы Всемирной службы погоды (ВСП). ВСП включает в себя следующие компоненты:

- Глобальная система наблюдений (ГСН), которая координирует стандартизированный сбор и международный обмен данными метеорологических наблюдений и наблюдений за окружающей средой по всему миру для поддержки метеорологического, климатического и связанного с окружающей средой обслуживания.
- Глобальная система телесвязи (ГСТ), система, которая даёт возможность Членам обмениваться друг с другом данными и продукцией в реальном времени для поддержки оперативного прогнозирования.
- Глобальная система обработки данных и прогнозирования (ГСОДП) организована как трёхуровневая система: Мировые метеорологические центры (ММЦ), региональные специализированные метеорологические центры (РСМЦ) и национальные метеорологические центры (НМЦ), которые предоставляют обработанные данные и аналитическую и прогнозическую продукцию гарантированного качества в широком диапазоне временных и пространственных масштабов.

Эволюция данных, технологии и масштаб стоящих сегодня перед обществом проблем, связанных с изменениями в системе нашей планеты Земля, требует кардинальных изменений в структурах руководства и программ ВМО. Практические аспекты реформы были согласованы на Восемнадцатом Всемирном метеорологическом конгрессе (Кг-18) в июне 2019 года.

Модернизация сети наблюдений за Землей будет осуществляться за счёт Интегрированной глобальной системы наблюдений ВМО (ИГСНВ). ИГСНВ обеспечивает всеобъемлющую рамочную основу для координации и оптимального развития существующих систем наблюдений, которые по-прежнему будут находиться во владении и управлении широкого круга организаций и программ. ИГСНВ консолидирует все программы наблюдений *in situ* и спутниковых наблюдений ВМО, включая ГСН, Глобальную систему наблюдений за климатом (ГСНК), Систему гидрологических наблюдений ВМО (СГНВ), Глобальную службу атмосферы (ГСА) и Глобальную службу криосферы (ГСК). Масштаб осуществления ИГСНВ будет расширяться за счёт разработки и оперативного ввода в действие Глобальной опорной сети наблюдений (ГОСН) с электронными каталогами метаданных для всех платформ наблюдений, а также с количественными механизмами для мониторинга предоставления данных и качества данных.

Модернизация ГСТ будет осуществляться за счёт Информационной системы ВМО (ИСВ) версии 2.0. ИСВ базируется на основе ГСТ и включает её в свою структуру, при этом ещё добавляется каталог данных, портал для поиска и выявления данных и дополнительные механизмы для пользователей, чтобы оформить подписку и загружать данные. ИСВ 2.0 ещё более улучшит возможности для обнаружения данных и обеспечения доступа к ним, а участвующие центры будут предоставлять веб-сервисы, которые позволят пользователям осуществлять более широкий доступ к данным и расширить работу с данными. Будут создаваться условия для использования участвующими центрами облачных технологий, которые позволят пользователям извлекать из комплектов и скачивать данные, представляющие интерес.

Кг-18 также одобрил дальнейшее развитие ГСОДП<sup>18</sup>. Возможности для оперативного прогнозирования будут реализовываться в различных временных

17 Баррелл, Сью. 2019: Взгляд на реформу конституционных органов через призму данных и систем. Бюллетень ВМО, 68(1).

18 Восемнадцатая сессия Конгресса ВМО. Женева, Швейцария, Всемирная метеорологическая организация, 2019.

и пространственных масштабах — от погоды до климата — с учётом более широкого спектра потребностей пользователей. «Бесшовный» подход позволит обмениваться данными из различных источников и использовать их, включая данные об уязвимости и подверженности, чтобы способствовать прогнозированию с учётом воздействий и выпуску предупреждений на основе оценки рисков. Для обеспечения функциональной совместимости потребуется разработать общие форматы данных для новых технологий. «Бесшовный» подход потребует более высокого уровня координации для интеграции и взаимодействия отдельных компонентов — ММЦ, РСМЦ, НМЦ и ИСКО — между собой, а также с внешними учреждениями и организациями.

### Роль СЗС

Хранилище климатических данных СЗС позволяет получить представление об осуществлении передовой технологии с использованием облачных вычислений. Она обеспечивает веб-доступ к петабайтам существующих комплектов климатических данных. Программный код приложений выполняется на инфраструктуре облачных вычислений, обеспечивая высокоскоростной доступ к огромным комплектам данных<sup>19</sup>. Эта платформа могла бы использоваться с максимальной эффективностью в регионах и Членами, где применение облачных технологий на практике и их функциональность ограничены.

### Информационная система климатического обслуживания

Информационная система климатического обслуживания (ИСКО) является «оперативной опорой» ГРОКО. ИСКО — это главный механизм, посредством которого информация о климате во всех временных масштабах — прошлом, настоящем и будущем — архивируется, анализируется, используется в моделях, предоставляется для обмена, доставляется и совместно проектируется. Система строится на основе знаний, полученных от Комиссии по климатологии (ККл) ВМО и ГСОДП, и подходов разработанных в ходе осуществления проекта ВМО «Обслуживание климатической информацией и прогнозами» (КЛИПС) (1995—2005 годы).

ККл была создана в 1929 году, чтобы «обеспечить мировое лидерство в содействии развитию опыта и знаний и международного сотрудничества

в области климатологии»<sup>20</sup>. Комиссия помогла разработать требования к наблюдениям за климатом, технические инструкции для обмена климатическими данными и для систем управления климатическими данными и возглавила усилия по спасению данных — все это имело существенно важное значение для работы ИСКО.

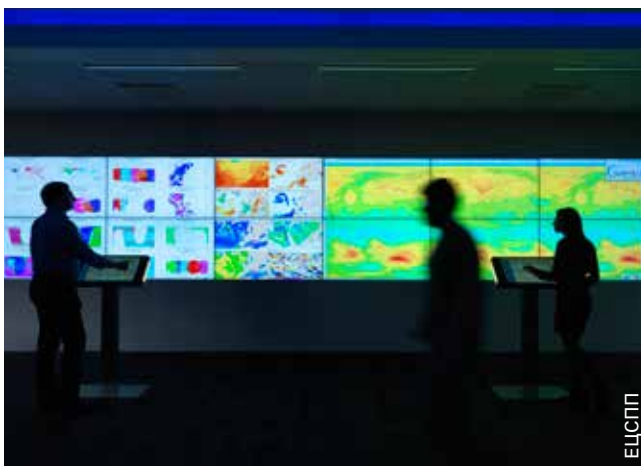
КЛИПС сыграл конструктивную роль в содействии использованию базовой инфраструктуры ВМО для укрепления возможностей НМГС в оперативной подготовке и предоставлении актуальной климатической информации и прогностической продукции для климатического обслуживания, особенно для поддержки адаптации к климату и управления рисками. Проект поддержал разработку архитектуры глобальных и региональных систем, главным образом, посредством развертывания Глобальных центров подготовки долгосрочных прогнозов (ГЦПДП), Региональных климатических центров (РКЦ) и Региональных форумов по ориентировочным прогнозам климата (РКОФ). ГЦПДП, Глобальные центры подготовки годовых/десятилетних прогнозов климата (ГЦП-ГДПК) и РКЦ являются неотъемлемыми компонентами ГСОДП, которая служит основой для подготовки климатической информационной продукции НМГС. В настоящее время имеется тринадцать работающих ГЦПДП, один Ведущий центр по ПДП на основе мультимодельных ансамблей (ММА), три работающих ГЦП-ГДПК, один Ведущий центр по ГДПК, девять назначенных РКЦ и три РКЦ-сеть, а также двадцать РКОФ, которые активно поддерживаются ВМО и регулярно проводятся Членами.

### Роль СЗС

В настоящее время региональные и национальные учреждения имеют доступ к глобальной продукции, но им нужна поддержка в выявлении наиболее устойчивых сигналов, в оценке надёжности информации и вероятных будущих состояний климата. Расширение сотрудничества между ВМО и СЗС сыграет определённую роль в осуществлении ИСКО на региональном и национальном уровнях. Поддержка Членов в оценке различных источников информации и в определении того, какая продукция обещает более успешный прогноз параметров, представляющих интерес, а также в обеспечении согласованности на

19 Уордл, Дж. и Танди Дж. 2019: Совместное использование данных на благо устойчивого развития: Информационная система ВМО (ИСВ) 2.0. Бюллетень ВМО, 68(1).

20 ККл была создана под эгидой Международной метеорологической организации (ММО). Всемирная метеорологическая организация (ВМО) была учреждена в 1950 году в качестве специализированного учреждения Организации Объединённых Наций и преемника ММО, ККл продолжила работу в рамках ВМО ([https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=5116](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5116)).



региональном уровне в отношении общих климатических факторов является текущей оперативной потребностью. РКОФ служат в качестве полезной площадки для удовлетворения такой потребности на региональном уровне при технической поддержке заинтересованных РКЦ. На национальном уровне сотрудничество между СЗС, РКЦ ВМО и НМГС могло бы оптимизировать работу Национальных форумов по ориентировочным прогнозам климата (НКОФ) и применение Инструментария по климатическому обслуживанию<sup>21</sup> с целью расширения физического доступа для большого числа стран к климатическим данным, инструментам и продукции, связанным с ИСКО, например посредством EBMETCAT или других систем.

Одной из областей успешного сотрудничества между ВМО и СЗС по осуществлению ГРОКО является спасение данных. Сообщество ВМО содействовало деятельности по спасению данных по всему миру посредством ввода в действие Международного портала по спасению данных (М-СД)<sup>22</sup> ГРОКО. М-СД обеспечивает руководство и поддержку деятельности по спасению данных на национальном уровне на территориях, недостаточно охваченных данными, масштабы которой были расширены благодаря партнёрству со Службой спасения данных (ССД) программы «Коперник». Цель состоит в том, чтобы содействовать восстановлению данных метеорологических наблюдений по всему миру, используя портал ГРОКО/М-СД в качестве дополнительной возможности для обнаружения и регистрации проектов СД и отдельных комплектов данных или для обеспечения новых инструментов для сканирования источников данных, оцифровки данных наблюдений и внесения записей контроля качества.

## Исследования, моделирование и прогнозирование

Этот основополагающий элемент поддерживает исследования с целью непрерывного совершенствования научной обоснованности климатической информации и обеспечивает базу фактических данных для определения физической основы природы и воздействий изменения и изменчивости климата и для оценки экономической эффективности использования климатической информации. В осуществлении ГРОКО достигнут значительный прогресс благодаря Всемирной программе исследований климата (ВПИК), совместно поддерживаемой ВМО, МОК ЮНЕСКО и Международным научным советом, которая внесла беспрецедентный вклад в развитие науки о климате в последние четыре десятилетия.

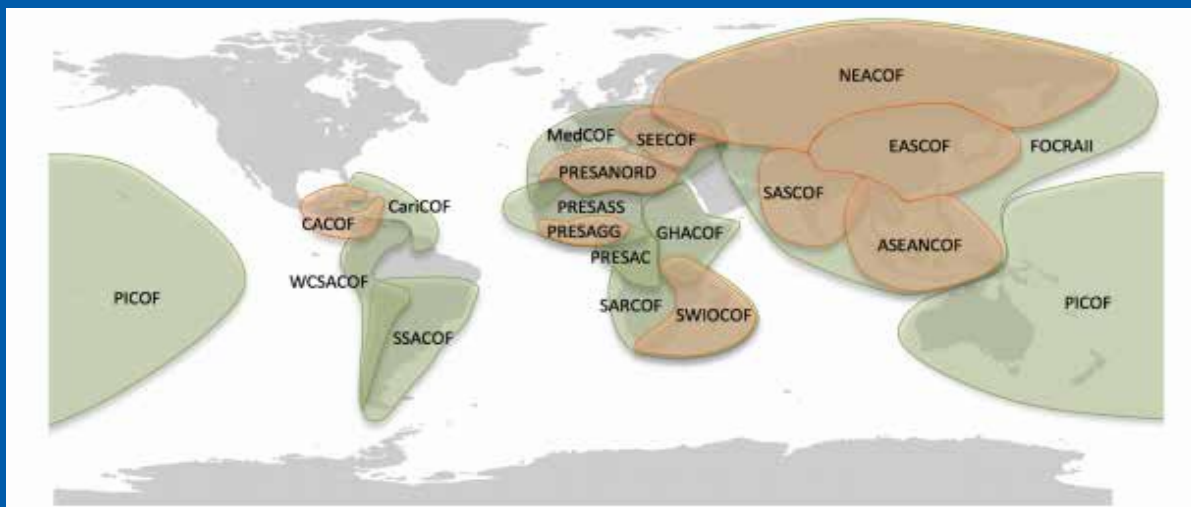
К пробелам в осуществлении ГРОКО относится недостаток исследований, ориентированных на воздействия, в секторах, чувствительных к климату, например получение в секторе здравоохранения оценок пороговых значений жары. Крупные пробелы также остаются в отношении основных научно-технических возможностей, необходимых для разработки моделей с учётом новых приоритетов, касающихся бесшовного подхода к научным исследованиям погоды, климата и системы Земля, полностью сопряжённого моделирования с высоким разрешением и развитием эксафлопсных вычислений<sup>23</sup>. Повышение успешности прогнозов в субсезонных-сезонных временных масштабах, а также годовых-десятилетних прогнозов и долгосрочных проекций будущего климата с включением оценки воздействий деятельности человека является текущей потребностью для принятия

21 WMO, 2019. Climate Services Toolkit (Website) Retrieved October 22, 2019, from <http://www.wmo.int/cst/>.

22 WMO, 2019. Climate Services Toolkit (Website) Retrieved October 22, 2019, from <http://www.wmo.int/cst/>.

23 Слинго, Дж. 2009: Обзор Всемирной программы климатических исследований: определение повестки дня в области исследований климата в XXI веке, Бюллетень ВМО, 68(1).

## Региональные форумы по ориентировочным прогнозам климата (РКОФ)



Многие Члены ВМО используют РКОФ в качестве основной платформы для разработки ориентированного на пользователя обслуживания и продукции на региональном уровне. РКОФ способствуют передаче знаний, региональному сотрудничеству и установлению связей между поставщиками климатического обслуживания, экспертами, представителями пользовательского сектора. С конца 1990-х годов РКОФ появлялись в различных регионах в зависимости от потребностей и возможностей соответствующего региона. Но их не преходящая ценность заключается в том, чтобы объединить многочисленные заинтересованные стороны всего региона для широкого внедрения согласованных на региональном уровне подходов к прогнозированию климата и для содействия в оценке потенциального воздействия на соответствующие социально-экономические секторы.

РКОФ являются ключевым инструментом в осуществлении компонента ИСКО и представляют собой надёжный источник современной научной климатической информации. На Девятой сессии Средиземноморского форума по ориентировочным прогнозам климата (МедКОФ), совместно организованной ВМО и ЕЦСПП в ноябре 2017 года в Хорватии, эксперты ЕЦСПП работали совместно с экспертами по климату и заинтересованными сторонами из Юго-Восточной Европы и представили различные виды продукции С3S.

С3S обеспечивает быструю оценку и контроль качества продукции на основе взаимодействия и обратной связи с пользователями, предусматривая возможность для дальнейшей оптимизации процесса.

решений с учётом климата. Ожидается, что более широкие и прочные связи между Членами, РКЦ и научными сообществами ускорят применение научных достижений в оперативном метеорологическом и климатическом обслуживании. В этом отношении могла бы быть полезной связь с ЕЦСПП посредством С3S.

### Развитие потенциала

ГРОКО нацелена на развитие потенциала стран в области разработки, предоставления и применения климатического обслуживания и признаёт, что во всех аспектах её основополагающих элементов необходимо уделять особое внимание развитию потенциала. В плане осуществления ГРОКО предусмотрены следующие области развития

потенциала: руководство, управление, развитие людских ресурсов, образование и подготовка кадров, лидерство, создание партнёрств, передача научной информации, предоставление обслуживания, мобилизация ресурсов и инфраструктура<sup>24</sup>. Ключевое значение для разработки эффективного климатического обслуживания имеет реализация рамочной основы компетенций ВМО<sup>25</sup>, чтобы предоставлять климатическое обслуживание, обеспечивая стандартизацию качества и предоставления обслуживания.

24 План осуществления Глобальной рамочной основы для климатического обслуживания. Женева, Швейцария: Всемирная метеорологическая организация, 2014.

25 Шестидесят восьмая сессия Исполнительного совета ВМО. Женева, Швейцария: Всемирная метеорологическая организация, 2016.

## АГРИМЕТ как пример проекта C3S

Подготовка сезонных гидрологических прогнозов является частью ежегодной деятельности Регионального центра в Западной Африке АГРИМЕТ уже более 20 лет. В рамках показательного проекта C3S, координируемого Шведским метеорологическим и гидрологическим институтом, данные C3S использовались в качестве входных данных для гидрологической модели по водосбору (модель HYPE).

Методология будет дальше дорабатываться и оцениваться для использования в подготовке ежегодных гидрологических сезонных прогнозов в Западной Африке, чтобы обеспечить возможность для оценки суммарного количества осадков в сезон дождей (с

мая по ноябрь), аномалий, вызванных этим количеством осадков, средних климатологических гидрологических величин и сезонных аномалий в бассейнах основных рек (в бассейнах рек Нигер, Вольта, Сенегал и в озере Чад). По итогам совещания заинтересованных сторон с пользователями — НМГС стран бассейна реки Нигер: Буркина-Фасо, Мали, Нигер и Нигерия — было отмечено, что использование сезонных климатических данных для гидрологического моделирования осадков-стока в большей мере отвечает потребностям пользователей, чем эмпирические статистические методы сезонного гидрологического моделирования, которые использовались ранее.

ВМО в течение долгого времени поддерживает двусторонние связи между НМГС, которые добились успехов в осуществлении климатического обслуживания в своих странах, с НМГС, которые бы хотели добиться таких успехов. Сотрудничество между ВМО и C3S могло бы расширить такие двусторонние связи с тем, чтобы дать НМГС возможность более эффективно:

- оценивать данные, продукцию и инструменты, уже имеющиеся в центрах ВМО и C3S, и преобразовывать их в обслуживание, предоставляемое заинтересованным сторонам в своих странах;
- разрабатывать планы действий с целью повышения потенциала НРОКО для подготовки соответствующих данных, продукции и обслуживания.

Многие из передовых НМГС, которые могли бы быть задействованы (и во многих случаях уже задействованы) в этих двусторонних отношениях, находятся в странах Европы.

C3S имеет доступ к экспертам, которых можно привлечь для разработки учебных материалов, как это делает ВМО в рамках своих технических комиссий и программ. ВМО может поддерживать проведение учебных мероприятий, используя свою сеть и региональные учебные центры, в то время как C3S может сконцентрироваться на разработке учебного материала и концепций на основе множества данных, инструментов и видов обслуживания. C3S также может помочь с экспертами для обучения климатическому обслуживанию и для подготовки инструкторов. Глобальный кампус ВМО может использоваться в качестве основы для координации.

## Факторы, которые необходимо учитывать

Неограниченный доступ к данным, инструментам и видам обслуживания, который предоставляет C3S, создал условия для появления рынка климатического обслуживания, который не обязательно концентрируется вокруг НМГС. В этой связи возникает ряд факторов, которые необходимо учитывать Членам ВМО и сообществу ВМО в целом. Решения, принятые на Кг-18, наметили пути продвижения вперед.

Конгресс учредил открытую консультативную платформу «Партнёрство и инновации для следующего поколения сведений, связанных с погодой и климатом» (резолюция 79) и принял «Женевскую декларацию 2019 года: Формирование сообщества для принятия мер в области погоды, климата и воды» (резолюция 80). И платформа, и декларация подтверждают наличие возможностей для всех заинтересованных сторон и широкого сообщества пользователей, которые появляются в результате более тесного сотрудничества между государственным, частным и академическим секторами. Решения поддерживают возрастающую роль ВМО как посредника по созданию и расширению партнёрств между заинтересованными сторонами из государственного, частного и академического секторов, которые значительно улучшат наличие информации и обслуживания высокого качества, связанных с погодой, климатом, водой и другими смежными аспектами окружающей среды. Они также подтверждают роль ВМО в разработке и распространении международных стандартов в интересах обеспечения качества, функциональной совместимости и соответствия информации и

обслуживания целевому назначению, а также в содействии соблюдению этих стандартов всеми заинтересованными сторонами.

Кроме того, в решении по «Мерам политики и практики в области данных в целях поддержки Членов» (резолюция 56) подтверждается наличие каскадной системы обработки данных и прогнозирования ВМО, принятие решений, касающихся новых данных и системы поставок, и необходимость определения национальных мандатов и мер политики в отношении данных и обслуживания в области погоды, климата и воды. Решение также подчёркивает необходимость переосмыслить то, каким может быть высокоэффективное обслуживание. Оно также поддерживает развитие концепции обслуживания с учётом воздействий в рамках подхода, ориентированного на предоставление комплексного обслуживания, когда предусматривается обеспечение свободного доступа к данным, получаемым за счёт государства, и их предоставление вместе с данными из отраслевых источников для разработки более пригодного для конкретных условий и практического применения обслуживания, которое соответствует интересам пользователей.

Несмотря на то, что по всему миру доступно большое количество климатических данных, имеющих отношение к ГРОКО, их сильная неоднородность по структуре и уровню контроля качества препятствует их использованию. С другой стороны СЗС предлагает средство для реализаций на практике резолюций ВМО, которые предусматривают расширение свободного и неограниченного обмена метеорологическими, гидрологическими и климатическими данными и продукцией и предоставление доступа к международной инфраструктуре и системам, координируемым ВМО посредством своих программ. Однако для использования такого подхода требуется признание роли, которую НМГС играют в мониторинге, понимании и подготовке метеорологических, климатических и гидрологических прогнозов и обслуживания.

В соглашениях о партнёрстве СЗС и Членов следует признать, что за пределами Европы СЗС в значительной степени полагаются на спутниковые данные и не предлагает климатического обслуживания в локальном пространственном масштабе, необходимого для поддержки принятия решений. Данные национального уровня имеют крайне важное значение для СЗС, чтобы предоставлять актуальное обслуживание в ряде контекстов. В соглашениях о партнёрстве следует подтвердить этот вклад и обеспечить создание совместного бренда для предоставляемого обслуживания с целью более чёткой реализации принципа национальной принадлежности, а также обеспечения долгосрочной устойчивости.

Также важно признать, что осуществление предыдущих резолюций Конгресса, касающихся неограниченного обмена связанными с ГРОКО данными, остаётся неудовлетворительным. Критический анализ глубинных причин может послужить в качестве основы для детальной разработки эффективного подхода к поддержке изменения сложившихся культурных стереотипов. Возможные решения включают оказание поддержки Членам в разработке национального законодательства, в котором определяются функции и обязанности НМГС в выполнении приоритетных задач по обеспечению устойчивости и адаптации и во внесении вклада в осуществление ряда глобальных целей и рамочных основ, согласованных на международном уровне. Сюда могло бы относиться использование совместного бренда и маркировки для всех данных ВМО (Членов), используемых для разработки обслуживания. Привлечение учёных-социологов к процессу изменений могло бы помочь в формулировании и понимании функций и обязанностей и в обеспечении документирования базы фактических данных, необходимых для системных культурных изменений.

Кг-18 дал чёткие указания о необходимости пересмотра и обновления политики ВМО в области данных с учётом существующей динамики развития метеорологической и гидрологической отрасли и постоянно растущей ролью и участием частного и академического секторов. Предполагается, что такой пересмотр обеспечит информацию для обоснования решений следующей внеочередной сессии Всемирного метеорологического конгресса в 2021 году.

## Будущие перспективы ГРОКО

В соответствии со среднесрочным обзором ГРОКО, проведенном в 2017 году, ВМО укрепляет партнёрства, чтобы предоставить ГРОКО возможность согласованным порядком организовать науку, данные и оперативную деятельность для противостояния кризису, связанному с изменением климата, и выполнению задач, сформулированных в Целях Организации Объединённых Наций в области устойчивого развития, Парижском соглашении об изменении климата, Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий, Новой повестке дня по развитию городов Программы ООН по населённым пунктам и в рамках многих других инициатив. ВМО рассчитывает на совместную работу с Членами и партнёрами, такими как СЗС/ЕЦСПП, для обеспечения того, чтобы самые передовые научные знания удовлетворяли потребности наиболее нуждающихся групп населения в формате, позволяющем принимать практические меры.

# Устойчивость атмосферных наблюдений в развивающихся странах

Паоло Лай<sup>1</sup>, Маркос Эндрейд<sup>2</sup>, Ранджит Соки<sup>3</sup>, Клавдия Волощюк<sup>4</sup> и Оксана Тарасова<sup>4</sup>

Изменение климата и загрязнение воздуха оказывают негативное воздействие на ряд аспектов деятельности человека, особенно на здоровье и экономику. Риски, связанные с окружающей средой, — экстремальные погодные явления, безуспешность мер по адаптации к изменению климата и смягчению последствий, стихийные и антропогенные бедствия, кризисы с водоснабжением, утрата биоразнообразия и разрушение экосистем — по результатам Глобального обзора восприятия риска, проводимого Всемирным экономическим форумом, в течение трёх лет подряд признаются главными глобальными рисками. В соответствии с Обзором за 2019 год на их долю пришлось три из пяти рисков с наибольшей степенью вероятности и четыре из пяти рисков — с наибольшим потенциальным воздействием. Как никогда важно, чтобы ВМО в соответствии со своими полномочиями предоставила наилучшую имеющуюся информацию о погоде, климате, воде и окружающей среде и экспертные знания в качестве основы для снижения этих рисков, а также для стабильного и устойчивого к внешним воздействиям развития.

Долгосрочные наблюдения за атмосферой имеют ключевое значение для реализации этих полномочий. В последнее десятилетие интенсивные исследования состава атмосферы, здоровья человека и климата устранили многие пробелы в научных знаниях. Теперь можно разрабатывать информационную продукцию, адаптированную к различным политически значимым областям применения, таким как выявление источников выбросов загрязняющих веществ, подготовка надёжных прогнозов качества воздуха и оценка эффективности политики сокращения выбросов.

Чтобы удовлетворить потребности сообществ пользователей, анализирующих различные воздействия

состава атмосферы на климат, здоровье человека, продовольственную безопасность и экосистемы, разработку инструментов моделирования следует адаптировать к конкретным применениям. Результаты модельных расчётов необходимо сравнивать с данными измерения состава атмосферы с целью улучшения и проверки моделей. Данные наблюдений за атмосферой также нужны для инициализации моделей и усвоения данных. Таким образом, наличие и устойчивое поступление данных с определённым уровнем качества в плане величины погрешности, точности и способа представления имеют первостепенное значение для поддержки усилий по совершенствованию инструментов моделирования и применений. Тем не менее важных данных не хватает, особенно в развивающихся странах.

## Актуальность достижения глобальных целей

Стороны Парижского соглашения об изменении климата договорились работать над тем, чтобы ограничить рост глобальной средней температуры на уровне намного ниже 2 °С сверх доиндустриальных уровней. Изменение состава атмосферы является важным фактором изменения климата. Например, в глобальном масштабе изменения концентраций долгоживущих парниковых газов (ПГ), таких как диоксид углерода, содействуют глобальному потеплению, тогда как в региональном масштабе соединения с более коротким сроком жизни увеличивают или слегка уменьшают глобальное потепление.

Вещества, загрязняющие атмосферу, являются также причиной низкого качества воздуха, что, согласно оценкам, приводит ежегодно к семи миллионам преждевременных смертей (Всемирная организация здравоохранения, 2016). Даже небольшое количество веществ, загрязняющих атмосферу, могут оказать серьёзное воздействие на здоровье человека. Особенно вредны мелкие частицы из-за их способности проникать глубоко в лёгкие и кровеносную систему. На первой Глобальной конференции Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по

1 Университет Гренобль Альпы, Франция, и Университет Хельсинки, Финляндия

2 Университет Сан-Андрес, Многонациональное Государство Боливия, и Мэрилендский университет, США

3 Университет Хартфордшира, СК

4 Секретариат ВМО





Рисунок 1. Глобальное распределение станций ГСА по данным Системы информации о станциях ГСА (СИГСА). СИГСА является официальным каталогом станций ГСА и содействующих сетей. Она предоставляет сообществу ГСА и другим заинтересованным лицам актуальную базу метаданных с возможностью поиска, касающуюся измерений состава атмосферы.

загрязнению воздуха и здоровью в 2018 году участники достигли согласия в отношении амбициозной цели о сокращении количества преждевременных смертей из-за загрязнения воздуха на две трети к 2030 году. Возможность прогнозировать эволюцию состава атмосферы начинается с количественной оценки выбросов, а также переноса, преобразования и осаждения газов и твёрдых частиц в соответствующем масштабе для выработки политики. На этом мероприятии ВМО взяла на себя обязательство повысить достоверность фактических данных об уровнях загрязнения воздуха и предоставить инструменты для прогнозирования и предотвращения случаев сильного загрязнения воздуха.

Снижение концентраций загрязняющих веществ в атмосфере является бесспорным показателем успешной политики по сокращению выбросов, о чём свидетельствует Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (LRTAP). Чтобы руководить процессом осуществления такой политики, необходимо ликвидировать пробел в наблюдениях в развивающихся странах.

### Инфраструктура для исследования атмосферы

Наблюдения за атмосферой *in situ* носят комплексный характер и могут предусматривать участие различных партнёров. Некоторые из них объединили усилия, организовав сети измерений, другие работают практически сами по себе. Уникальным координационным органом для многих из этих сетей является Глобальная служба атмосферы (ГСА) ВМО, поддерживающая согласованные протоколы измерений и стандарты, функциональную совместимость данных и неограниченный доступ к данным и информации.

Несмотря на то, что до полного осуществления стандартизации и функциональной совместимости по-прежнему далеко, очевидно, что в последнее десятилетие достигнут существенный прогресс. Координация со стороны ГСА помогла унифицировать методы измерений и качество наблюдений, обеспечиваемое сетями наблюдений по всему миру, а также обработать данные наблюдений, выполняемых различными организациями и программами, и предоставить к ним доступ.

Наземные наблюдения дополняются самолётными и космическими наблюдениями, которые помогают определить характеристики верхней тропосферы и нижней стратосферы. Наблюдения из космоса обеспечивают глобальный охват многих параметров атмосферы. Тем не менее их недостаточно, чтобы предоставить информацию с необходимой степенью пространственного и временного разрешения, нужную для многих применений, включая применение, связанные с научными исследованиями, развитием бизнеса и формированием политики. Несмотря на то, что наземные наблюдения остаются незаменимыми для мониторинга состава атмосферы, они также необходимы для оценки данных, полученных на основе спутниковых наблюдений, во многих частях развивающегося мира потенциала для наземных наблюдений не хватает.

Существующие в настоящее время наблюдения *in situ* в основном осуществляются на базе инфраструктуры, эксплуатируемой на национальном уровне, или академическими учреждениями в более мелком масштабе. Они поддерживаются лишь в ограниченном количестве регионов, что приводит к их неравномерному распределению. В то время как текущая ситуация в Европе улучшилась благодаря созданию долгосрочной исследовательской инфраструктуры, такой как ICOS, IAGOS или ACTRIS, глобальный охват недостаточен, с существенными пробелами в Африке и Латинской Америке и больших частях Азии (см. рис. 1).

Хотя это может быть связано с трудностями в обеспечении доступа к данным через Мировые центры данных, во многих частях мира пробелы обусловлены отсутствием инфраструктуры для наблюдений, особенно в странах с развивающейся экономикой. Для надёжного определения трендов в химическом составе атмосферы нужны долгосрочные (> 10 лет) высококачественные ряды наблюдений. Несмотря на многочисленные инициативы, лишь на некоторых станциях в регионах с недостаточным количеством станций удалось поддержать наблюдения за изменением состава атмосферы на протяжении более десяти лет (например, смотри вставку о станции Чакалтая). Для таких долгосрочных наблюдений необходимо долгосрочное финансирование. Это означает необходимость постоянной готовности предоставить финансирование, чего трудно добиться во многих странах.

### Ключевые факторы для обеспечения устойчивых наблюдений

Более 50 учёных поделились своим опытом в осуществлении стратегии ГСА по всему миру на недавнем мероприятии по обеспечению устойчивости атмосферных наблюдений в странах с развивающейся экономикой. На основе презентаций

и последующих обсуждений был выработан ряд нижеследующих рекомендаций.

**Повышение уровня информированности и стимулирование спроса** на данные наблюдений и информацию о климате и качестве воздуха, подобными тем, что предоставляет ГСА на уровне пользователей, имеют важное значение. Наблюдения ГСА осуществляются на более устойчивой основе, если они включены в действующую национальную программу. Создание климатических платформ на национальном уровне, которые бы на устойчивой основе были связаны с потенциальными пользователями, принесло бы пользу. К числу пользователей могут относиться заинтересованные стороны, формирующие политику, начиная от национального и заканчивая муниципальным уровнем, представители промышленности и специалисты по землепользованию.

Диалог между заинтересованными сторонами и представителями научно-исследовательского сообщества мог бы оказать содействие в повышении уровня информированности на уровне пользователей и обеспечить платформу для формулирования нужд и потребностей пользователей в отношении необходимых данных наблюдений и информации о климате и качестве воздуха. Первоначально уровень информированности может повышаться на основе спроса на конкретную информацию или применение, имеющие особый интерес для страны. Предоставление информации в ответ на этот конкретный спрос может стимулировать диалог и расширять интерес и поддержку для других видов обслуживания на основе наблюдений за атмосферой, особенно в развивающихся странах, где рассмотрение подобного рода вопросов носит ограниченный характер.

Следует активизировать **всесторонние партнёрства**. Участие в деятельности ГСА часто не ограничивается участием одного партнёра (такого как Национальная метеорологическая и гидрологическая служба), и значительная доля успеха ГСА обуславливается её расширением, предусматривающим привлечение соответствующих академических исследовательских сообществ. Академическое сообщество в стране может быть сильным партнёром, предоставляющим высококачественные данные, передовую технологию и консультации относительно научного контекста атмосферных наблюдений. Более того, оно может подчеркнуть важность наблюдений ГСА для обслуживания, связанного с окружающей средой, и стимулировать поддержку на национальном уровне посредством повышения уровня информированности правительственных учреждений.

Примеры успешного осуществления также связаны с региональными подходами. Целенаправленное

сосредоточение внимания на регионе, а не на отдельной стране, может быть более результативным в отношении мониторинга загрязнения воздуха. ВМО играет ключевую роль в установлении связей между странами на региональном уровне, обеспечивая, чтобы различные национальные инициативы в конкретном регионе взаимно обогащали друг друга и в полной мере использовали имеющиеся сети и контакты.

Кроме того, международное сотрудничество имеет принципиально важное значение для успеха. Надёжная база информации и данных, подготовленная на основе высококачественных климатических данных, крайне необходима для решения проблем, связанных с изменчивостью и изменением климата. Систематический долгосрочный мониторинг климатической системы является одним из основополагающих условий для понимания её изменения и возникающих в связи с этим последствий, а также ключевым фактором в принятии решений на всех уровнях. Климатические данные и информация также имеют прямое отношение к формированию политики в таких областях как управление водными ресурсами, сельское хозяйство, сокращение рисков бедствий, здравоохранение и энергетика. Долгосрочные наблюдения за свойствами ПГ и аэрозолей, все они рассматриваются как важнейшие климатические переменные (ВКлП), являются необходимыми.

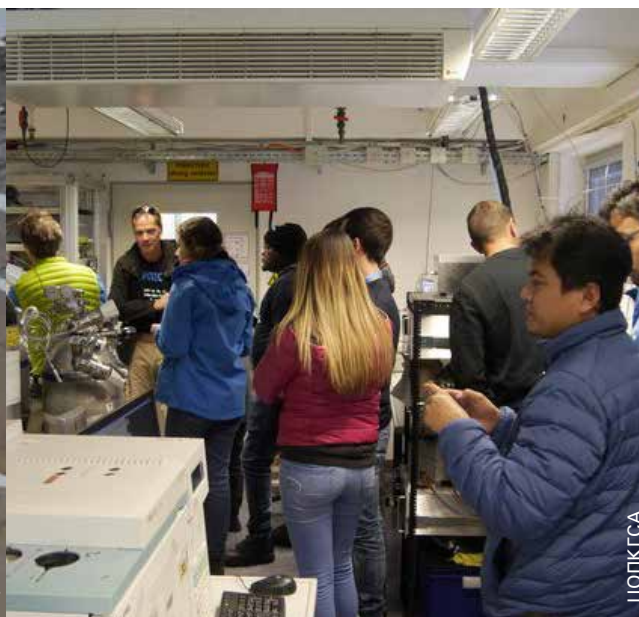
У участников, особенно из стран с развивающейся экономикой, сформировалось чёткое представление о том, что ВМО должна и впредь выступать за то, чтобы национальные заинтересованные стороны поддерживали мониторинг ВКлП, используя наземные сети как часть более глобальной Системы наблюдений за Землей. К ВМО обратились за содействием в пояснении выгод на местном уровне, которые принесёт стране мониторинг изменений состава атмосферы, особенно выгод, касающихся социально-экономического эффекта в краткосрочной и долгосрочной перспективе.

Для эксплуатации наблюдательной платформы требуются значительные инвестиции, и потребность в них не заканчивается после установки оборудования. Разработку автономных пробоотборников и анализаторов, наращивание потенциала и перебазирование оборудования для наблюдений за конкретными компонентами (такими как озон) следует отнести к приоритетным действиям. Существующее международное сотрудничество, как например сотрудничество с работающими сетями и центрами данных, следует поддерживать и совершенствовать. Также важно, чтобы международное сообщество поддерживало страны, у которых нет возможности или потенциала

для установки и эксплуатации инфраструктуры для наблюдений и проведения соответствующих измерений, анализов и контроля качества. Тесное сотрудничество между различными партнёрами, такими как НМГС, агентства по охране окружающей среды, университеты и научно-исследовательские институты, будет иметь ключевое значение для достижения успеха.

Нескоординированные инвестиции привели к разрозненному «поток» проектов, финансируемых партнёрами в области развития, что во многих случаях явилось причиной разнородности объектов наблюдательной инфраструктуры и технологий, которые НМГС не в состоянии поддерживать (ВМО, 2019, резолюция 74, дополнение I). Чтобы обеспечить достижение стратегической цели 4.3 ВМО, которая призывает к преодолению разрыва в части потенциала в области предоставления метеорологического, климатического, гидрологического и связанного с окружающей средой обслуживания через посредство эффективных партнёрских отношений (ВМО, 2019, резолюция 1), была учреждена Инициатива ВМО по поддержке стран (ИПС) посредством резолюции 74 (ВМО, 2019). ИПС обеспечит консультационное обслуживание, направленное на повышение эффективности инвестиций в такое обслуживание.

Участники единодушно заявили о необходимости **непрерывной комплексной подготовки кадров и наращивания потенциала по вопросам деятельности ГСА**. Наращивание потенциала не должно ограничиваться техническими аспектами, необходимыми для поддержания работы на станциях мониторинга, но также должно охватывать более широкий уровень с тем, чтобы повысить компетентность в отношении науки и технологий, управления наукой, стратегий адаптации и т. д. Для партнёров в развивающихся странах с развивающейся экономикой в качестве обязательного условия рассматривалось их активное участие в изыскании возможностей для финансирования на национальном и региональном уровнях и путём привлечения многосторонних организаций и банков в области развития, заинтересованных в климатической информации и климатическом обслуживании. Следует поддерживать участие женщин в целом, а особенно в деятельности по подготовке кадров и наращиванию потенциала. Комплексный подход будет также ориентирован на пострадавшие общины и на повышение возможностей местного населения в плане более эффективного использования предоставленной информации и обслуживания, связанного с окружающей средой.



Участники, приезжающие в ЦОПКГСА, чтобы пройти курс обучения (слева), и участники во время 34-го курса обучения ЦОПКГСА, который проходил в октябре 2018 года.

Развитие потенциала является одним из стратегических приоритетов на финансовый период ВМО 2020–2030 годов. В рамках ВМО Центр обучения и подготовки кадров ГСА (ЦОПКГСА) является единственным учебным заведением, обеспечивающим систематическое обучение в области наблюдений за составом атмосферы. Со времени первого учебного курса ЦОПКГСА в 2001 году более 400 слушателей из 76 различных стран прошли обучение на станции исследований окружающей среды Шнеефернерхаус. Текущая деятельность по наращиванию потенциала также предусматривает поддержку начинающих карьеру учёных с целью их участия в научных конференциях и школах подготовки кадров. В 2019 году новый курс «Бесшовное прогнозирование загрязнения воздуха: от регионального до городского масштаба» был предложен в рамках новой Африканской инициативы. Инициатива была разработана в партнёрстве с новым направлением деятельности ГСА по Совершенствованию предсказаний и прогнозирования качества воздуха и погоды для Африки (ППКВПА).

**Оптимизированное осуществление** является самым сбалансированным подходом. Распределённый набор площадок для проведения исследований, которые максимально используют преимущества инфраструктуры, имеющейся в других программах, был бы наиболее экономически эффективным. Выбор самого удобного местоположения, измеряемых переменных и алгоритмов работы часто основан на имеющихся возможностях, а не на скрупулезной научной оценке.

Крайне важно, чтобы новые пункты наблюдений выбирались и вводились в действие таким образом,

чтобы заполнить пробелы в глобальной системе наблюдений. Здесь можно использовать механизмы, схожие с механизмами, которые будут разработаны для метеорологических наблюдений в рамках Глобальной опорной сети наблюдений (ГОСН), которая демонстрирует новый подход, когда опорная сеть наземных наблюдений проектируется, определяется и контролируется на глобальном уровне.

Помимо наблюдения за компонентами атмосферы, обсуждаемыми в данной статье, следует определить пункты комплексных наблюдений для глобальной обсерватории Земли в количестве 1000 или более хорошо оборудованных наземных станций, которые непрерывно и всеобъемлюще будут следить за состоянием компонентов окружающей среды и основных экосистем (Кулмала, 2018). Приоритетные места для атмосферных и комплексных обсерваторий системы Земля должны определять экспертные группы с участием местных учёных и организаций (Кулмала, 2018).

Разработать обобщенные предложения, которые рекомендуют использовать конкретную стратегию, затруднительно, так как различные варианты могут быть разработаны с опорой на национальные законы, конкретные ситуации и обстоятельства, а также местные общины. Например, в Европейском союзе научно-исследовательская инфраструктура опирается на общую экономическую и нормативно-правовую основу. Принимая во внимание особенности осуществления в конкретных странах и регионах, ВМО рассматривается в качестве ключевой организации для оказания содействия в разработке чётких стратегий коммуникации и информационно-просветительской деятельности

с целью эффективного обмена информацией о достигнутом прогрессе и усвоенными уроками, опытом и знаниями со всеми заинтересованными сторонами и партнёрами.

### **Значение финансирования научных исследований**

Стандартные циклы финансирования значительно короче, чем временные рамки, необходимые для исследования изменения климата или для выявления изменений в концентрациях загрязняющих веществ в результате обеспечения соответствия нормам в отношении качества воздуха. Следовательно, поддержка научно-исследовательской инфраструктуры, необходимой для получения временных рядов данных достаточной продолжительности для анализа трендов, не может осуществляться посредством сегодняшних запросов о предоставлении финансирования для научных исследований. Необходим другой механизм, специально предназначенный для работы с долгосрочными изменениями в рамках проектов с длительным периодом финансирования.

Ориентированное на конкретные проекты финансирование основной научно-исследовательской инфраструктуры подразумевает необходимость разработки более долгосрочных планов для обеспечения непрерывных оперативных наблюдений по истечении цикла финансирования. Например, создание Европейской научно-исследовательской инфраструктуры ACTRIS, включая её протоколы обеспечения и контроля качества, было инициировано в рамках финансирования научных исследований. Создание научно-исследовательских площадок с возможностью для базовых измерений и наличием долговременных знаний о региональных особенностях фотохимии, метеорологии, свойств экосистем и процессов обмена между биосферой и атмосферой является критически важным ресурсом для производства и интерпретации новых измерений.

Помимо интереса научных организаций к трендам, потенциальный синергизм и возможности для финансирования имеются во взаимоотношениях и с другими организациями, которым требуется информация о состоянии атмосферы, основанная на долгосрочных измерениях.

### **Поддержка атмосферных наблюдений в странах с развивающейся экономикой**

Крайне важно добиваться глобального охвата наземными наблюдениями за атмосферой, чтобы

обеспечить высококачественную информацию о климате и качестве воздуха, особенно посредством устранения пробелов в сетях наблюдений в развивающихся странах. Следует принять во внимание существующие пункты наблюдений с тем, чтобы оптимизировать расходы, при этом следует оказать поддержку станциям, которые борются за то, чтобы сохранить наблюдения. Выбор новых пунктов наблюдений нужно осуществлять на основе скрупулезной научной оценки наиболее удобного местоположения, измеряемых переменных и алгоритмов работы, необходимых для устранения пробелов, а не просто на основе появляющихся возможностей.

Чтобы обеспечить поддержку наблюдений за климатом и качеством воздуха, необходимы крупномасштабные скоординированные усилия и приверженность со стороны многочисленных партнёров, включая НМГС, агентства по охране окружающей среды, научно-исследовательское сообщество и различные финансовые учреждения. Чтобы долговременная приверженность в стране принесла результаты, необходима активная поддержка на местном и национальном уровнях.

В экспертные группы следует включить местных учёных и местные организации, чтобы развивать подход, ориентированный на адаптированное осуществление, с учётом обстоятельств на местах. Поддержка международного сообщества крайне необходима для наращивания потенциала и осуществления стандартизированных протоколов по обеспечению и контролю качества. На основе уроков, извлечённых в результате накопленного опыта, можно получить рекомендации.

### **Литература**

Всемирная метеорологическая организация, 2019: Восемнадцатый Всемирный метеорологический конгресс: Сокращённый окончательный отчёт с резолюциями (WMO-№ 1236). Женева.

Кулмала, М., 2018: Построить глобальную обсерваторию Земли. *Nature*, 553(7686):21–23.

World Economic Forum, 2019: The Global Risks Report 2019. Geneva.

World Health Organization, 2016: Global Health Observatory (GHO) data, [https://www.who.int/gho/phe/air\\_pollution\\_mortality/en/](https://www.who.int/gho/phe/air_pollution_mortality/en/).

## Чакалтая — самая высокая станция ГСА в мире: пример горизонтального взаимодействия

Менее чем за десять лет пункт наблюдений, который раньше был сконцентрирован на исследовании космического излучения, стал одной из самых активных станций наблюдения в сети ГСА. Расположенное на высоте более 5 000 метров, это место является уникальным для проведения научных экспериментов, связанных с атмосферой, и теперь оно привлекает исследователей всего мира. В июне 2018 года международная группа учёных спустилась со станции ГСА на горе Чакалтая (16° 21' ю.ш., 68° 07' з.д., 5 240 м над уровнем моря), завершив шестимесячную интенсивную кампанию по изучению процессов, приводящих к образованию новых частиц в атмосфере. Эксперимент, который собрал учёных из одиннадцати разных стран и с трёх континентов, был проведён почти через шесть лет после, того как в 2012 году станция официально была открыта как станция ГСА.

Лаборатория атмосферной физики (ЛАФ) Университета Сан-Андрес в Ла-Пасе (УМСА), Многонациональное Государство Боливия, была создана в 1995 году с акцентом на исследовании ультрафиолетового излучения и общего количества озона. Эти темы исследования по-прежнему важны в стране, где уровни ультрафиолетового излучения одни из самых высоких в мире. Это событие положило начало систематическим исследованиям атмосферы в Боливии.

Возрастающее воздействие изменения климата на условия окружающей среды в тропических Андах со всей очевидностью продемонстрировало необходимость в расширении тематики атмосферных исследований, проводимых Лабораторией. В 2009 году исследователи из Франции и Италии одновременно, но независимо друг от друга, обратились к ЛАФ, выразив общую заинтересованность относительно возможности проведения атмосферных измерений на горе Чакалтая. Этот пункт наблюдений

в течение нескольких десятилетий использовался для исследования космического излучения (там был открыт пи-мезон, что внесло вклад в присуждение Нобелевской премии по физике 1950 года), но его большая высота и стратегическое расположение на южноамериканском континенте было также идеальным для мониторинга состава атмосферы. Проект Чакалтая начался под руководством УМСА, при этом ключевая идея заключалась в обеспечении долгосрочных инвестиций в основные средства и подготовку кадров с тем, чтобы создать и поддерживать научно-исследовательскую платформу, оснащённую базовыми приборами, предназначенными для осуществления наблюдений.

Первоначальные инвестиции на реконструкцию станции были сделаны УМСА, который также предложил ввести две должности инженера на факультете физики для поддержки научно-технических производственных процессов. Партнёры из Европы и Соединённых Штатов Америки безвозмездно предоставили научные приборы и приняли участие в деятельности по обучению персонала УМСА (студентов, инженеров и учёных). В декабре 2011 года новый консорциум учёных ввёл в эксплуатацию свои приборы и таким образом организовал станцию для мониторинга концентрации химически активных газов и ПГ, а также физических и химических свойств твёрдых частиц, достигающих такой большой высоты.

С тех пор станция работает непрерывно с очень небольшим количеством пробелов в данных, предоставляя научному сообществу открытый доступ к высококачественным данным, в результате чего появилось несколько научных статей в международных журналах. Местный боливийский персонал приобрел, большей частью в европейских международных школах, ценные теоретические и практические навыки в области атмосферных наук и эксплуатации



Мануэль Рока

*Самая высокая в мире станция ГСА на горе Чакалтая.*

оборудования. Многие боливийские студенты и аспиранты, среди которых много женщин, также прошли обучение в области атмосферных наук. Три бывших сотрудника УМСА и один постоянный сотрудник ЛАФ в настоящее время продолжают обучение в аспирантуре и докторантуре во Франции, Германии и Финляндии.

Первым ключевым шагом к успеху стало признание университета-учредителя (УМСА) и его Института исследований в области физики того факта, что проект Чакалтая был стратегически важен для развития УМСА и его общественной значимости. УМСА обеспечивает долгосрочную финансовую помощь для поддержания инфраструктуры, работающей в суровых условиях окружающей среды на большой высоте. Вторым ключевым фактором стала роль зарубежных научно-исследовательских институтов. Французский институт научных исследований и развития, также работающий в Многонациональном Государстве Боливия,

предоставил необходимую научную, финансовую, административную и логистическую поддержку для работы станции Чакалтая. Другие научно-исследовательские институты и университеты в Европе и Соединенных Штатах Америки тоже предоставили дополнительную поддержку, которая также оказалась критически важной для успешного функционирования.

Хотя экономическое и научное влияние уже ощутимо, окончательная экономическая модель, которая обеспечит устойчивое функционирование научно-исследовательской платформы Чакалтая, пока ещё не определена. Существуют такие возможности, как интеграция Чакалтая в программы в рамках Европейской научно-исследовательской инфраструктуры, такие как ICOS или ACTRIS, но нацеленность на обеспечение долгосрочного функционирования никогда не бывает малозначимой, даже в таком успешном примере наращивания потенциала, каким является Чакалтая.

# Изменение выбросов летучих органических соединений в городах: множество путей к тому, чтобы воздух стал чище

Изобель Симпсон<sup>1</sup> и Клавдия Волощук<sup>2</sup>

Загрязнение воздуха является одним из самых серьёзных для здоровья человека рисков, связанных с окружающей средой. Загрязнение атмосферного воздуха является причиной смерти более чем 4 миллионов человек ежегодно, главным образом в развивающихся странах (*World Health Organization (WHO), 2019*). Хотя качество воздуха улучшилось во многих странах благодаря эффективным стратегиям ограничения выбросов, в других частях мира по-прежнему отмечается плохое или ухудшающееся качество воздуха. Более 90 % населения мира живёт в городах, которые не соответствуют рекомендациям ВОЗ по качеству воздуха, однако в наиболее загрязнённых районах мира зачастую имеется меньше всего систем мониторинга или оповещения о качестве воздуха (*WHO, 2016; Kumar et al., 2018*). Стратегии по улучшению качества воздуха требуют детального знания компонентов загрязнения воздуха и того, как выбросы этих компонентов меняются с течением времени.

## Роль летучих органических соединений в городской окружающей среде

Летучие органические соединения (ЛОС) являются одним из компонентов загрязнения воздуха, в состав которых входит сложная смесь сотен углеродосодержащих газов (*Lewis et al., 2000*). В таблице 1 перечислены некоторые из наиболее распространённых и важных ЛОС во многих городах. Если концентрации ЛОС в атмосфере превышают рекомендуемые пределы, риски для здоровья включают подверженность воздействию самих ЛОС и вторичных загрязнителей воздуха, образующихся в результате химических реакций между ЛОС и другими компонентами.

Например, ЛОС вступают в реакцию с оксидами азота, образуя озон и ультрамелкие частицы, которые являются компонентом смога, оказывающего влияние на здоровье человека, растительность и климат (*ВМО, 2018 г.*).

Измерения и глобальное моделирование показывают, что уровни озона в приземном слое превышают рекомендуемые пределы во многих частях мира, особенно в Азии (рис. 1). Окисление ЛОС также приводит к образованию вторичных органических аэрозолей, которые являются важным компонентом твёрдых примесей или ТП<sub>2,5</sub> (*Gentner et al., 2017; Guo et al., 2017*). Подверженность воздействию ТП<sub>2,5</sub> является ещё одной серьёзной проблемой для здоровья населения (*WHO, 2013*). Поскольку образование озона и вторичного органического аэрозоля зависит от относительного количества исходных ЛОС и оксидов азота, стратегии сокращения выбросов требуют целостного подхода, учитывающего взаимодействие между несколькими компонентами загрязнения воздуха (*Lyu et al., 2016; Zhao et al., 2017*). Определение того, какие химически активные ЛОС с наибольшей вероятностью образуют озон и вторичные органические аэрозоли, а затем определение того, какие источники несут основную ответственность за их выбросы, является одной из главных задач исследований загрязнения воздуха.

## Успехи и смещение сигнатур летучих органических соединений

Выбросы ЛОС в городах часто представляют собой комплексное сочетание выбросов, связанных с транспортными средствами, промышленностью, использованием растворителей, сжиганием отходов, а также выбросов от других источников. Естественные выбросы ЛОС от растений и деревьев также

1 Факультет химии, Калифорнийский университет в Ирвайне

2 Секретариат ВМО



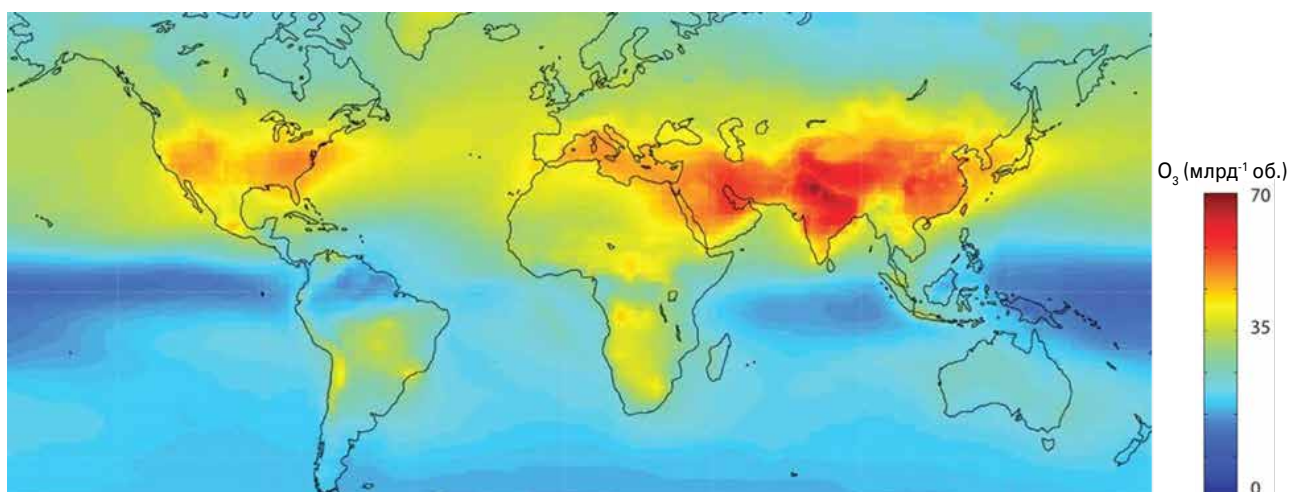


Рисунок 1. ЛОС являются прекурсорами озона в приземном слое ( $O_3$ ), ключевого элемента в образовании смога. На данном графике показаны концентрации озона в приземном слое в 2010 году (среднегодовая величина суточного максимума за 8 часов, в частях на миллиард ( $млрд^{-1}$ ), рассчитанные на основе моделей переноса, при этом более высокие уровни озона обозначены красным цветом (Anenberg et al., 2018). По рекомендациям ВОЗ пороговое значение средней за 8 часов концентрации озона должно составлять  $50 млрд^{-1}$  (источник: воспроизведено из журнала «Environmental Health Perspectives» (Перспективы состояния окружающей среды) с разрешения авторов).

Соединение	Продолжительность пребывания в атмосфере (приблизительно)	Характерные источники
Этан	1,5 месяца	Природный газ, сжигание биомассы
Ацетилен	15 дней	Выбросы автотранспортных средств, сжигание биомассы
Метанол	12 дней	Растения, окисление ЛОС
Пропан	11 дней	Сжиженный нефтяной газ, природный газ
Бензол	10 дней	Промышленные выбросы, выбросы автотранспортных средств, сжигание биомассы
изо/н-Бутан	5 дней	Выбросы автотранспортных средств, сжиженный нефтяной газ
Этанол	4 дня	Растения, биотопливо
изо/н-Пентан	3 дня	Выбросы автотранспортных средств, испарение газаolina
Толуол	2 дня	Растворы, выбросы автотранспортных средств
Этен	1 день	Выбросы автотранспортных средств
Формальдегид	1 день	Окисление ЛОС, сжигание биомассы
Изопрен	3 часа	Растения

Таблица 1. ЛОС, часто встречающиеся в городах, с указанием приблизительной продолжительности их пребывания в атмосфере и их характерных источников. Соединения расположены по продолжительности пребывания в атмосфере. Соединения с более длительной продолжительностью пребывания, как, например, этан и пропан, химически менее активны и следовательно медленнее образуют вторичные продукты, такие как озон.

вносят вклад в сочетание городских выбросов ЛОС. Каждый из этих источников выпускает ЛОС с характерной сигнатурой или «отпечатком». Например, изопрен является характерным ЛОС, выделяемым широколиственными деревьями, в то время как этен является продуктом сгорания, связанным с выхлопными газами транспортных средств (таблица 1). Поэтому каждый город имеет уникальный отпечаток ЛОС, который отражает его основные источники. Этот отпечаток эволюционирует с течением времени

по мере того, как уровни ЛОС растут или падают по причине изменения источников или появления экологических норм и стандартов.

Например, транспорт является основным источником выброса ЛОС в городах. Однако технологии контроля выбросов транспортных средств, такие как каталитические преобразователи, позволили снизить уровень ЛОС во многих регионах мира, особенно в Европе, Северной Америке и некоторых

частях Азии (Chang et al., 2017). Благодаря такой технологии автомобили во многих странах в настоящее время выделяют только около 1 % ЛОС по сравнению с тем, что было 50 лет назад (Parrish et al., 2016). В результате уровень летучих органических соединений и озона неуклонно снижался во многих промышленно развитых городах в течение последних 50 лет, несмотря на увеличение продаж топлива и рост количества транспортных средств (рис. 2). Например, уровни ЛОС в Лос-Анджелесе с 1960 года снизились почти на два порядка в связи с ранним осуществлением мер по сокращению выбросов ЛОС (Warneke et al., 2012). Аналогичным образом, уровень выбросов ЛОС в Лондоне быстро снизился с 1990-х годов в связи с появлением стратегий сокращения выбросов (von Schneidemesser et al., 2010).

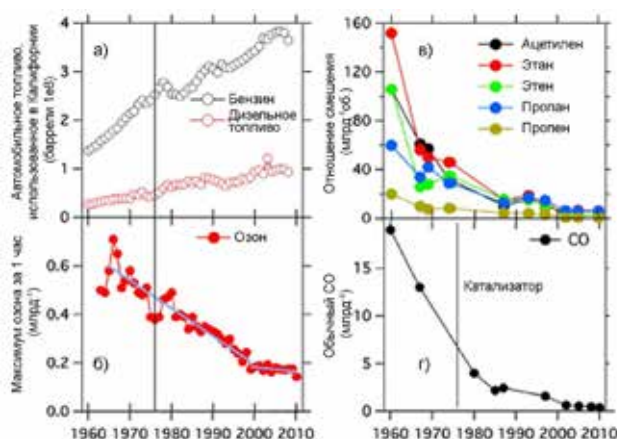


Рисунок 2. Тренды, наблюдаемые с 1960 года: а) продажи топлива в Калифорнии, б) максимальные уровни озона за 1 час в бассейне Лос-Анджелеса, в) отдельные ЛОС около центра Лос-Анджелеса, г) оксид углерода (СО) в центре Лос-Анджелеса (Warneke et al., 2012). (Источник: воспроизведено из *Journal of Geophysical Research* (журнал геофизических исследований) с разрешения авторов).

Ещё одной стратегией улучшения качества воздуха в городах является использование альтернативных видов топлива. Например, во многих городах системы общественного транспорта перешли от использования дизельного топлива для автобусов и такси к более чистым видам топлива, таким как сжиженный нефтяной газ (СНГ) или сжатый природный газ (СПГ), или к вариантам без ископаемых видов топлива, таким как электричество. В то время как дизельное топливо выделяет более тяжёлые летучие органические соединения, такие как октан

и толуол, более чистое топливо содержит более лёгкие углеводороды, такие как пропан и бутан в случае СНГ, и метан и этан в случае СПГ (Kado et al., 2005; Guo et al., 2011; Gentner et al., 2017). Поэтому использование альтернативных видов топлива может сместить отпечаток летучих органических соединений города в сторону более легких углеводородов, которые химически менее активны и, следовательно, медленнее образуют озон. Например, отпечаток ЛОС в Гонконге, Китай, сместился с соединений, богатых толуолом, на соединения, богатые бутаном, поскольку дизельное топливо было заменено сжиженным нефтяным газом в такси и небольших автобусах, а уровни толуола были ограничены в десятках видов продуктов, содержащих растворители (Guo et al., 2017; Lyu et al., 2017).

Так как выбросы ЛОС от автотранспорта во многих городах сократились, другие источники ЛОС приобретают относительную важность. По оценкам, в настоящее время в Соединенных Штатах Америки и Европе на летучие химические продукты, такие как пестициды, лакокрасочные материалы и чернила, чистящие средства и средства личной гигиены, приходится половина от выбросов ЛОС, связанных с использованием ископаемого топлива (McDonald et al., 2018). Маркеры для этих продуктов включают ЛОС, такие как этанол, ацетон и толуол, а выделяемые ЛОС могут быть важными прекурсорами вторичных органических аэрозолей. Поэтому в городах с эффективным контролем выбросов транспортных средств всё более важной становится необходимость понять роль источников ЛОС, не связанных с автотранспортом, в образовании озона и вторичных органических аэрозолей.



Отбор проб воздуха на месте пожара на свалке около Мекки, Саудовская Аравия.



Tokyohead/Википедия

*Гонконг, Китай, во время смога и в ясный день (по лицензии НКО Creative Commons (Творческое сообщество)). Во многих городах меры по сокращению выбросов направлены на увеличение количества дней с «голубым небом».*

## Текущие проблемы и решения

Несмотря на то, что в некоторых регионах мира выбросы ЛОС успешно сокращены, остаётся ещё множество проблем. Многие страны все ещё находятся на начальном этапе разработки стандартов качества воздуха и эффективной нормативно-правовой базы. Кроме того, обширные районы земного шара, на территории многих из которых отмечается сильное загрязнение озоном и твёрдыми частицами, всё ещё недостаточно изучены. Надёжные программы мониторинга качества воздуха необходимы для понимания отпечатка ЛОС каждого города и его эволюции во времени.

Наряду с тем, что создана базовая инфраструктура для проведения измерений, ограниченные «разовые» полевые исследования могут предоставить ценную информацию для разработки политики. Например, короткая полевая кампания показала, что в Лахоре, Пакистан, одном из самых загрязнённых городов мира, в воздухе было больше всего этена и ацетилена, которые являются характерными индикаторами выхлопных газов автомобилей (Barletta et al., 2017). В то же время в воздухе в Мекке, Саудовская Аравия, наблюдался неожиданно высокий уровень изопентана, индикатора испарения бензина, в дополнение к индикаторам выхлопных газов автомобилей (Simpson et al., 2014). Поэтому, наряду с установлением норм

выбросов транспортных средств в Мекке, также было рекомендовано использовать простую технологию уменьшения испарения бензина, такую как добавление возможности для улавливания паров бензина в топливораздаточные пистолеты, чтобы уменьшить выбросы ЛОС и воздействие паров во время заправки автомобилей. Таким путём стратегии ограничения выбросов могут быть адаптированы к условиям любого города в соответствии с его уникальным отпечатком ЛОС.

В других регионах с утверждёнными программами мониторинга качества воздуха обнаружили сложную взаимосвязь между ростом выбросов ЛОС в одних секторах и снижением выбросов в других. Например, в Китае с 1990 года наблюдается



Мухаммад Акхяр Фарук

*Отбор проб воздуха в промышленной зоне Кот Лахпат, Лахор, Пакистан*

постоянный рост выбросов ЛОС, несмотря на сокращение с 2005 года выбросов, связанных с жилищным и транспортным секторами (Li et al., 2019). Этот рост связан с увеличением выбросов в промышленном секторе и выбросов от использования растворителей, хотя он был замедлен

посредством эффективных мер контроля в жилищном и транспортном секторах, особенно после того, как в 2013 году в Китае был введен в действие План мероприятий по сохранению чистого воздуха. В Китае уже проведен масштабный мониторинг ЛОС в основных регионах, являющихся источниками

### Деятельность ВМО в области качества воздуха в городах и летучих органических соединений

ВМО присоединилась к глобальному обязательству сократить смертность от загрязнения воздуха на две трети к 2030 году. Чтобы выполнить это обязательство, ВМО прилагает усилия, направленные на совершенствование данных наблюдений за уровнем загрязнения воздуха и обеспечение средств для предотвращения случаев катастрофического загрязнения воздуха.

Научно-консультативная группа по химически активным газам Глобальной службы атмосферы ВМО (ГСА) координирует глобальные измерения, анализы и исследование малых газовых составляющих, включая летучие органические соединения (ЛОС). Это исследование важно для того, чтобы лучше понять выбросы, образование, взаимодействие и уменьшение количества веществ, загрязняющих воздух.

Хотя многие виды деятельности связаны с фоновыми измерениями (кратко изложены ниже), также проводятся исследования городской среды. Проект ГСА по научным исследованиям в области городской метеорологии и окружающей среды сосредоточен на разработке улучшенных систем прогнозирования качества воздуха, а также вносит вклад в более широкую инициативу по обслуживанию в городах, разрабатываемую в ВМО. В руководящих принципах ВМО по комплексному обслуживанию в городах в области гидрометеорологии, климата и окружающей среды сформулировано перспективное видение поддержки устойчивых городов и сообществ, которая была определена в качестве одной из Целей в области устойчивого развития. ВМО содействует разработке и внедрению прогнозов и предупреждений о качестве воздуха, а также сотрудничает с сектором здравоохранения и ВОЗ для предоставления комплексной информации о погоде, климате и окружающей среде.

В конце 1990-х годов сообщество специалистов по атмосферным наукам предложило объединить различные возможности для наблюдений, имеющиеся в ГСА, для облегчения доступа к данным и повышения качества данных. Текущая сеть фоновых мониторингов ЛОС, вносящая свой вклад в ГСА или сотрудничающая с ней, включает следующее (Schultz et al., 2015):

- Глобальное распределение наблюдений, полученных на основе еженедельного отбора проб в колбы, где измеренные ЛОС включают простые углеводороды с короткой цепью (Helmig et al., 2016). Этот мониторинг ЛОС опирается на Глобальную опорную сеть наблюдений за парниковыми газами Национального управления по исследованию океанов и атмосферы и начался в 2005 году. В настоящее время он не работает из-за сокращения бюджетных ресурсов.
- Долгосрочные наблюдения на основе отбора проб в колбы с 1984 года, включая углеводороды с короткой цепью и галогенуглеводороды. Измерения проводятся Калифорнийским университетом в Ирвайне четыре раза в год (один раз в сезон) на трансекте север-юг, включающей пункты наблюдений в Тихом океане и в Северной и Южной Америке (Simpson et al., 2012).
- Данные, предоставляемые сетью Европейской программы мониторинга и оценки с начала 1990-х годов, включая углеводороды с короткой цепью (Tørseth et al., 2012).
- Непрерывные наблюдения *in situ*, выполняемые на станциях ГСА в городе Хоэнпайсенберге (Германия), на станции Саммит (Гренландия), на горе Пику (Португалия), на горе Риги и горной гряде Юнгфраухох (Швейцария) и на островах Зеленого мыса (Кабо-Верде).

выбросов, включая Великую Китайскую равнину, дельту реки Янцзы и дельту реки Чжуцзян, который обеспечивает прочную основу для оценки эволюции выбросов ЛОС в Китае (Guo et al., 2017).

Даже когда городам удаётся снизить уровень загрязнения и улучшить качество воздуха, они всё же могут не добиться соответствия существующим требованиям в отношении озона и других загрязняющих веществ. Трансграничный перенос является дополнительной проблемой, затрудняющей ситуацию в некоторых районах, например, когда в соседних районах наблюдаются разные уровни загрязнения или контроль выбросов находится на разном уровне. Результатом часто является сложное сочетание вклада местных и региональных источников выбросов ЛОС, которые варьируются в зависимости от погоды, например, в зависимости от изменения направления ветра. Выявление относительного вклада местных и региональных источников загрязнения является ещё одной проблемой исследований качества воздуха.

### Дальнейшие перспективы

Сильное загрязнение воздуха является проблемой для окружающей среды и здоровья человека в городах во всём мире. Снижение загрязнения возможно с помощью существующих технологий. Страны, в которых стандарты качества воздуха находятся в стадии разработки, могут действовать с учётом успехов и трудностей в других регионах. Технология контроля выбросов транспортных средств и переход к использованию более чистых видов топлива позволили успешно сократить выбросы ЛОС от источников, связанных с автотранспортом, во многих городах, несмотря на растущее количество автомобилей. По мере сокращения выбросов от источников, связанных с автотранспортом, могут быть четче выявлены другие выбросы ЛОС, такие как ЛОС, связанные с растворителями или другими летучими химическими продуктами. Программы, одновременно направленные на работу с разными источниками ЛОС, могут быть целесообразными, например, разработка нормативов для выбросов от автотранспорта, использования растворителей или от других источников.

Чтобы добиться успеха в сокращении содержания озона, все усилия по смягчению воздействия ЛОС должны учитывать сложное взаимодействие

между ЛОС, оксидами азота и озоном. В дополнение к мерам по сокращению выбросов, надёжный мониторинг качества воздуха является важным компонентом регулирования загрязнения воздуха. Долгосрочный мониторинг отдельных широко распространённых ЛОС рекомендуется для отслеживания изменений в отпечатке ЛОС каждого города в результате стратегий контроля выбросов. В то же время краткосрочные обследования могут дать первоначальные указания относительно того, какие ЛОС вносят самый большой вклад в образование озона и вторичного органического аэрозоля.

### Литература

Anenberg, S., D. Henze, V. Tinney, P.L. Kinney, W. Raich, et al., 2018: Estimates of the global burden of ambient PM<sub>2.5</sub>, ozone, and NO<sub>2</sub> on asthma incidence and emergency room visits. *Environmental Health Perspectives*, 126(10), doi:10.1289/EHP3766.

Barletta, B., I.J. Simpson, N.J. Blake, S. Meinardi, L.K. Emmons, et al., 2017: Characterization of carbon monoxide, methane and nonmethane hydrocarbons in emerging cities of Saudi Arabia and Pakistan and in Singapore. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 74(1):87–113, doi:10.1007/s10874-016-9343-7.

Chang, K.L., I. Petropavlovskikh, O.R. Cooper, M.G. Schultz and T. Wang, 2017: Regional trend analysis of surface ozone observations from monitoring networks in eastern North America, Europe and East Asia. *Elementa Science of the Anthropocene*, 5: 50, doi:10.1525/elementa.243.

Gentner, D.R., S.H. Jathan, T.D. Gordon, R. Bahreini, D.A. Day, et al., 2017: Review of urban secondary organic aerosol formation from gasoline and diesel motor vehicle emissions. *Environmental Science and Technology*, 51:1074–1093, doi:10.1021/acs.est.6b04509.

Guo, H., S.C. Zou, W.Y. Tsai, L.Y. Chan and D.R. Blake, 2011: Emission characteristics of nonmethane hydrocarbons from private cars and taxis at different driving speeds in Hong Kong. *Atmospheric Environment*, 45:2711–2721, doi:10.1016/j.atmosenv.2011.02.053.

Guo, H., Z.H. Ling, H.R. Cheng, I.J. Simpson, X.P. Lyu, et al., 2017: Tropospheric volatile organic compounds in China. *Science of the Total Environment*, 574:1021–1043.

- Kado, N.Y., R.A. Okamoto, P.A. Kuzmicky, R. Kobayashi, A. Ayala, et al., 2005: Emissions of toxic pollutants from compressed natural gas and low sulfur diesel-fueled heavy-duty transit buses tested over multiple driving cycles. *Environmental Science and Technology*, 39:7638–7649, doi:10.1021/es0491127.
- Kumar, R., V.-H. Peuch, J.H. Crawford and G. Brasseur, 2018: Five steps to improve air-quality forecasts. *Nature*, 561:27–29.
- Lewis, A.C., N. Carslaw, P.J. Marriott, R.M. Kinghorn, P. Morrison, et al., 2000: A larger pool of ozone-forming carbon compounds in urban atmospheres. *Nature*, 405:778–781.
- Li, M., Q. Zhang, B. Zheng, D. Tong, Y. Lei, et al., 2019: Persistent growth of anthropogenic non-methane volatile organic compound (NMVOC) emissions in China during 1990–2017: drivers, speciation and ozone formation potential. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19:8897–8913, doi:10.5194/acp-19-8897-2019.
- Lyu, X., H. Guo, I.J. Simpson, S. Meinardi, P.K.K. Louie, et al., 2016: Effectiveness of replacing catalytic converters in LPG-fueled vehicles in Hong Kong. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16:6609–6626, doi: 10.5194/acp-16-6609-2016.
- Lyu, X.P., L.W. Zeng, H. Guo, I.J. Simpson, Z.H. Ling, et al., 2017: Evaluation of the effectiveness of air pollution control measures in Hong Kong. *Environmental Pollution*, 220:87–94, doi:10.1016/j.envpol.2016.09.025.
- McDonald, B.C., J.A. de Gouw, J.B. Gilman, S.H. Jathar, A. Akherati, et al., 2018: Volatile chemical products emerging as largest petrochemical source of urban organic emissions. *Science*, 359:760–764, doi: 10.1126/science.aaq0524.
- Parrish, D.D., J. Xu, B. Croes and M. Shao, 2016: Air quality improvement in Los Angeles—perspectives for developing cities. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 10(5):11, doi:10.1007/s11783-016-0859-5.
- Simpson, I.J., O.S. Aburizaiza, A. Siddique, B. Barletta, N. J. Blake, et al., 2014: Air quality in Mecca and surrounding holy places in Saudi Arabia during Hajj: initial survey. *Environmental Science & Technology*, 48:8529–8539, doi:10.1021/es5017476.
- Von Scheindemsser, E., P.S. Monks and C. Plass-Duelmer, 2010: Global comparison of VOC and CO observations in urban areas. *Atmospheric Environment*, 44:5053–5064.
- Warneke, C., J.A. de Gouw, J.S. Holloway, J. Peischl, T.B. Ryerson, et al., 2012: Multiyear trends in volatile organic compounds in Los Angeles, California: five decades of decreasing emissions. *Journal of Geophysical Research*, 117:D00V17, doi:10.1029/2012JD017899.
- World Health Organization, 2013: *Health Effects of Particulate Matter: Policy Implications for Countries in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia*. Copenhagen.
- — —, 2016: *Ambient Air Pollution: A Global Assessment of Exposure and Burden of Disease*. Geneva.
- — —, 2019: *Air pollution*, <https://www.who.int/airpollution/en/>.
- World Meteorological Organization, 2018: *WMO Reactive Gases Bulletin. No 2: Highlights from the Global Atmospheric Watch Programme*. Geneva.
- Zhao, Y., R. Saleh, G. Saliba, A. A. Presto, T. D. Gordon, et al., 2017: Reducing secondary organic aerosol formation from gasoline vehicle exhaust. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(27):6984–6989, doi:10.1073/pnas.162901114.

### **Ссылки на деятельность ВМО в области качества воздуха в городах и летучих органических соединений**

Helmig, D., S. Rossabi, J. Hueber, P. Tans, S. A. Montzka, et al., 2016: Reversal of global atmospheric ethane and propane trends largely due to US oil and natural gas production, *Nature Geoscience*, doi:10.1038/NGEO2721.

Simpson, I.J., M.P.S. Andersen, S. Meinardi, L. Bruhwiler, N.J. Blake, et al., 2012: Long-term decline of global atmospheric ethane concentrations and implications for methane. *Nature*, 488(7412):490–494, doi: 10.1038/nature11342.

Tørseth, K., W. Aas, K. Breivik, A.M. Fjæraa, M. Fiebig, et al., 2012: Introduction to the European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) and observed atmospheric composition change during 1972–2009. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(12):5447–5481, doi: 10.5194/acp-12-5447-2012.

Schultz, M.G., H. Akimoto, J. Bottenheim, B. Buchmann, I. E. Galbally, S. Gilge, D. Helmig, H. Koide, A. C. Lewis, P. C. Novelli, C. Plass-Dülmer, T. B. Ryerson, M. Steinbacher, R. Steinbrecher, O. Tarasova, K. Tørseth, V. Thouret, C. Zellweger, 2015: The Global Atmosphere Watch reactive gases measurement network. *Elementa*, 3: 000067, doi: 10.12952/journal.elementa.000067

# От наблюдений за атмосферой и анализа парниковых газов к оценкам выбросов: смелая научная инициатива

Шамиль Максютлов<sup>1</sup>, Доминик Брюннер<sup>2</sup>, Алистарх Мэннинг<sup>3</sup>, Пол Фрезер<sup>4</sup>, Оксана Тарасова<sup>5</sup> и Клавдия Волощюк<sup>5</sup>

Воздействия изменения климата становятся всё более очевидными. Правительства решают проблему изменения климата посредством международных соглашений, таких как Парижское соглашение, подписанное в 2015 году. Для оценки прогресса в достижении климатических целевых показателей правительства утвердили процесс представления отчётности о национальных выбросах парниковых газов (ПГ) в соответствии с согласованными протоколами. Эти протоколы были утверждены Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) и описаны в Руководящих принципах МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов 2006 года (IPCC, 2006). В мае 2019 года Пленарное заседание МГЭИК одобрило *Уточнение к Руководящим принципам* (в печати), в котором изложена важная роль атмосферных наблюдений и анализа для улучшения оценок национальных выбросов ПГ. В *Уточнении 2019 года* описываются ключевые компоненты и этапы, которые должны применяться при использовании атмосферных измерений и результатов инверсных моделей для сравнения с оценками кадастра (Глава 6, Обеспечение качества / Контроль и проверка качества).

Точные и достоверные измерения в атмосфере основных парниковых газов показали увеличение их концентраций во всём мире (рис. 1). Однако концентрации озоноразрушающих веществ, которые также являются ПГ, в последнее десятилетие снижались в соответствии с Монреальским

протоколом. Глобальная сеть наблюдений за ПГ, координируемая Глобальной службой атмосферы (ГСА) ВМО, оповещает нас об опасных изменениях в климатической системе.

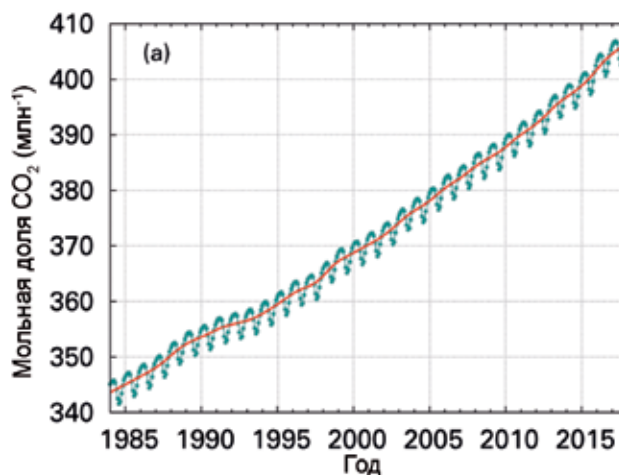


Рисунок 1. Глобально усреднённая мольная доля диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) по наблюдениям на станциях, вносящих вклад в Программу ГСА.

Концентрации ПГ в атмосфере являются результатом равновесия между выбросами ПГ от источников и их поглощением поглотителями (см. рис. 2) и зависят от процессов переноса и перемешивания. Чтобы ограничить глобальное потепление, важно определить количество источников, поскольку над ними можно установить контроль. Однако оценка выбросов на основе атмосферных наблюдений является совсем не простой задачей, так как необходимо выявить взаимосвязь между концентрациями в данной точке наблюдения и вышележащими источниками. Эта взаимосвязь определяется посредством оценки атмосферного переноса и может быть смоделирована с помощью модели атмосферного переноса. Такое моделирование предъясвляет со значительной

1 Национальный институт исследований окружающей среды, Япония  
2 Етра, Швейцарская Федеральная лаборатория металлургии и технологий  
3 Метеорологическое бюро, СК  
4 КСИРО, Сектор океанов и атмосферы, Австралия  
5 Секретариат ВМО

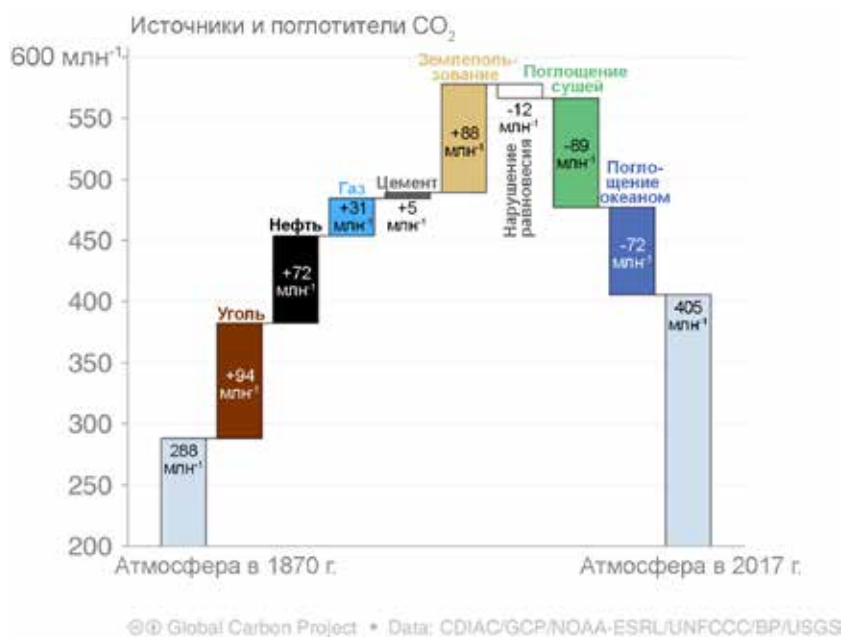


Рисунок 2. Атмосферные концентрации парниковых газов являются результатом равновесия между источниками (что попадает в атмосферу) и поглотителями (что извлекается из неё). Суммарный вклад в глобальный углеродный бюджет с 1870 года. Нарушение углеродного равновесия является пробелом в нашем нынешнем понимании источников и поглотителей. (Источник: Глобальный углеродный бюджет за 2018 год, Глобальный углеродный проект).

степенью точности высокие требования к качеству функционирования модели.

Первые попытки использовать атмосферные наблюдения для оценки выбросов парниковых газов были предприняты в 1980-е годы (например, CFC-11, Fraser et al., 1983). Эти ранние исследования в основном касались масштабов от глобального до континентального, опираясь на модели с низким разрешением и наблюдения, осуществляемые редкой глобальной сетью, в первую очередь в рамках глобальной программы отбора проб в колбы Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НУОА). Количественная оценка выбросов в больших масштабах крайне важна, но она описывает только чистые глобальные выбросы, которые констатируют увеличение долгоживущих ПГ в атмосфере. Однако эти оценки дают мало информации об отдельных источниках и процессах, необходимых для директивных органов, которым нужно принимать меры на национальном, субнациональном или региональном уровнях. С расширением сети наблюдений, особенно в развитых странах, и увеличением возможностей и разрешения моделей атмосферного переноса стала возможной оценка выбросов в более мелких национальных масштабах.

Научные сообщества, занимающиеся проблемами атмосферы, углеродного цикла и изменения климата, провели ряд исследований касательно потенциальных возможностей для измерения

концентрации парниковых газов в атмосфере, а также анализ результатов моделирования, чтобы рассчитать и помочь обосновать улучшенные оценки выбросов парниковых газов (например, National Research Council (2010 г.), Ciais et al. (2010 г.), IPCC (2010 г.)). В результате этих исследований был сделан вывод о том, что реализация такого подхода потребует дополнительных инвестиций в исследования, увеличение плотности хорошо откалиброванных измерений атмосферных ПГ и улучшение возможностей для моделирования атмосферного переноса и усвоения данных.

Необходимость согласования и документирования методологий для оценки выбросов на основе атмосферных наблюдений, а также обмена передовым опытом привела к учреждению на Семнадцатом Всемирном метеорологическом конгрессе в 2015 году Интегрированной глобальной информационной системы по парниковым газам (ИГИСПГ) (Бюллетень ВМО 66 (1), 2017 г.)

### Оценки выбросов для поддержки национальных кадастров

Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИКООН), вступившая в действие в 1994 году, в настоящее время является практически общемировым соглашением, в котором участвуют 197 стран. Сторонам Конвенции было предложено «периодически обновлять,



публиковать и предоставлять (...) национальные кадастры антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не контролируемых Монреальским протоколом». В начале методологии не были чётко определены, и странам было предложено сообщать данные только в той степени, в которой позволяли имеющиеся у них возможности. Тем не менее, многие страны начали собирать и сообщать информацию о выбросах ПГ, хотя и с разным уровнем детализации и периодичности.

После вступления в силу Киотского протокола в 2005 году представление годовых национальных докладов о кадастрах (НДК) стало обязательным для всех (развитых) стран, включённых в Приложение 1. Подробности были указаны в Руководящих принципах МГЭИК 2006 года, в которых был предложен многоуровневый подход. Простейший уровень 1 базируется на коэффициентах выбросов (КВ) по умолчанию, а в более подробные уровни 2 и 3 могут быть включены методы, данные и модели для конкретных стран. Ещё один шаг вперёд был сделан, когда Парижское соглашение ввело обязательное предоставление НДК раз в два года всеми подписавшими его странами. Подготовка и представление НДК представляет серьёзную трудность для развивающихся стран, которым ещё предстоит освоить процесс представления официальных докладов.

Подготовка кадастра выбросов ПГ является сложной задачей, поскольку необходимо использовать широкий спектр информации в зависимости от типа источника. Социально-экономические и другие статистические данные могут быть не предоставлены своевременно и с достаточной степенью детализации. Национальные кадастры выбросов обеспечивают детальную информацию об отдельных источниках, что позволяет лицам, определяющим политику, оценить их относительную долю в объёме выбросов и разработать эффективные меры по сокращению выбросов. Однако качество этих кадастров можно оценить только путём их проверки на предмет полноты и соответствия рекомендуемым процедурам. Наиболее важный показатель с точки зрения последствий изменения климата, а именно объём суммарных выбросов на страну, невозможно оценить, используя независимые средства.

Поскольку атмосферные концентрации реагируют на суммарный объём всех выбросов, оценки,

полученные на основе наблюдений, могут обеспечить весьма ценные ограничения суммарных выбросов страны. В то же время они менее пригодны для предоставления информации об отдельных категориях источников, так как многие источники и поглотители взаимодействуют между собой. В этом смысле кадастры и оценки, полученные на основе наблюдений, являются взаимодополняющими и должны использоваться вместе для повышения и укрепления доверия к национальным оценкам выбросов. С помощью сетей наблюдений с высокой плотностью и измерений вспомогательных параметров, таких как изотопный состав парниковых газов или концентрации других газов, одновременно поступающих в атмосферу, можно собрать дополнительную информацию для конкретного источника с целью подтверждения достоверности национальных кадастров выбросов, используя не только показатель суммарных выбросов страны. Оценки на основе наблюдений могут быть особенно ценными для малых газовых составляющих, учитывая большую неопределённость в их выбросах.

## Достижения в области науки

Оценки суммарных национальных выбросов, полученные на основе методов обратного моделирования, значительно улучшились за последние 20 лет. Реализация такого подхода предусматривает сочетание атмосферных наблюдений и моделирования и включает в себя четыре ключевых компонента, из которых каждый получил значительное развитие за этот период времени.

1. Наблюдения за атмосферой стали намного точнее, и в настоящее время в наличии имеются более надёжные приборы. Кроме того, частота измерений и количество пунктов наблюдений значительно увеличились и при этом во многих странах, таких как Австралия, Китай, Германия, Индия, Швейцария, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии и Соединенные Штаты Америки, развиваются расширенные сети. Кроме того, спутниковое дистанционное зондирование ПГ значительно продвинулось со времени первых измерений общего содержания  $\text{CO}_2$  и метана ( $\text{CH}_4$ ) в вертикальном столбе атмосферы, выполненных с помощью SCIAMACHY в 2002 году. Сегодня такие спутники, как GOSAT, OCO-2 и TROPOMI,

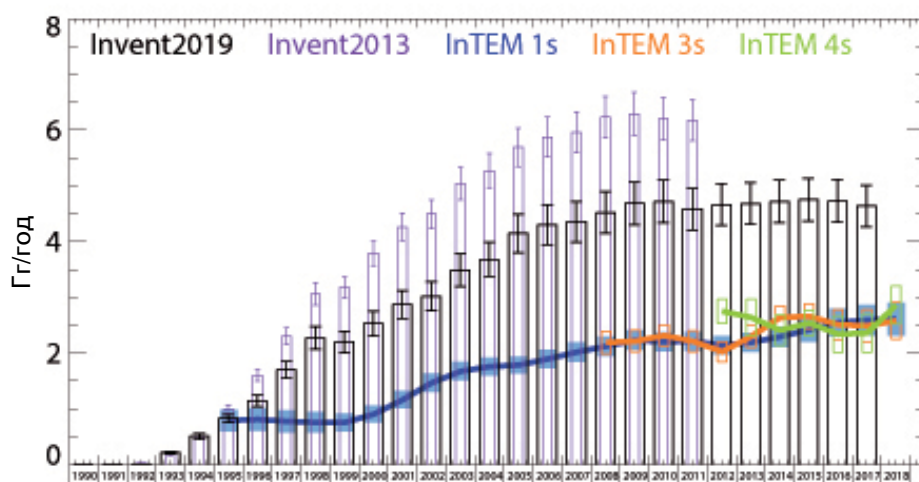


Рисунок 3. Оценки выбросов ГФУ-134а в СК. Величины, включённые в кадастр: фиолетовым цветом показаны выбросы, представленные в 2013 году; чёрным цветом показаны выбросы, представленные в 2019 году. Оценки, полученные в результате обратного моделирования (InTEM): синим цветом показаны оценки, полученные с использованием данных одного пункта наблюдений, оранжевым цветом показаны оценки, полученные с использованием данных трёх пунктов наблюдений, зелёным цветом показаны оценки, полученные с использованием данных четырёх пунктов наблюдений.

обеспечивают наблюдения с точностью, достаточной для того, чтобы ограничить выбросы в больших региональных масштабах. Тем не менее для работы с выбросами в масштабе отдельных стран и проблемных районов потребуются дальнейшее улучшение охвата, разрешения, перечня наблюдаемых газов и точности. КЕОС координирует деятельность, связанную с наблюдениями за системой Земля со спутников, и разрабатывает долгосрочные стратегии их развития. В частности, недавно была определена глобальная архитектура для мониторинга  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ , которая включает мониторинг текущего состояния спутниковых измерений ПГ и опирается на ИГИСПГ как на общую платформу<sup>6</sup>.

- Развивающаяся с течением времени трёхмерная метеорология добилась значительных успехов благодаря улучшению усвоения данных, увеличению вычислительной мощности, более качественному представлению атмосферных процессов и более высокому пространственному разрешению. Например, горизонтальное разрешение оперативных глобальных моделей прогнозирования погоды изменилось с 80 км 20 лет назад до 9–20 км в настоящее время с аналогичным улучшением вертикального разрешения.

- Модели переноса, работа которых обуславливается этими трёхмерными метеорологическими полями, были значительно усовершенствованы благодаря их применению во множестве исследовательских проектов. Теперь они могут использовать больше метеорологических параметров при более высоком пространственном и временном разрешении, чем раньше. Кроме того, были разработаны онлайн-интегрированные модели, которые одновременно и последовательно рассчитывают метеорологические параметры и перенос парниковых газов в рамках одной и той же модели.
- В инверсных моделях, которые объединяют информацию, полученную в результате наблюдений в атмосфере, и выходные данные моделей атмосферного переноса, произошли важные изменения благодаря более эффективному использованию современных алгоритмов, оптимально сочетающих информацию наблюдений в атмосфере со знаниями о распределении выбросов.

## Примеры некоторых стран

### Соединенное Королевство

Для оценки качества выбросов, включённых в национальный кадастр, СК использует полностью независимый метод (описанный в Arnold et al., 2018) для получения оценок своих выбросов ПГ, основанных на

6 CEOS White Paper: «A Constellation Architecture for Monitoring Carbon Dioxide and Methane from Space.»

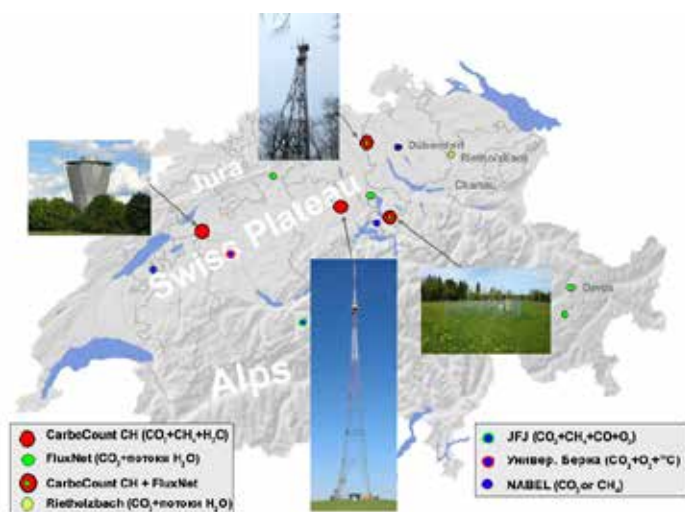


Рисунок 4. Швейцарская сеть измерений CarboCount, созданная в 2012 году для измерения  $CH_4$  и  $CO_2$ . На станции Беромюнстер дополнительные приборы были установлены в 2016 и 2019 годах для измерения  $N_2O$  и синтетических ПГ соответственно. (Источник: Oney et al., 2015).

сочетании наблюдений за атмосферой и обратного моделирования. Результаты ежегодно включаются в НДК СК и направляются в РКИК ООН. СК использует значительные различия в кадастре выбросов и оценках на основе наблюдений для определения компонентов кадастра, которые заслуживают дальнейшего изучения. Сеть пунктов наблюдений СК, называемая UK DECC (получение данных о выбросах, связанных с изменением климата) (Stanley et al., 2018), состоит в основном из высотных башенных телекоммуникационных вышек, оснащённых современным оборудованием для наблюдения. Они измеряют  $CO_2$ ,  $CH_4$ , закись азота ( $N_2O$ ), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы ( $SF_6$ ) и трифторид азота ( $NF_3$ ) с высокой частотой, достоверностью и точностью.

Недавний пример того, как оценки выбросов, полученные на основе наблюдений, использовались для обоснования корректировки традиционной кадастровой оценки, показан на рис. 3. В Докладе о кадастре СК за 2013 год годовые оценки выбросов для ГФУ-134а (фиолетовые столбцы), газа, преимущественно используемого в мобильных системах кондиционирования воздуха и, в меньшей степени, для распыления аэрозолей, неизменно были более чем на 50 % выше, чем оценки, полученные на основе наблюдений (синие и оранжевые столбцы), начиная с 1998 года. Этот результат мотивировал СК поручить отраслевому эксперту пересмотреть оценки выбросов ГФУ-134а в кадастре СК. В итоге кадастровая оценка была пересмотрена и приближена к оценкам, полученным в результате обратного моделирования, что видно по чёрным столбцам на рисунке. Чтобы устранить этот разрыв полностью, многое ещё предстоит сделать.

### Швейцария

В 2012 году Швейцария создала сеть наблюдений за ПГ, которая включила в себя одну высотную башню, дополнительные пункты наблюдений на вершинах гор и менее высотные башни (см. рис. 4, Oney et al., 2015). Вместе с длительным рядом данных наблюдений на высокогорной станции Юнгфрауйох, эти измерения были использованы для оценки выбросов  $CH_4$  в Швейцарии, которые, как было установлено, согласуются с оценками из национального кадастра (Henne et al., 2016). С 2016 года эти оценки ежегодно включаются в Приложении к НДК Швейцарии для РКИК ООН. Установленная согласованность подтверждена для всех лет, рассмотренных к настоящему времени (2013–2017 годы).

Дополнительные измерения  $N_2O$  были организованы в 2016 году, и первая оценка, полученная на основе этих измерений, была опубликована в НДК Швейцарии за 2019 год. Оценка предполагает, что выбросы  $N_2O$ , в отличие от  $CH_4$ , могли быть занижены до 30 %. Однако из-за значительной неопределённости в кадастре и оценках, полученных на основе наблюдений, различие не было статистически значимым, и для подтверждения этих различий потребуются ещё многие годы наблюдений.

Поскольку наблюдения за ГФУ и другими синтетическими ПГ выполняются только на станции Юнгфрауйох, для оценки выбросов ГФУ используется более простой метод межвидовой корреляции, не требующий моделирования атмосферного переноса. Эти оценки также включаются в НДК Швейцарии с 2016 года и демонстрируют в целом согласованность с традиционными цифрами в

кадастре для большинства видов. Чтобы получить более точные оценки для синтетических газов, в августе 2019 года были начаты дополнительные измерения на высотной вышке Беромюнстер (рис. 4).

## Австралия

Австралия включила проверку достоверности данных с использованием атмосферных наблюдений в свой годовой НДК в 2009 году. Выбросы синтетических ПГ (ГФУ, ПФУ и  $SF_6$ ) в юго-восточной части Австралии оцениваются Организацией по научным и промышленным исследованиям для стран Содружества (КСИРО) и Метеорологическим бюро в СК на основе наблюдений за атмосферой, выполняемых на мысе Грим, Тасмания, с использованием методов обратного моделирования и межвидовой корреляции. Выбросы этих синтетических ПГ в юго-восточной части Австралии приводятся к масштабу выбросов для всей Австралии на основе численности населения или видов деятельности.

Сравнение оценок выбросов, полученных на основе атмосферных наблюдений, с выбросами, включёнными в традиционный австралийский кадастр, показало значительные различия для отдельных ГФУ, ПФУ и  $SF_6$ , но суммарные выбросы этих синтетических ПГ по обеим оценкам в целом согласовывались.

В соответствии с рекомендацией МГЭИК ежегодные австралийские КВ ГФУ, начиная с 2006 года, и КВ



Станция на мысе Грим, Тасмания (Источник: Бюро метеорологии).

$SF_6$ , начиная с 2010 года, были скорректированы в соответствии с выбросами ГФУ и  $SF_6$ , оценёнными на основе атмосферных концентраций и трендов, измеренных и выявленных на мысе Грим. В дополнение к уточнению годовых КВ, колебания в выбросах ГФУ, наблюдаемые на мысе Грим, также используются для того, чтобы варьировать составом газов в модели выбросов ГФУ, используемой в кадастре. КВ ПФУ в кадастре до настоящего времени не были скорректированы так, чтобы отразить оценки выбросов ПФУ, полученные на основе данных атмосферных наблюдений. В будущем Австралия планирует использовать наблюдения за ПГ, выполняемые на различных станциях (например, Аспендейл, Виктория) и платформах, таких как исследовательские суда, применяя более целенаправленно методы обратного моделирования и межвидовой корреляции для повышения точности оценок региональных и национальных выбросов, полученных на основе наблюдений.

Поскольку в Руководящих принципах МГЭИК 2006 года не содержится каких-либо рекомендаций по непосредственному использованию оценок выбросов, полученных на основе обратного моделирования, Австралия решила использовать колебания в смоделированных оценках для корректировки годовых показателей выбросов ГФУ и  $SF_6$ . Сильная сторона такого подхода заключается в том, что он позволяет кадастровым оценкам выбросов чётче отражать улучшения в отраслевой практике в части обработки газов, технического обслуживания оборудования и его вывода из эксплуатации.

## Роль ИГИСПГ в получении оценок выбросов на основе наблюдений

Как документ, касающийся составителей кадастров, Уточнение 2019 года к Руководящим принципам МГЭИК не содержит подробных указаний по осуществлению национальной системы измерения и моделирования атмосферы. Вместо этого он содержит ссылки на примеры стран, рекомендации ГСА ВМО по методам наблюдений и План осуществления научной деятельности ИГИСПГ<sup>7</sup>

7 WMO (2019): An Integrated Global Greenhouse Gas Information System (IGGIS) Science Implementation Plan, GAW Report- No. 245

для получения дальнейших рекомендаций. Руководящие принципы МГЭИК 2006 года и Уточнение 2019 года способствуют использованию оценок выбросов, полученных на основе измерений в атмосфере, но при этом сохраняют осторожность в отношении возможных трудностей при реализации такого подхода.

Что касается поиска наиболее эффективного способа использования атмосферных измерений для подготовки оценок выбросов, то в Плане осуществления научной деятельности ИГИСПГ описывается ряд методов, доступных для создания новых и улучшения существующих национальных систем. Запланированные или уже опробованные методы предоставляют рекомендации относительно типа алгоритмов обратного моделирования, моделей атмосферного переноса, выбора мест для наблюдений, а также относительно типа измерительных устройств и того, какие дополнительные параметры можно измерять. Есть также новые, присущие конкретной стране проблемы, с которыми сталкиваются те, кто применяет оценки, полученные на основе атмосферных измерений. Например, существующие рабочие примеры национальных систем созданы в странах, отделённых от соседей океанами или горными хребтами. Возникающие метеорологические инверсии в стране, расположенной с подветренной стороны от мощных источников ПГ, повлекут за собой другие проблемы.

Как сообщество экспертов, ИГИСПГ имеет все возможности для поддержки приобретения и оценки необходимых экспертных знаний, а также для предоставления рекомендаций по преодолению технических трудностей на основе современной науки и опыта национальных групп, которые уже создали рабочие системы. Специалисты, применяющие в своей стране подход на основе наблюдений с целью поддержки в подготовке кадастра парниковых газов, могут связаться с группой ИГИСПГ через её веб-сайт ([ig3is.wmo.int](http://ig3is.wmo.int)). Они получают адресную консультацию с учётом конкретных обстоятельств и условий в их стране.

## Литература

Всемирная метеорологическая организация, 2018: ВМО. Бюллетень по парниковым газам, № 14, 22 ноября 2018. Женева.

Arnold, T. et al., 2018: Inverse modelling of CF<sub>4</sub> and NF<sub>3</sub> emissions in East Asia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18:13305–13320.

Ciais, P. et al., 2010: *Geo Carbon Strategy*. Geneva, GEO Secretariat / Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fraser, P.J. et al., 1983: Global distribution and southern hemispheric trends of atmospheric CCl<sub>3</sub>F. *Nature*, 302:692–695.

Henne, S. et al., 2016: Validation of the Swiss methane emission inventory by atmospheric observations and inverse modelling. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(6):3683–3710.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006: *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme (H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara and K. Tanabe, eds). Hayama, Japan, Institute for Global Environmental Strategies.


— — — 2010: *Expert Meeting on Uncertainty and Validation of Emission Inventories* (H.S. Eggleston, J. Baasansuren, K. Tanabe and N. Srivastava, eds.). Utrecht, the Netherlands, 23–25 March 2010.

— — — 2019 *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (advance publication version, accepted by IPCC).

National Research Council, 2010: *Verifying Greenhouse Gas Emissions: Methods to Support International Climate Agreements*. Washington, DC, The National Academies Press.

Oney, B. et al., 2015: The CarboCount CH sites: Characterization of a dense greenhouse gas observation network. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(19):11147–11164.

Stanley, K.M. et al., 2018: Greenhouse gas measurements from a UK network of tall towers: technical description and first results. *Atmospheric Measurement Techniques*, 11(3):1437–1458.



# Обслуживание, связанное с погодой и климатом, расширение диапазона выбора для государственного и частного секторов

Адриан Перрелз<sup>1</sup>

За последние десятилетия метеорологические и гидрологические службы наблюдают всё более активное участие частного сектора в предоставлении обслуживания, связанного с погодой и климатом (ПКО)<sup>2</sup>, являющееся результатом многих взаимодействующих факторов. Благодаря техническим достижениям в области технологии наблюдений, таким как дистанционное зондирование и снижение себестоимости информационного и измерительного оборудования, появились возможности для более доступных по цене и точных наблюдений. Такая технология стала более многообразной и распространённой (Perrels et al., 2013, Chapter 3; Rogers and Tsirkunov, 2013). Это значит, что в настоящее время Национальные метеорологические и гидрологические службы (НМГС) в значительно меньшей степени являются монополистами в области наблюдений и предоставления основных данных по сравнению с ситуацией до 2000 года.

Тем не менее в большинстве стран НМГС по-прежнему контролируют систему наблюдений. Однако неизбежные технологические изменения в области наблюдений, политических взглядов на объём предоставления государственного обслуживания и тенденций в отношении систем ПКО, работающих на основе принципа широкого участия, могут в значительной степени склонить чашу весов ещё больше в пользу поставщиков обслуживания, представляющих частный сектор. НМГС оказывают сопротивление такому развитию ситуации. Экономическая теория, дающая определение общественных, частных и смешанных товаров и услуг, могла бы помочь определить стратегию на будущее. Влияние политики открытых данных (которую, например, проводит Европейский союз) и других изменений в нормативно-правовом регулировании, вместе с инновациями в области ПКО, также может быть важной частью такой дискуссии.

### Экономическая теория в отношении общественных и частных товаров

В большинстве современных экономических теорий широко распространено предположение о том, что товары и услуги производятся частными

субъектами (предпринимателями), продающими свою продукцию на рынке. Однако существуют убедительные и документально подтверждённые обоснования в пользу того, что определенные виды услуг производятся государственным сектором (например, Picot et al., 2015, Chapter 1).

1. Некоторый отдельно взятый продукт или услуга важны для функционирования общества, тогда как их коммерческое производство невозможно или может привести к негативным последствиям (например, крупное сооружение для защиты от опасных явлений, средства обеспечения внутренней и внешней безопасности или компоненты системы срочной медицинской помощи); в конституциях многих стран есть статьи, обязывающие государство защищать своих граждан от опасных явлений.
2. Производство упомянутых услуг подразумевает так называемую естественную монополию (например, целесообразно построить лишь одно сооружение или сеть, управление которой осуществляется государственным или контролируемым государством поставщиком, чтобы избежать злоупотребления влиянием на рынке посредством высоких цен или социально неоптимального размера сети).
3. Расходы на создание и эксплуатацию сооружения высоки при ограниченной перспективе получения дохода, тогда как использование этого сооружения позволяет получить весомые социальные выгоды (например, дорогостоящие возможности для фундаментальных исследований).
4. Продукт или услуга могут быть предоставлены в значительно меньшем масштабе и/или с меньшей гарантией качества (например, (начальное) образование, общественный транспорт или отдельные компоненты системы медицинской помощи). Это часто называют «стимулом производства общественно полезного товара», то есть можно сказать, что в приведенном выше аргументе (1) упомянутое конституционное обязательство защиты граждан переросло в нечто подобное обязательству по предоставлению базового медицинского обслуживания.

Государства применяют первый аргумент в течение нескольких столетий. Второй и третий аргументы,

1 Профессор-исследователь, Финский метеорологический институт, Финляндия

2 Это включает гидрологическое обслуживание, предупреждения и комплексное обслуживание

как правило, обусловлены появлением промышленно развитых стран, в которых понимают необходимость прилагать больше усилий для поддержки и роста благосостояния общества. Четвёртый аргумент связан с появлением социально ориентированного государства, где признают, что современное общество выигрывает в том случае, если всем гражданам предоставляется возможность достижения или сохранения некоторого минимального уровня благосостояния и благополучия.

Доводы в пользу предоставления ПКО государством можно обнаружить во всех четырёх аргументах. Обслуживание, предоставляемое государственным сектором в области обнаружения опасных явлений и предупреждения о них, относится к первому и третьему аргументам. Создание и эксплуатация сетей наблюдений и связанных с ними комплектов данных обычно следуют из второго и третьего аргументов. При этом предоставление государством ПКО гражданам и различным уязвимым отраслям, таким как сельское хозяйство, обычно основывается на четвёртом аргументе (общественно полезный товар).

Однако не всё ПКО так легко подходит под это определение общественного товара. Часть связанного с погодой обслуживания, бесплатно предоставляемого государством, могла бы также предоставляться по коммерческим каналам, за небольшую плату и/или используя другие бизнес-модели, в которых информация о погоде является дополнением к другим платным услугам (например туристическая или дорожная информация) или обеспечение ресурсами осуществляется на основе рекламы. Подобным образом некоторые сегменты сельского хозяйства могли бы обслуживаться лучше за счёт предоставления платного, но более специализированного обслуживания. Также как никогда растут возможности для наблюдений помимо сетей, находящихся в ведении НМГС, включая с одной стороны (микро)спутники, а с другой — привлечение граждан / использование методов краудсорсинга. Обеспечение ресурсами и бизнес-модели в этих системах принципиально отличаются от обеспечения ресурсами сетей наблюдений НМГС.

Поэтому простого разграничения на товары, произведённые в государственном и частном секторах, недостаточно, и в ПКО следует также учитывать

смешанные товары. В экономике определение общественных, частных и смешанных товаров основано на вариациях по двум параметрам:

- **исключаемость** — степень, в которой поставщик услуги может идентифицировать и исключить (или отделить) пользователей. Чисто общественный товар означает, что пользователей нельзя выделить (и, следовательно, нельзя с каждого отдельно взимать плату);
- **эффект деградации вследствие (интенсивного) использования** — природные государственные ресурсы, такие как озеро, а также многочисленные инфраструктурные системы пострадают из-за снижения качества обслуживания, если одновременный и/или совокупный спрос будет слишком велик. Чисто общественный товар, такой как кольцевая защитная дамба или государственная телепрограмма, не реагирует на интенсивность использования (даже в том случае, когда большая популярность может вызвать политическое давление с целью увеличения объёма предложения).

Товары и услуги, не страдающие (не сильно страдающие) от эффекта деградации, но допускающие возможность исключения, получили название «клубные товары». Это означает, что лишь «члены клуба» имеют доступ к этим товарам или услугам (например после уплаты членских взносов), а в остальном они похожи на общественную услугу (коллективное использование членами). Другой своего рода гибридный случай — это товары и услуги, для которых исключаемость затруднительна или невозможна, тогда как они подвержены деградации из-за (интенсивного) использования. Их называют «совместно используемые ресурсы», имея в виду локальные природные ресурсы, такие как озёра и пастбища, а также созданные человеком системы, например, информационные порталы. На рис. 1 показаны различные типы товаров и услуг.

Следует заметить, что побочные результаты деградации (эффект «перелива») могут быть негативными (то есть будут повышать, а не снижать стоимость товара/услуги), если важную роль играют факторы, касающиеся налаживания систематических связей и репутации. Например, более интенсивное использование конкретных информационных услуг



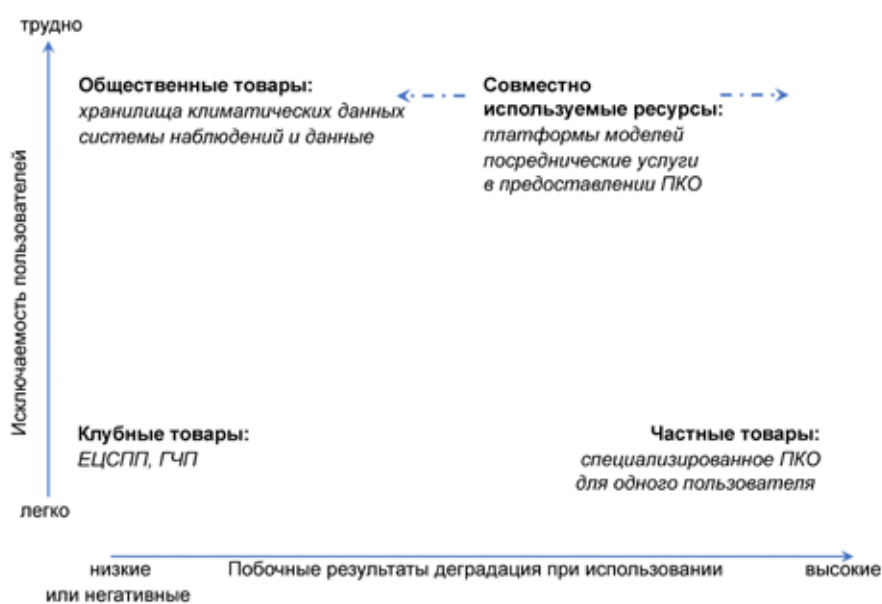


Рисунок 1. Область охвата общественно-частных товаров. ГЧП означает государственно-частное партнёрство

Источник: воспроизведено из Perrels (2018)

способствует росту доверия к ним и их привлекательности для существующих и будущих пользователей. Благодаря этому некоторые «клубы» могут стать ещё более сильными, с другой стороны, в случае с ПКО, совместно используемые ресурсы занимают более гибкую позицию на приведенной на рис. 1 диаграмме. Платформы моделей могли бы реализовывать политику исключаемости, но это является необычным и может противоречить необходимости представления убедительного подтверждения обоснованности моделей. Впрочем, если применение моделей требует поддержки, что происходит довольно часто, интенсивное использование может привести к более частым случаям менее умелого применения моделей. С другой стороны, для посреднических услуг (которые в настоящее время появляются в отношении климатического обслуживания) принцип исключаемости можно несколько легче реализовать, однако эффект деградации может быть слабее.

Важно также осознавать, что эффект деградации при использовании может заключаться не в качестве предоставляемой услуги, а в выгоде, получаемой от её использования. Использование ПКО в значительной мере подразумевает потенциальные выгоды для пользователей, которые обычно уменьшаются с ростом числа конкурентов, пользующихся этим обслуживанием. Это утверждение справедливо по отношению к фермерам, энергетическим компаниям, туристическим агентствам и т. д.

Следует отметить, что в некоторых случаях применяемый тип товара или услуги является результатом политического решения или обусловлен определёнными законодательными принципами, а не результатом характеристик, присущих этому товару или услуге. Например, законодательством может предусматриваться то, что определенные типы услуг должны быть доступны всем гражданам и организациям на безвозмездной основе, или, что никто не может быть лишен доступа к услуге. Это произошло в отношении нескольких видов ПКО в разных странах; в принципе, такие решения можно было бы пересмотреть.

### Ветры перемен

Техническое развитие средств наблюдений применительно к ПКО влечёт за собой растущее разнообразие вариантов выбора источников данных, позволяя находить компромисс при предоставлении обслуживания между оперативным и точным, а также между дешёвым и более адресным обслуживанием, включая выбор обучения для поставщиков и пользователей. В результате для предоставления соответствующего целевому назначению обслуживания необходимы альтернативные бизнес-модели (Rogers and Tsirkunov, 2013). Однако это может быть незнакомо поставщикам из государственного сектора или даже невозможно из-за норм, регламентирующих функционирование рынка.



Рисунок 2. Сегменты цепочки формирования стоимости климатического обслуживания (Источник: Cortekar et al., 2017)

Стремление к открытому доступу к данным, произведённым государственным сектором, носит глобальный характер, даже при том, что страны — члены Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) проявляют тенденцию к достижению более значительного прогресса. Европейский союз с помощью директив «Открытые данные» (бывшая PSI) и INSPIRE и мониторинга их реализации подчёркивает, что осуществление политики открытых данных должно обеспечить реальную возможность и поддержку для использования данных третьими сторонами, представляющими как частный, так и государственный сектор. К этим данным относятся метеорологические данные НМГС, созданные или полученные вследствие выполнения обязательств по предоставлению (базового) обслуживания населению. Чтобы получить значительные выгоды, данные, полученные на основе открытых метеорологических данных, а также многих других данных, в частности, картографических, должны быть в открытом доступе.

Более того, следует уделять больше внимания соответствующим бизнес-моделям, которые подходили бы для различных обстоятельств предоставления

обслуживания, в которых различия между поставщиком и пользователем могут размываться за счёт подходов, предполагающих совместное проектирование и совместное производство. Для этого часто требуются различные формы государственно-частных и государственно-государственных партнёрств (Larosa and Mysiak, 2019; Stegmaier and Perrels, 2019). Поскольку государства — члены Европейского союза различаются по своим национальным правилам относительно степени разграничения (одних и тех же или схожих) услуг, предоставляемых государственным и частным секторами, НМГС и другие организации могут сталкиваться с разными условиями в Европе. Что касается климатического обслуживания, имеются определённые признаки, указывающие на то, что строгое разграничение может помешать разработке продукции (Stegmaier and Perrels, 2019).

Европейский союз в сотрудничестве с Европейским центром среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП), который выступает в качестве принимающей организации, играет важнейшую роль в развитии Службы изменения климата (СЗС) программы «Коперник» и Хранилища климатических данных (CDS) программы «Коперник». Поскольку СЗС и CDS

находятся в открытом доступе и содержат много данных глобального охвата, они дают возможность для глобального сотрудничества и конкуренции в области развития и предоставления климатического обслуживания. Значение таких возможностей для вариантов выбора различных НМГС, особенно в связи с растущим разнообразием спутников и спутниковой продукции, оценить нелегко.

Осуществление политики открытых данных и появление платформ базового климатического обслуживания побуждают многие страны разрабатывать своё собственное специализированное ПКО, нацеленное на конкретные сегменты потребителей, готовых оплачивать специализированные услуги, которые могут принести несомненную пользу. Аналогично этому различные ориентированные на более широкую аудиторию компании, предоставляющие консультационные и экспертные услуги, интегрируют элементы ПКО в свои сферы деятельности, предлагая тем самым своим клиентам, например, более полное комплексное обслуживание по управлению рисками, по сравнению с тем, что мог бы предложить поставщик отдельных услуг в области погоды и климата.

Эти изменения побуждают поставщиков ПКО из государственного сектора оценить свою позицию в цепочках формирования ценности различных сегментов продукции ПКО, в которых они осуществляют свою деятельность (см. рис. 2). Например, для них может быть более эффективным сосредоточиться на первичной и/или промежуточной частях цепочки, а не на её конечной части. Чтобы обеспечить предоставление обслуживания конечным пользователям с максимальной социальной выгодой, поставщикам ПКО из государственного сектора следует более пристально рассмотреть альтернативные государственно-частные партнёрства и подобрать для них модели обеспечения ресурсами (Larosa and Mysiak, 2019; Stegmaier and Perrels, 2019).

## Литература

Всемирная метеорологическая организация, 2015: Оценивая погоду и климат: Экономическая оценка метеорологического и гидрологического обслуживания (ВМО-№ 1153). Женева.

Зиллман, Дж.У. и Дж.У. Фрибайн, 2001: Экономическая основа для предоставления метеорологического обслуживания. Бюллетень ВМО, 50(3):206–215.

Cortekar, J., K. Lamich, J. Otto and P. Pawelek, 2017: Review and Analysis of Climate Services Market Conditions. EU-MACS Deliverable 1.1, [http://eu-macs.eu/wp-content/uploads/2017/07/EU-MACS-D11\\_CLIMATE-SERVICE-MARKET-CONDITIONS.pdf](http://eu-macs.eu/wp-content/uploads/2017/07/EU-MACS-D11_CLIMATE-SERVICE-MARKET-CONDITIONS.pdf).

Larosa, F. and J. Mysiak, Business models for climate services: an analysis. Climate Services (forthcoming), <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2019.100111>.

Perrels, A., 2018: A Structured Analysis of Obstacles to Uptake of Climate Services and Identification of Policies and Measures to Overcome Obstacles so as to Promote Uptake. EU-MACS Deliverable 5.1, [http://eu-macs.eu/wp-content/uploads/2018/12/EUMACS\\_D51\\_final-1.pdf](http://eu-macs.eu/wp-content/uploads/2018/12/EUMACS_D51_final-1.pdf).

Perrels, A., A. Harjanne, V. Nurmi, K. Pilli-Sihvola, Ch. Heyndricx and A. Stahel, 2013: The Contribution of Weather and Climate Service Innovations in Adaptation to Climate Change and its Assessment. Deliverable 2.2, FP7 ToPDAd project, <http://www.topdad.eu/publications>.

Picot, A., M. Florio, N. Grove and J. Kranz, 2015: The Economics of Infrastructure Provisioning: the Changing Role of the State. CES-Ifo Seminar Series, MIT Press.

Rogers, D. and V. Tsirkunov, 2013: Weather and Climate Resilience: Effective Preparedness through National Meteorological and Hydrological Services. Directions in Development. Washington, DC, World Bank, doi:10.1596/978-1-4648-0026-9.

Stegmaier, P. and A. Perrels, 2019: Policy Implications and Recommendations on Promising Business, Resourcing, and Innovation for Climate Services. EU-MACS Deliverable 5.2, [http://eu-macs.eu/wp-content/uploads/2018/12/EU-MACS\\_D52\\_final.pdf](http://eu-macs.eu/wp-content/uploads/2018/12/EU-MACS_D52_final.pdf).

# Поддержка инноваций в ВМО

## Пример Глобального центра поддержки гидрометрии ВМО

Кристоф Мейстер<sup>1</sup> и Флориан Тейчерт<sup>2</sup>

На Восемнадцатом Всемирном метеорологическом конгрессе (Кг-18) была озвучена очевидная и насущная потребность в инновациях для предоставления заинтересованным сторонам более качественного и своевременного обслуживания, связанного с погодой, климатом и водой. Слово «инновация» 58 раз упоминается в отчёте Кг-18 — в 4 раза чаще, чем в отчёте предыдущего Конгресса. В отчёте Кг-18 подчёркивается необходимость поддерживать, стимулировать и форсировать инновации. Однако в отчёте не даётся чёткого определения инноваций применительно к ВМО, как и определения ожиданий Членов. Вместе с тем оба определения крайне важны для эффективной поддержки и реализации «культуры инноваций», за которую выступает Кг-18, а также для того, чтобы добиться пользы, которую инновации могут принести Членам ВМО.

Когда в 2015 году был создан Глобальный центр поддержки гидрометрии ВМО (ГидроХаб ВМО), одной из областей деятельности, которой он должен был заниматься, была инновационная деятельность. Группа из сотрудников Секретариата ВМО и Швейцарского управления по развитию и сотрудничеству (ШУРС) встретила 14 октября 2015 года, чтобы обсудить сложную задачу определения и стимулирования инноваций в области гидрологии в контексте ВМО. Итогом встречи явился инновационный компонент ГидроХаб ВМО, предназначенный для идентификации и тестирования новых механизмов и новых технологий в области гидрометрии<sup>3</sup> и вносящий свой вклад в осуществление стратегии и проектов ВМО. Через два с половиной года после его создания<sup>4</sup> были определены, разработаны и опробованы на

практике важнейшие элементы, необходимые для достижения этих целей. В рамках этого процесса были получены конкретные аналитические оценки, на основе которых можно было бы сформулировать определение инновации применительно к более широкому сообществу ВМО.

### Зачем нужны инновации

Инновация должна быть у всех на повестке дня. Из-за меняющихся потребностей потребителей, новых технологических возможностей и постоянно сокращающегося срока службы продукции поставщики товаров и услуг как в государственном, так и в частном секторах вынуждены пересматривать способ создания и прироста стоимости. Возможность для инновации по всей цепочке создания стоимости имеет жизненно важное значение.

Частный сектор давно признал способность к инновациям как основополагающее требование для устойчивого экономического роста. В своем *Докладе о глобальной конкурентоспособности за 2018 год*<sup>5</sup> Всемирный экономический форум кладёт в основу конкурентоспособности современных экономических систем их способность принимать изменения и наличие в них «инновационной экосистемы», которая даёт возможность для «появления новых идей [...] в виде новых видов продукции и обслуживания»<sup>6</sup>.

ООН также признала необходимость активизировать свои усилия в области инноваций. Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш выпустил стратегию по новым технологиям<sup>7</sup>. Детский фонд ООН (ЮНИСЕФ) и Всемирная продовольственная программа (ВПП) в 2015 году основали Инновационную сеть ООН (ИС ООН) для неформального обмена знаниями и

1 Управляющий директор Консультативной группы по вопросам управления компании BGW AG и член Комитета по инновациям ГидроХаб

2 Секретариат ВМО

3 Под гидрометрией подразумевается измерение компонентов гидрологического цикла, таких как уровень воды, расход воды, осадки и другие

4 Январь 2017 г.

5 [weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2018](https://weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2018)

6 [reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2018/chapter-3-benchmarking-competitiveness-in-the-fourth-industrial-revolution-introducing-the-global-competitiveness-index-4-0/](https://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2018/chapter-3-benchmarking-competitiveness-in-the-fourth-industrial-revolution-introducing-the-global-competitiveness-index-4-0/)

7 [un.org/en/newtechnologies/](https://un.org/en/newtechnologies/)

опытом в области инноваций. Сегодня ИС ООН имеет 65 отделений в более чем 70 странах<sup>8</sup>. Программа развития ООН (ПРООН) создала 60 лабораторий по ускорению развития в 78 странах<sup>9</sup>. В течение нескольких лет Всемирный банк широко использует инновационные лаборатории<sup>10</sup>. Проводится также Всемирный саммит «Искусственный интеллект во благо»<sup>11</sup> Международного союза электросвязи (МСЭ), который призван содействовать использованию искусственного интеллекта в поддержку осуществления Целей в области устойчивого развития.

*Мы те, кто занимается инновациями, вы можете поддержать нас, оптимально используя наши возможности, и помочь установить связи с нужными партнёрами.*

Образовательные и научно-исследовательские учреждения вносят свою лепту в инновационные усилия, способствуя появлению новых разработок, парков инновационных технологий, стартап-компаний и межотраслевых партнёрств. Примером служит Рабочая группа по измерениям и наблюдениям в XXI веке (МОХХИ)<sup>12</sup> Международной ассоциации гидрологических наук (МАГН), являющаяся партнёром ГидроХаба, которая содействует развитию новых технологий в гидрологии.

## Рецепт инноваций

Следуя принципу «спрашивай–учись–делись», ГидроХаб вступил на этот путь, изучая и используя с выгодой для себя опыт других. Задачи инновационных коммерческих компаний не сильно отличаются от задач ВМО, поскольку и те и другие стремятся добиться:

- сокращения периода окупаемости (на рынке) для новых решений;
- чётко организованных процессов с целью сокращения расходов;
- оптимизированных комплексов мероприятий;
- новых способов взаимодействия с потребителями и заинтересованными сторонами

для поддержания долгосрочного успеха (например новые бизнес-модели);

- более быстрого внедрения научно-технических достижений в оперативную деятельность;
- консолидированной инфраструктуры для сокращения расходов;
- новых решений, которые охватывают работу традиционных структурно обособленных подразделений.

Поэтому ВМО должна быть способна опираться на опыт, накопленный в течение нескольких десятков лет в области управления теоретическими и практическими инновациями, и применять подобные методы для практической реализации.

Рецепт и ингредиенты для инноваций в частном секторе понятны<sup>13</sup>: сформулировать стратегию и задачи вместе с заинтересованными сторонами, определить организационные структуры, механизмы финансирования, основные процессы и вспомогательные средства. Как только всё это будет сделано, следует провести оценку, внести коррективы и повторно опробовать.

## Важность инновационной стратегии

Возможности для инноваций огромны, поэтому, учитывая бюджетные ограничения, необходимо привести инновационные приоритеты в соответствие с ожиданиями Членов. Инновационная стратегия, определяющая «кем мы хотим быть» и «где мы хотим действовать», крайне важна для эффективного использования ресурсов.

На интуитивном уровне, кажется, что суть инновации в генерировании новых удачных идей и создании технологий. Но возникает неизбежный риск того, что даже самые лучшие идеи потеряются, если они никогда не превратятся в продукт или услугу, которые может использовать пользователь. Поэтому инновационный процесс должен всегда включать преобразование/тестирование, распространение и масштабирование (рис. 1, стр. 45).

На уровне организации необходимо создать благоприятную обстановку, чтобы генерировать или собирать идеи, которые могут решить глобальные, региональные и местные сложные задачи, стоящие

8 [uninnovation.network/about-us](http://uninnovation.network/about-us)

9 [acceleratorlabs.undp.org/](http://acceleratorlabs.undp.org/)

10 [blogs.worldbank.org/voices/what-are-innovation-labs-and-how-can-they-improve-development-0](http://blogs.worldbank.org/voices/what-are-innovation-labs-and-how-can-they-improve-development-0)

11 [aiforgood.itu.int/](http://aiforgood.itu.int/)

12 Измерения и наблюдения в XXI веке

13 Инновации изучаются больше 80 лет, вероятно, начиная с работы «Капитализм, социализм и демократия», опубликованной в 1942 году Джозефом Шумпите-ром. При управлении современной инновационной деятельностью часто ссылаются на работу Питера Дракера «Инновации и предпринимательство: практика и принципы», опубликованную в 1985 году.



Схема технологического процесса ГидроХаб ВМО: На основе Стратегии ВМО (слева направо) внешние иницирующие факторы приводят в действие процессы обслуживания (оранжевый цвет), которые приносят ощутимые промежуточные и конечные результаты для Членов ВМО. Вспомогательные процессы (зелёный цвет) задействованы для создания и поддержки необходимых знаний, партнёрской сети и финансовых инструментов, чтобы обеспечить благоприятные условия для иноваций.

перед сообществом ВМО. Как только появляется хорошая идея, необходимо придать приоритетное значение её осуществлению, понять и определить подходящие технологии и партнёров, чтобы адаптировать решения для оперативной деятельности. Сразу после испытаний на местах необходимо масштабировать решения для более широкого применения.

Нижеприведенные компоненты, обеспечивающие возможность для иноваций, полезны для управления процессом, начиная от идеи и до получения результата:

- пользующаяся широкой поддержкой и четко сформулированная иновационная стратегия, обеспечивающая согласование целей и вытекающих из них действий;
- подготовленная на основе рекомендаций и соответствующая современным требованиям иновационная дорожная карта, в которой потребности определены, расположены в порядке приоритетности и увязаны с решениями и партнёрами, которые могут ликвидировать пробелы;
- приоритизация деятельности на основе ожидаемых результатов и приемлемые сроки

реализации для обеспечения доступности решений;

- портфель услуг, таких как иновационные задачи или меры для получения прямых и косвенных результатов на местах, систематическая учёба и совершенствование, изменение организационной культуры;
- сеть партнёров из ВМО и других сообществ для выдвижения новаторских идей и реализации решений;
- организационная структура, в которой определены роли, обязанности и чёткие механизмы взаимодействия;
- механизм финансирования для иновационной деятельности и проектов.

Однако даже при наличии всего этого все же нет гарантии, что иновация будет успешной, поскольку иновация в конечном счёте касается людей, знаний и культуры.

## Опыт иноваций в ГидроХаб

Комитет ГидроХаб по иновациям, являющийся надзорным органом, состоящим из представителей международных организаций, государственных, частных и образовательных секторов и



Рисунок 1. Иновационная цепочка создания стоимости

координатора из ШУРС, приступил к работе в конце 2017 года, увязывая ожидания с тем, что реально можно было бы достичь с помощью инновационного компонента. Намерение состояло в том, чтобы создать небольшую, но специализированную группу в рамках ВМО, которая бы стимулировала, поддерживала и облегчала инновационную деятельность в рамках всего гидрометрического сообщества. В целом ключевая задача состояла в том, чтобы обеспечить для Членов реальные и устойчивые результаты.

В течение первых месяцев обсуждений приняли более четкое очертания понятия благоприятной среды и руководящих принципов. Основное внимание уделялось практическому освоению и более широкому применению уже существующих решений, а не добавлению новых решений в уже весьма объемный портфель. Иновационный компонент ГидроХаб должен был в большей степени выполнять функции организатора, чем изобретателя или конструктора.

Определив «кем мы хотим быть», надо было ответить на вопрос «где мы хотим действовать». В Стратегическом плане ГидроХаб определены три стратегические области деятельности — сенсорные технологии и методы мониторинга, управление данными и процессы управления — и сформулированы результаты, ожидаемые от инновационной деятельности.

1. Более активная поддержка инноваций в области гидрометрии и совместного использования данных.
2. Более эффективное сотрудничество между Национальными метеорологическими и гидрологическими службами (НМГС), научным сообществом и частным сектором в области гидрометрических инноваций.
3. Устранение барьеров, препятствующих использованию инновационных технологий НМГС и другими организациями, занимающимися сбором гидрометеорологических данных.

Это свидетельствует о явном сдвиге первоначального акцента с применения различных гаджетов в сторону прагматической поддержки внедрения оперативных технологий для сбора и совместного использования большего количества гидрологических данных.

На основе инновационной стратегии и предписанного подхода к подбору партнёрств инновационный компонент ГидроХаб приступил к разработке и тестированию механизмов и устройств для их систематического применения. Также был разработан план коммуникации, чтобы пояснить, какой вклад внесёт инновационная деятельность ГидроХаб в общую ситуацию в ВМО.

## Конкурсы инноваций ГидроХаб

ГидроХаб использует конкурсы инноваций для решения задач одновременно в нескольких целевых областях: в приглашении к участию в конкурсе называется приоритетная проблема, определённая сообществом ВМО, что инициирует обсуждение и в конечном итоге приводит к появлению нескольких предложений для Иновационного комитета (ИК) относительно того, как решить эту проблему. ИК выбирает одно из решений, и начинается работа по его выполнению. В течение всего процесса ГидроХаб ВМО получает информацию от участников и неуклонно расширяет свою партнёрскую сеть, обеспечивая при этом требуемые результаты работ и отчётные материалы.

Первый конкурс инноваций ГидроХаб был посвящён рассмотрению параметров, касающихся количества пресной воды. Вместо запроса на разработку новой технологии конкурс предписывал демонстрировать существующие технологии, которые могли бы снизить общую стоимость владения для НМГС, и передавать рабочие чертежи местным поставщикам для совместного использования. Это позволило бы местным поставщикам производить, обслуживать и ремонтировать оборудование, создавая рабочие места и обеспечивая доленое владение в наименее развитых странах (НРС) и малых островных развивающихся государствах (МОСРГ).

Выбранное решение объединило технологии с новой бизнес-моделью. Партнёр по выполнению работы — Northern Widget LLC из Миннесоты (США) — получил награду за высокую квалификацию и опыт в этой области, а также за предоставление комплексного решения с открытым исходным кодом, а именно: регистратора телеметрических данных и датчика измерения уровня воды вместе с наставлением по самостоятельному изготовлению и руководством по программированию, которые позволят НМГС воспроизвести это решение без внешней поддержки. Это удовлетворяет ключевому показателю, касающемуся передачи знаний в НМГС наименее развитых стран. Тестовые варианты реализуются в Афганистане и Бутане, что свидетельствует о том, что «пакет внедрения» пригоден для использования.

Несмотря на небольшой вклад в плане технологии, проект в рамках конкурса инноваций показывает, каким образом можно расширить возможности НМГС и уменьшить зависимость от иностранной помощи и технологий.

## Практические семинары по инновациям

Практические семинары ГидроХаб по инновациям, организуемые совместно с такими партнёрами, как МОХХИ-МАГН, также оказались эффективным средством налаживания систематических связей и создания партнёрств. Например, на втором рабочем семинаре по инновациям, состоявшемся в марте в Нью-Йорке, НМГС<sup>14</sup> обсуждали проблемы совершенствования и эксплуатации своих сетей гидрологического мониторинга и напрямую обратились к потенциальным поставщикам решений, объяснив свои потребности и проблемы с технологиями. НМГС затронули следующие основные вопросы.

- Как относиться к тому, что ёмкость батарей в некоторых частях Африки может снижать периодичность технического обслуживания с двух лет до всего лишь восьми месяцев?
- Насколько прочными должны быть жилые здания в регионе ураганов, таком, как Барбадос?
- Как относиться к тому, что доставка и таможенное оформление датчика для ремонта в Европе или Америке могут обходиться дороже самого датчика?
- Как бороться с вандализмом и воровством?
- Что делать, если на физический доступ к гидрологической станции для обслуживания требуется виза?

До семинара исследователи были сосредоточены на технологиях и не обращали внимания на такие детали. Но в контексте рабочего семинара их клиенты, наши коллеги из национальных служб, почувствовали, что имеют возможность начать плодотворный диалог со своими поставщиками и запросили решения, которые лучше подходят для удовлетворения их потребностей.

Известно, что по результатам рабочего семинара, компания Northern Widget решила установить дополнительную панель солнечных батарей, чтобы заряжать батареи регистратора данных, компенсируя низкоёмкие батареи. Оптимизация энергопотребления даёт наглядное представление о необходимости уменьшения размера панелей солнечных батарей с тем, чтобы их можно было спрятать и понизить возможности для вандализма и воровства.

Принимая во внимание, что не все вопросы решены, между сообществами установлена обратная связь, чтобы учиться и совершенствоваться, которая постепенно приведёт к предоставлению продукции и обслуживания более высокого уровня.

## Решение повседневных задач

Инновационный компонент ГидроХаб в настоящее время сосредоточен на том, чтобы назначить контактное лицо для НМГС НРС и МОСРГ с целью непосредственного решения вопросов, вызывающих беспокойство на местах. Ряд национальных служб уже обратились, чтобы поделиться своими проблемами. ГидроХаб нацелен решать эти проблемы инновационным, прагматическим и лишенным бюрократических проволочек способом.

Каждый вид двусторонней деятельности не похож на другие, однако были определены общие механизмы поддержки.

- Инновационная оперативная мера: Конкретная, целенаправленная деятельность по обеспечению кратковременной поддержки для развития текущих инновационных проектов в рамках возможностей ГидроХаб. Обычно обеспечивается консультантом и является небольшой инвестицией с потенциально огромным эффектом.
- Инновационный лагерь: Деятельность в течение двух–пяти дней, которая объединяет внутренних и внешних экспертов для решения конкретной проблемы на месте. Национальные и региональные группы формулируют и финансируют неотложную проблему,

14 Особенно в Аргентине, Гамбии и Танзании



решение которой требует времени и участия внешних экспертов. Далее ГидроХаб обеспечивает помощь для организации, доступ к своей широкой сети экспертов и финансовую поддержку, если возможно, для проведения местного инновационного лагеря.

- Инновация как услуга: ГидроХаб предоставляет инновационные решения для разнообразных пакетов работ в контексте Инициативы ВМО по поддержке стран, Инициативы «Климатические риски и система заблаговременных предупреждений» (КРСЗП), Всемирной системы наблюдений за гидрологическим циклом (ВСНГЦ) ВМО и других инициатив. Примерами могут служить специализированные закупки для недорогих технологий, организация практического семинара для заинтересованных сторон в игровой форме или создание конкретного инструментального программного средства.

Эти формы деятельности с двусторонним влиянием сопровождаются подробной документацией, отражающей накопленный опыт, и авторской разработкой информационной продукции.

Помимо вышеуказанной деятельности ГидроХаб предоставляет инновационную дорожную карту с анализом неудовлетворённых потребностей, тенденций и пробелов. Цель состоит в том, чтобы облегчить планирование и выбор будущей деятельности и довести информацию о целях и мотивации до сведения нынешних и будущих партнёров. И наконец, в инновационном портфеле перечислены успешные, доказавшие свою эффективность решения, которые могут быть запрошены Членами.

Несмотря на то, что подход ГидроХаб к инновациям принёс некоторые обнадеживающие результаты, не вся его структура и деятельность оказались полезными. Область его применения, ограниченная гидрометрией, является сдерживающим фактором для работы с другими областями. Работа с новыми партнёрами из других сообществ рассматривается как выходящая за рамки его области деятельности даже в том случае, когда их знания и квалификация могли бы оказать большое влияние — инновация происходит на границах взаимодействия. Но его успех по поддержке Членов в решении их повседневных задач, а также совершенствование сотрудничества и передачи знаний позволяют рассматривать его как модель, которую можно применять в более широком контексте ВМО.

## Передача опыта в ВМО

ВМО принимает изменения через реформы и реструктуризацию, чтобы способствовать представлению инновационных решений в будущем. Давно устоявшиеся способы осуществления деятельности подвергаются критической оценке и оптимизируются посредством инициатив и проектов.

- Платформа сообщества ВМО<sup>15</sup>, которая консолидирует мониторинг и оценку на основании Стратегического плана ВМО и Профилей Членов, чтобы понять наиболее насущные потребности заинтересованных сторон, а также то, как они соотносятся с потребностями других Членов ВМО.
- Инициатива по поддержке стран (ИРС)<sup>16</sup>, создающая сеть партнёров, профессиональной компетентности и экспертов.
- Открытая консультативная платформа, которая способствует созданию межотраслевых государственных, частных и академических партнёрств.

Идёт процесс смены культур; но времени мало, поскольку международное сообщество срочно нуждается в инновационных подходах для решения текущих глобальных проблем. Переход к подходу на основе системы Земля и открытость для университетской науки и частного сектора даст ВМО новые возможности для синергии в области инноваций и ещё больше повысит потребность в инновационной культуре в рамках ВМО. Всем заинтересованным сторонам необходимо будет освоить экономичные технологии и работать сообща в составе быстро адаптирующихся к новым обстоятельствам групп, которые развиваются и изменяются в соответствии с потребностями Членов. Стимулировать изменения можно за счёт корпоративных инструментов, таких как инструменты, разрабатываемые в рамках Платформы сообщества ВМО, которые способствуют открытости и облегчают взаимодействие.

Мы попытались показать в этой статье, что управление инновациями и последующая инновационная культура являются проверенными средствами для устранения разобщённости и объединения единомышленников, способных обеспечить наилучшие результаты. Поэтому мы ещё раз подчеркиваем необходимость объединиться и начать создавать «культуру инноваций», которая необходима Членам ВМО.

15 <https://community.wmo.int>

16 Инициатива КРСЗП также использует аналогичную парадигму, [www.crews-initiative.org/en](http://www.crews-initiative.org/en)

# Заблаговременные предупреждения о затоплении прибрежной зоны

Вэл Суэйл<sup>1</sup>, Сара Граймс<sup>2</sup>, Пол Пайлон<sup>2</sup>, Рэй Кентерфорд<sup>3</sup>, Кертис Барретт<sup>4</sup> и Юрий Симонов<sup>5</sup>



Затопление прибрежной зоны происходит вдоль уязвимых береговых линий. Сочетание штормового нагона (обычно вызванного тропическими или внетропическими циклонами) и волн с затоплением прибрежной зоны рек при разных состояниях приливов постоянно приводит к большому количеству человеческих жертв. За последние 200 лет по меньшей мере 2,6 миллиона человек утонули вследствие затопления прибрежной зоны, вызванного штормовыми нагонами (Dillee et al., 2005). Однако в большинстве стран с уязвимой береговой линией отмечается увеличение числа населённых пунктов и более активное развитие рыболовства, туризма и другой инфраструктуры в прибрежной зоне, вследствие чего всё больше людей подвергаются опасности. Поэтому затопление прибрежной зоны вызывает всё большее беспокойство.

Изменения происходят также в водосборных бассейнах из-за активной деятельности человека в пойме рек, землепользования и происходящих в результате этого изменений речного стока, которые могут усугубляться океанскими штормовыми нагонами, экстремальными волнами и т. д. Штормовые нагоны часто сопровождаются сильными осадками, в результате чего реки выходят из берегов, ещё больше ухудшая ситуацию с затоплением на местах. Повышение глобального уровня моря также способствует повышению уязвимости.

Эти и другие статистические данные подчёркивают рост угрозы для населения, особенно в прибрежных зонах, указывая на необходимость систем предупреждения о затоплении этих зон, которые надлежащим образом учитывают различные опасные явления и их взаимодействия. Совместная техническая комиссия ВМО/МОК (Межправительственная океанографическая комиссия ЮНЕСКО) по океанографии и морской метеорологии (СКОММ) и Комиссия по гидрологии (КГи) ВМО приняли решение о совместной работе по борьбе с этой угрозой. В 2009 году они инициировали Показательный проект по прогнозированию наводнений в прибрежной зоне (ПППНПЗ) для решения проблем безопасности населения прибрежных зон

и поддержки повышения устойчивости за счёт совершенствования систем прогнозирования и предупреждения о затоплении прибрежных зон в национальном и региональном масштабах.

### **Показательный проект по прогнозированию наводнений в прибрежной зоне**

ПППНПЗ сыграл особую роль в содействии проектированию и развитию комплексной системы оповещения и предупреждения о затоплении прибрежной зоны, вызванном несколькими факторами. Основное внимание уделялось заблаговременному предупреждению в прибрежных зонах и бассейнах, подверженных воздействию тропических циклонов и штормовых нагонов, сильного волнения от удалённых источников, приливов и речных паводков.

Эта инициатива и её подпроекты были направлены на повышение безопасности населения в зоне риска, что является основным приоритетным направлением деятельности ВМО. СКОММ и КГи, совместно с многочисленными экспертами и соответствующими учреждениями прежде всего обеспечивали точный и своевременный прогноз затопления прибрежной зоны исходя из общего набора показателей для уровня воды, взаимодействия с прибрежной речной средой и влияния на уязвимое население. Структура моделирования, наглядно демонстрирующая уровень сложности, который необходим, чтобы отразить локальные опасные явления и их взаимодействия, описывается в плане осуществления ПППНПЗ (WMO, 2017a).

Лишь ограниченное число национальных агентств одновременно используют модели штормового нагона, волнения и гидрологические модели, а также сопряжённые системы прогнозирования в прибрежной зоне, и фактически ни одно из них не находится в развивающихся странах. Следовательно, ПППНПЗ был предназначен, чтобы поддерживать национальные агентства в разработке и оперативном использовании прогностической продукции, а также в установлении связей между ними и программами по борьбе с наводнениями в прибрежной зоне, а также другими соответствующими сообществами пользователей. Это требовало углублённого обучения в области использования этой продукции в различных гидрометеорологических и опасных ситуациях.

1 Министерство окружающей среды и изменения климата Канады

2 Секретариат ВМО

3 Специалист по природным опасным явлениям, Австралия

4 Агентство США по международному развитию

5 Росгидромет

ППНПЗ содействовал разработке и осуществлению обслуживания по предупреждению о затоплении прибрежных зон, связанном с океанографическими и гидрологическими явлениями, возникшими в результате сильных гидрометеорологических бедствий. Цель состояла в том, чтобы использовать и поддерживать надёжную систему прогнозирования, которая помогает принимать решения по борьбе с затоплением прибрежной зоны на национальном уровне, используя следующие рычаги:

- определение национальных и региональных потребностей, особенно потребностей конечных пользователей;
- стимулирование всестороннего участия всех заинтересованных сторон;
- ввод в действие сквозных систем оперативного прогнозирования и предупреждения о затоплении прибрежных зон;
- развитие междисциплинарного сотрудничества между представителями различных научных дисциплин и сообществами пользователей;
- создание коммуникационных платформ для исследователей, прогнозистов и специалистов по обеспечению готовности к бедствиям и ликвидации их последствий, участвующих в мероприятиях по борьбе с затоплением прибрежных зон;
- передача технологий участвующим странам;
- предоставление специализированного обучения операторам, прогнозистам и специалистам по обеспечению готовности к бедствиям и ликвидации их последствий.

## Подпроекты ППНПЗ

Четыре отдельных и разнородных подпроекта были предприняты в Бангладеш (завершён в 2017 году), странах Карибского бассейна (завершён в 2018 году), Индонезии (завершён в 2019 году) и на Фиджи (предполагается завершить в конце 2019 года). В каждом проекте использовался разный комплект механизмов воздействия, что, в сочетании с разными возможностями и разной структурой управления в чрезвычайных ситуациях в указанных странах, сделало эти проекты уникальными. Их успешная работа показала, что комплексная система прогнозирования и предупреждения о затоплении прибрежных зон

может совершенствоваться и координироваться Национальными метеорологическими и гидрологическими службами (НМГС). В окончательных отчётах о подпроектах содержится подробная информация о выполненных работах (WMO, 2017b, 2018, 2019).

## Бангладеш

Побережье Бангладеш подвержено воздействию сильных штормовых нагонов, выходов рек из берегов и приливов. Протяжённый континентальный шельф, мелководная батиметрия, сложная прибрежная морфология и протяжённая береговая полоса между восточным и западным побережьями относятся к числу известных факторов, способствующих возникновению высоких штормовых нагонов большой продолжительности. Ежегодно в этом регионе формируются в среднем пять-шесть тропических циклонов.

Программа развития ООН (ПРООН) назвала Бангладеш самой уязвимой страной в мире в отношении тропических циклонов и вызванных ими штормовых нагонов. Кроме того, на территории страны находятся три крупные речные системы: Брахмапутра, Ганг и Мегхна. Сочетание расходов воды этих крупных речных систем и высоты штормового нагона, которая может достигать более 10 метров относительно среднего уровня моря, может вызвать катастрофическое затопление прибрежной зоны. Поэтому в 2009 году Бангладеш была выбрана в качестве страны осуществления первого подпроекта ППНПЗ по соглашению с Метеорологическим департаментом Бангладеш (МДБ). Финансирование осуществляло Бюро по оказанию помощи другим странам в случае стихийных бедствий Агентства США по международному развитию (ЮСАИД).

Была усовершенствована модель штормового нагона Японского метеорологического агентства (ЯМА) для включения входных данных о волнах и приливах в прогнозирование оценок общего уровня воды. Гидрологические и гидродинамические входные данные по речному расходу были параметризованы для ввода в систему прогнозирования. Информация о циклонах поступала из Регионального специализированного метеорологического центра, Объединённого центра предупреждений о тайфунах и от региональной комплексной системы заблаговременных предупреждений о многих опасных явлениях для Африки и Азии. Использовалась система интеграции Дельфтской системы заблаговременных предупреждений о паводках (СЗПП). Батиметрические

данные, будучи основными входными данными для системы предупреждения, поступали из различных источников, при этом лучшим источником были Военно-морские силы Бангладеш. Данные цифровой модели высотных отметок рельефа чрезвычайно важны для моделирования затопления прибрежной зоны, и для этой цели использовались данные Геодезической службы Бангладеш. Всё это иллюстрирует определённые виды сотрудничества, необходимые на этапах от использования данных до моделирования, и способствует созданию успешной системы прогнозирования затопления прибрежной зоны.

Перед тем как выбрать вариант проектирования сквозной системы заблаговременных предупреждений с учётом воздействий был рассмотрен ряд интеграционных и оперативных требований. Это включало использование в некоторых случаях упрощённого моделирования (например, моделирования расхода воды в реках), чтобы обеспечить режим вычислений, приемлемый для выпуска прогнозов с заблаговременностью, достаточной для эффективного реагирования — по меньшей мере, чтобы выпускать предупреждения с заблаговременностью от 12 до 24 часов. Цель состояла не в изменении каких-либо процедур по обеспечению готовности к бедствиям и ликвидации их последствий, действующих в стране, и не в изменении полномочий, а в совершенствовании и поддержке процесса принятия решений с использованием уже существующих процедур. Намерение состояло в том, чтобы создать систему, которая лучше реагирует на потребности Бангладеш и местных заинтересованных сторон.

С тех пор как эта система была введена в эксплуатацию, число погибших снизилось: 26 — в 2016 году, 2 — в 2017 году, по сравнению с тысячами погибших во время бедствий в 1998 и 2007 годах. Усовершенствованные заблаговременные предупреждения оказали информационную поддержку при принятии решений на местном уровне, обеспечивая таким образом вклад в общий успех Бангладеш в области снижения рисков бедствий, связанных с затоплением прибрежной зоны. В будущем бедствия по-прежнему могут наносить стране урон, но имеются чрезвычайно положительные свидетельства того, что этот подпроект ПППНПЗ оказался успешным. МДБ уже использует эту систему, и недавний пример её использования во время циклона Фани в мае 2019 года показан на рис. 1.

Штормовой нагон (м), вызванный циклоном Фани вдоль побережья Бангладеш

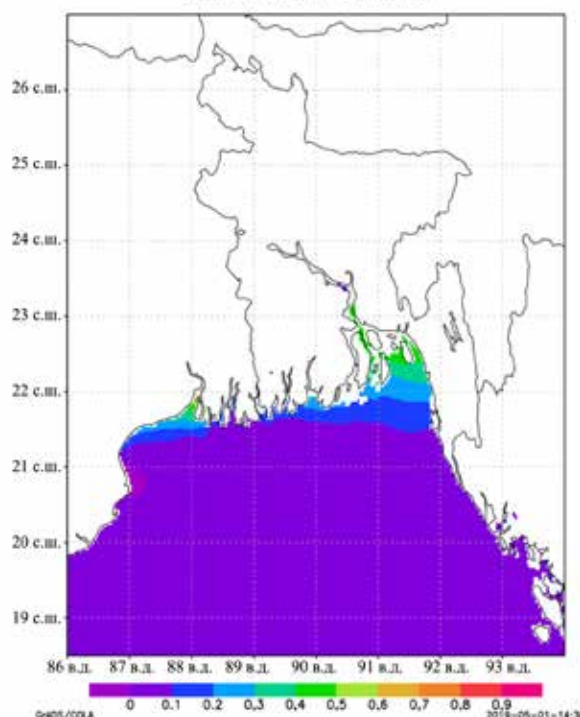


Рисунок 1. Прогнозируемое распространение затопления прибрежной зоны во время циклона Фани 1 мая 2019 года с использованием системы прогнозирования затопления прибрежной зоны, разработанной в рамках подпроекта ПППНПЗ-Бангладеш. Источник: фото любезно предоставлено Камралем Хассаном (МДБ) и Бапоном Фахрутдином (компания «Тонкин Тейлор»).

## Индонезия

С точки зрения затопления прибрежной зоны Индонезия уникальна в плане уязвимости прибрежных населённых пунктов. Располагаясь на архипелаге, страна имеет побережье протяжённостью почти 100 000 км, которое подвержено катастрофическим наводнениям, вызванным рядом опасных явлений, действующих по отдельности или одновременно. К ним относятся высокие приливы, интенсивные осадки, речные паводки, аномалии высоты поверхности моря и океанские волны. Даже едва заметные колебания давления и ветра могут вызвать нагонные волны высотой 0,5 м, которые способны оказать воздействие на низко лежащие участки суши. Ещё одним уникальным и осложняющим фактором в отношении затопления прибрежной зоны в Индонезии является сильное оседание грунта в городских районах, часто — более 25 см в год, в сочетании с всё более интенсивным освоением прибрежных земельных участков. Со временем всё это может повысить уязвимость.

Многие организации сотрудничают в создании успешной системы прогнозирования затопления

прибрежной зоны в Индонезии. Соглашение о реализации подпроекта в Индонезии, подписанное в 2017 году, предусматривало участие пяти министерств/учреждений: Морского метеорологического центра Агентства по метеорологии, климатологии и геофизике (АМКГ), Научно-исследовательского центра по освоению водных ресурсов Министерства сельского хозяйства, Управления по эксплуатации прибрежной зоны и малых островов, Центра геодезического и геодинамического контроля Национального картографического агентства (BIG) и Управления по обеспечению готовности.



Фото: Вэл Суэйл

*Затопление прибрежной зоны города Семаранг, Индонезия, которое нарушило транспортное движение и подтопило здания в городе*

Выходные данные различных прибрежных прогнозных систем интегрировались в рамках Дельфской СЗПП, включая гидродинамическую модель штормового нагона Delft 3D, волновую модель Национального управления США по исследованию океанов и атмосферы (НУОА) WAVEWATCH III, используемую АМКГ для индонезийских прибрежных вод, и ряд других национальных и международных моделей, в том числе модели глобальных приливов и оперативных прогнозов аномалий поверхности моря Австралийского бюро по метеорологии.

Важно отметить, что АМКГ располагает широкими возможностями для прогнозирования и хорошо подготовленным персоналом и процедурами. Это позволяет осуществлять дальнейшее совершенствование системы, а также делать её более устойчивой. Основное финансирование проекта также осуществлялось АМКГ, возможности и потенциал которого значительно расширились в результате

осуществления ПППНПЗ. Подпроект был завершён в январе 2019 года, а в апреле 2019 года была возвращена национальная оперативная программа по прогнозированию затопления прибрежной зоны.

### Страны Карибского бассейна

Каждый год в сезон ураганов (с 1 июня по 30 ноября) тропические циклоны представляют угрозу для Эспаньолы — острова, на котором расположены две страны — Доминиканская Республика и Гаити. С 1851 года в радиусе 300 км от острова наблюдалось свыше 150 тропических циклонов, которые вызывали сильные ветры, высокие штормовые нагоны, большие волны, интенсивные осадки и речные паводки. До подпроекта ПППНПЗ Доминиканская Республика и Гаити не имели информационной продукции, касающейся планирования и обеспечения готовности к штормовому нагону и затоплению прибрежной зоны, которая могла бы содействовать мерам по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Это также относится ко многим другим странам Карибского бассейна.

Что касается разработки и осуществления проекта, Региональный специализированный метеорологический центр ВМО по тропическим циклонам и Национальный центр по ураганам НУОА (НЦУ) внесли основной технический вклад в сотрудничество с Руководящей группой проекта ПППНПЗ и другими партнёрами. Финансирование осуществляло агентство ЮСАИД. Национальная координационная группа включала экспертов, прогнозистов и специалистов по обеспечению готовности к бедствиям и ликвидации их последствий из различных организаций Доминиканской Республики. Гаити принимала участие в мероприятиях и различных совещаниях, так что специалисты этой страны также могли полноценно использовать продукцию, чтобы выпускать предупреждения и влиять на мероприятия по реагированию на чрезвычайные ситуации.

Подход к моделированию прибрежной зоны в рамках Карибского ПППНПЗ отличался от подхода, применявшегося в других подпроектах. Вместо применения затратной по времени вычислений полной модели штормового нагона в реальном времени, сопряжённой с моделью волнения, в подпроекте использовался подход НЦУ в Майами, который можно реализовать на обычном стационарном компьютере. С помощью модели сгонно-нагонных явлений на морях, озёрах и суше, вызванных ураганами (SLOSH), в рамках этого подхода рассчитывались различные категории ураганов и различные траектории движения



Фото: Тихоокеанское сообщество (SPC) 2011 год

*Затопление курортных отелей вдоль Кораллового побережья острова Вити-Леву, вызванное волнами, надвигающимися с юга*

ураганов, которые могли обрушиться на Эспаньолу. С помощью суперкомпьютера рассчитывались все возможные сценарии интенсивности, скорости и направления распространения, общее число которых составляло около 10 тысяч. Расчёты по модели волнения производились с наложением на выходные данные модели штормового нагона, чтобы учесть воздействие волн и подъём уровня воды.

SLOSH позволила рассчитать максимальную зону затопления в результате нагона (maximum envelope of water, MEOW) и получить максимальные оценки размеров этой зоны (MEOWS). Важнейшим элементом стало использование цифровой модели рельефа местности, предоставленной немецким спутником (TanDEM-X) с разрешающей способностью сетки 12 м. Требовалось такое высокое разрешение, поскольку вообще-то были доступны только данные в узлах сетки с низким разрешением, которые не подходили для использования в расчётах по модели штормового нагона. Батиметрические данные были данными однолучевых измерений, которые используются для моделей цунами.

Полученные в результате прогнозы предоставляются почти моментально, обеспечивая больше

времени на подготовку предупреждений и связь со службами по чрезвычайным ситуациям. Такая оперативная система также позволяет корректировать руководящие указания и предупреждения в случае изменений параметров циклона.

Показательный проект был завершён в декабре 2018 года и действовал во время сезона ураганов в Атлантике в 2019 году. Продолжается работа и на пост-демонстрационном этапе с целью установления связей между прогнозами штормового нагона и прогнозами речных паводков; последние будут выпускать Национальный институт гидрологических ресурсов. В рамках этой деятельности также будет рассматриваться воздействие прогнозирования штормового нагона на условия развития речных паводков, преобладающее влияние на которые могут оказывать интенсивные осадки, сопровождающие тропические циклоны.

### Фиджи

Фиджи включает в себя свыше 330 островов Тихого океана, из которых лишь 110 имеют постоянно проживающее население. На двух основных островах — Вити-Леву и Вануа-Леву — проживает 87 % всего населения, насчитывающего почти

850 000 человек. Примерно 75 % населения Фиджи проживает на побережье Вити-Леву.

Из-за своего расположения Фиджи уязвимо к тропическим циклонам. Они могут вызывать опасные и разрушительные штормовые нагоны в местах со значительными мелководными прибрежными зонами (шельфами), особенно на северо-западном побережье Вити-Леву, которые вносят свой вклад в штормовые нагоны в городах Нади и Лаутока. На южном побережье Вити-Леву нет такой шельфовой зоны, и оно не подвержено воздействию штормовых нагонов, вызванных ветром, но находится под влиянием наката ветровых волн, преодолевающих огромное расстояние с юга от Австралии и Новой Зеландии.

Тропические циклоны могут стать причиной продолжительных периодов обильных осадков на Фиджи, вызывая затопление в форме ливневых или речных паводков. Когда случается речной паводок в сочетании со штормовым нагоном, возникающее в связи с этим затопление может быть значительно интенсивнее того, которое могло бы произойти либо отдельно из-за штормового нагона либо отдельно из-за речного паводка. Это подчёркивает важность совместного моделирования штормовых нагонов и речных паводков. Например, это касается Нади — прибрежного города, который может быть подвержен воздействию крупных и разрушительных наводнений, приводящих к гибели людей.

Основное внимание в подпроекте ПППНЗ уделялось главному острову Вити-Леву, в частности двум крупным населённым районам с активной экономической деятельностью — Коралловому побережью на южной оконечности острова и северо-западному побережью в окрестностях Нади. Подпроект финансировался Корейским агентством по международному сотрудничеству и Корейской метеорологической администрацией. В результате осуществления подпроекта на Фиджи была создана система с тремя различными компонентами:

- а) Южное побережье, подверженное затоплению от волн, пришедших издалека
- б) Северо-западное и Северо-восточное побережья, преимущественно подверженные воздействию штормовых нагонов (включая нагоны, вызванные тропическими циклонами)
- в) Затопление прибрежной речной зоны с акцентом в первую очередь на речном бассейне Нади.

Паводок, вызванный волнами, приближающимися к Фиджи с юга, в сочетании с высокими приливами может привести к серьёзному и разрушительному затоплению. Что касается последствий, то на Коралловом побережье находится крупная транспортная магистраль и туристические отели. Вместо того чтобы осуществлять в реальном времени расчёты по комплексной модели волнения с высоким разрешением, прогностическая система получает доступ к результатам нескольких сотен возможных сценариев, касающихся высоты, периода и направления волн. Это позволяет быстро получать результаты и выполнять расчёты на стандартном стационарном компьютере. Оповещения передаются с заблаговременностью 48 часов, а предупреждения выпускаются с заблаговременностью 24 часа. На предоперативном этапе для нескольких серьёзных бедствий были успешно предоставлены заблаговременные и подробные предупреждения для Южного побережья.

Для изучения штормовых нагонов на прибрежных склонах северо-западного и северо-восточного участков Вити-Леву ЯМА использовало модель штормового нагона с особым акцентом на этом острове, но также с охватом всех островов Фиджи. Она используется в демонстрационном режиме с 2018 года и предполагается, что будет полностью введена в эксплуатацию к сезону циклонов 2019/2020 годов.

Река Нади может выйти из берегов относительно быстро, в течение 2–4 часов, после обильных осадков, которые могут сопровождать тропические циклоны и штормы. Для удовлетворения потребности в заблаговременных предупреждениях о речных паводках в рамках подпроекта внедрена система предупреждений о затоплении поймы реки Нади. Для предоставления синоптикам руководящих указаний, основываясь на знаниях экспертов, система использует логику дерева принятия решений с входными данными о наблюдаемых и прогнозируемых осадках, уровне штормового нагона и гидрологических условиях в верхнем течении реки. Эта система позволяет выпускать оповещения и потенциальные предупреждения о возможном затоплении в сложных условиях нагонных явлений на реке.

Все компоненты ПППНЗ для Фиджи были выполнены в предэксплуатационном режиме. Предполагается, что демонстрационный этап, включая переход на полный режим работы, будет завершён к концу 2019 года.



## Последние разработки

ВМО поручила провести независимый обзор (Barrett and Canterford, 2018) ПППНЗП, по результатам которого была дана тщательная оценка инновационной концепции показательного проекта с различными выводами и рекомендациями. Обзор подтвердил, что подпроекты успешно продемонстрировали способность выпускать прогнозы с учётом воздействий и предупреждения о затоплении прибрежных зон при наличии сложных комбинаций механизмов воздействия. Обзор показал, что было бы полезно распространить подходы, использованные в ПППНЗП, на другие уязвимые развивающиеся страны и усовершенствовать их.

Например, подпроект для Фиджи обеспечил отличную модель для применения на других малых островах в южной части Тихого океана, а пример Эспаньолы можно легко адаптировать к другим островам Карибского бассейна. Осуществление подпроекта в Бангладеш можно применить в других странах в районе Бенгальского залива, а исследование в Индонезии, которое сосредоточено на городах Джакарта и Семаранг, можно провести и в других районах Индонезии или соседних странах.

На восемнадцатой сессии Всемирного метеорологического конгресса были одобрены основные результаты и рекомендации обзора, а у ПППНЗП отменён статус «показательный» с целью создания новой программы «Инициатива по прогнозированию наводнений в прибрежной зоне» (ИПНПЗ). Эта инициатива вписывается в концепцию системы заблаговременных предупреждений о многих опасных явлениях (СЗПМОЯ), которая поддерживается в рамках Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий. Таким образом, в рамках этой инициативы будут изыскиваться возможности для взаимодействия, где это возможно, в том числе с процессами заблаговременного предупреждения о цунами.

Успешное завершение ПППНПЗ продемонстрировало ценность разработки систем заблаговременных предупреждений с обеспечением гибкого

подхода, позволяющего учитывать затопление, обусловленное действием различных факторов. За последнее десятилетие целенаправленные усилия Членов, сотрудничающих со своими партнёрами из участвующих стран, а также представителей СКОММ, КГи и многих других экспертов, продемонстрировали полезность инновационной системы заблаговременных предупреждений и значимость междисциплинарного сотрудничества в международном масштабе в целях повышения безопасности населения.

## Литература

Barrett, C. and R. Canterford, 2018: Assessment Report, Coastal Inundation Forecasting Demonstration Project (CIFDP). Geneva, World Meteorological Organization.

Dilley, M., R.S. Chen, U. Deichmann, A.L. Lerner-Lam, M. Arnold, J. Agwe, P. Buys, O. Kjevstad, B. Lyon and G. Yetman, 2005: Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis. Disaster Risk Management Series No. 5. Washington, DC, World Bank.

World Meteorological Organization, 2017a: Coastal Inundation Forecasting Demonstration Project Implementation Plan. Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology Technical Report No. 64. Geneva.

— — —, 2017b: Final Report of the Coastal Inundation Forecasting Demonstration Project (CIFDP) for Bangladesh. Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology Technical Report No. 95. Geneva.

— — —, 2018: Final Report of the Coastal Inundation Forecasting Demonstration Project (CIFDP) for Caribbean. Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology Technical Report No. 96. Geneva.

— — —, 2019: Final Report of the Coastal Inundation Forecasting Demonstration Project (CIFDP) for Indonesia. Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology Technical Report No. 97. Geneva.

# Развитие оперативного прогнозирования погоды под влиянием набора из трёх свойств численных моделей

Жуцун Юй<sup>1</sup>, Цзянь Ли<sup>2</sup> и Пэнцзюнь Цзя<sup>3</sup>

Оперативное прогнозирование погоды достигло своего переломного момента. Не исключено, что его можно изменить коренным образом за счёт набора из трёх свойств численных моделей: «незаменимости», «приблизительности» и «несовершенства». Незаменимость численных моделей является отличительной чертой современного оперативного прогнозирования погоды. Однако почти для всех численных схем характерна приблизительность, а несовершенство численных моделей будет иметь место всегда из-за чрезвычайной сложности системы Земля.

Качества, присущие набору из трёх свойств численных моделей, определяют прогресс в развитии метеорологии, а также будущую основу оперативного прогнозирования погоды. Незаменимость означает, что численная модель имеет возможности и потенциал, чтобы описать эволюцию атмосферы или системы Земля, что является базовым принципом для стратегического плана успешного развития метеорологии. Однако приблизительность и несовершенство показывают, что продукция, полученная непосредственно на основе численного прогноза погоды (ЧПП), содержит неопределённости. Поэтому модернизированный процесс функционирования должен быть сосредоточен на минимизации неизбежных неопределённостей. Приблизительность требует предпринять усилия для повышения точности ЧПП в метеорологических центрах. Несовершенство

подчеркивает, что для моделирования системы Земля необходимо наличие большего числа атрибутов, используемых в исследованиях.

## Новая эра прогнозирования

С конца XX века Национальная академия наук США (НАН) исследует возможности национальных метеорологических служб в деле непрерывного совершенствования прогнозирования погоды и связанных с ним продукции и обслуживания (National Research Council, 1999). В дорожной карте будущего развития НАН подчеркнула необходимость и возможности для непрерывной модернизации. В недавней обзорной статье (Benjamin et al., 2019), в которой прослеживается эволюция прогнозирования за последние 100 лет с разделением их на три периода указано, что следующие 30 лет будут новой эрой. Её особенности будут включать повышение уровня автоматизации процесса прогнозирования и повышение сложности численных прогнозов погодных условий окружающей среды во всех пространственно-временных масштабах.

Заявление на Восемнадцатом Всемирном метеорологическом конгрессе (Кг-18) о том, что в настоящее время ВМО достигла переломного момента в своей истории, согласуется с изложенными выше соображениями. На Кг-18 была одобрена кардинальная реформа управления, которая позволит ВМО стать более интегрированной и готовой действовать в рамках бесшовного подхода на основе системы Земля во всех областях её деятельности — погода, климат, вода и окружающая среда. Поэтому будут иметь место некоторые

1 Китайское метеорологическое управление (КМУ)

2 Центральная государственная лаборатория по исследованию суровой погоды, Китайская академия метеорологических наук

3 Учебный центр КМУ

изменения в области прогнозирования погоды и связанных с ним процессов.

Вопрос о том, можно ли осуществлять прогнозирование погоды на основе научных математических принципов, серьёзно обсуждался более 100 лет назад. Выполненные с тех пор теоретические разработки позволили понять динамику атмосферы и физические процессы, что создаёт основу для численных моделей и вносит существенный вклад в непрерывное совершенствование оперативного ЧПП. На примере эволюции продукции реанализа на рис. 1 показаны климатические летние осадки (1979–2002 гг.), полученные на основе продукции Глобального проекта по климатологии осадков (ГПКО) и различной продукции реанализа для Восточной Азии. Осадки на основе данных реанализа могут отражать способность численных моделей воспроизводить все процессы, связанные с осадками. Как показано на рис. 1, по сравнению с ГПКО, ERA-40 (на основе модели, выпущенной в 2001 г.) в значительной мере недооценивает осадки над Восточной Азией, особенно над юго-восточной

частью Китая. В отличие от неё, ERAIM (модель выпущена в 2006 г.) переоценивает осадки на юго-востоке Китая. ERA5 (2016 г.) достаточно хорошо воспроизводит величину и характер наблюдаемых осадков. Разница между тремя поколениями данных реанализа подчёркивает весьма заметное усовершенствование систем численных моделей за прошедшие годы.

### Качества, присущие численным моделям

Численным моделям присущ набор из трёх свойств — незаменимость, приблизительность и несовершенство. Такие модели незаменимы в современном прогнозировании погоды и будут важнейшим компонентом бесшовных цифровых вычислений в будущем. В соответствии со структурой новой эры, предусматривающей бесшовный подход на основе системы Земля, модели ЧПП близки к обеспечению высокого уровня моделирования системы Земля.

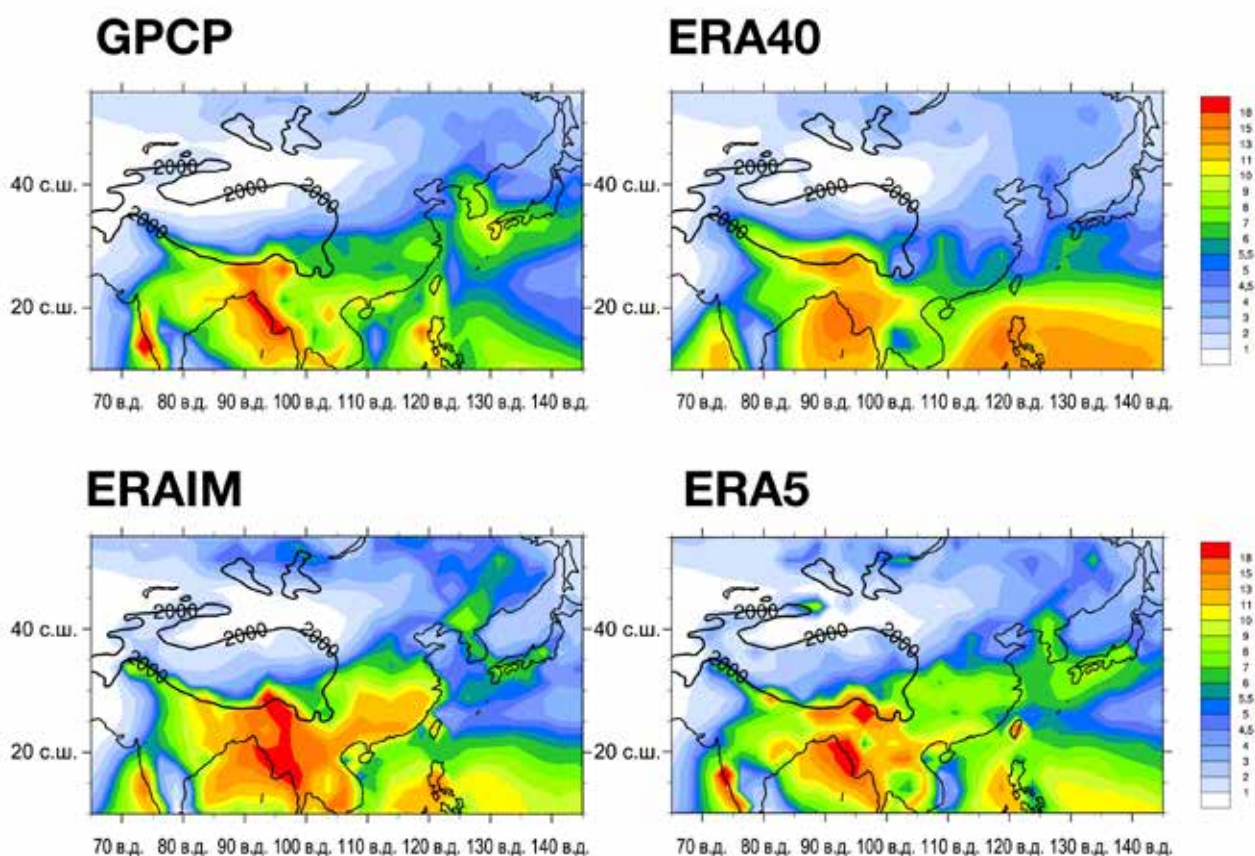


Рисунок 1. Климатические летние (июнь, июль и август) осадки (1979–2002 гг.), полученные на основе продукции ГПКО и на основе различной продукции реанализа (ERA40, ERAIM и ERA5)

Однако система Земля представляет собой сложную иерархию, и, следовательно, её система численных моделей также сложна. Соответственно, приближенность и несовершенство численной модели всегда и везде будут иметь место и приведут к долгосрочным неопределённостям в ЧПП. Такая постоянная неопределённость определяет направление развития метеорологии, а также будущую структуру оперативного прогнозирования погоды.

**Незаменимость.** По мнению Charney (1951), «атмосфера не демонстрирует такой периодичности, которая позволяет прогнозировать погоду таким же способом, которым прогнозируются приливы». Вместо простого набора причинно-следственных связей все атмосферные явления представляют собой результат комплексного влияния сочетания асинхронных, неоднородных и неравновесных факторов. Из-за огромной сложности атмосферных процессов лишь численная модель имеет возможности и потенциал, чтобы исчерпывающим образом охватить многомасштабное и нелинейное внешнее воздействие и описать эволюционирование атмосферы. Поскольку численное моделирование достигло высокого уровня за последние 30 лет, ЧПП, которое ежедневно осуществляется крупными оперативными центрами, несомненно стало преобладающим в процессе прогнозирования. Поэтому незаменимость численной модели стала характерным признаком современного оперативного прогнозирования.

**Приблизительность.** Отправным моментом для численной модели является ряд основных законов, регулирующих динамику атмосферы: второй закон механики Ньютона, первый закон термодинамики и закон сохранения массы. Для хранения и обработки на компьютере необходимо дискретизировать поле непрерывных переменных в уравнениях, описывающих основные законы. Пространственная и временная дискретизация может привести к погрешностям. В численных моделях явным образом учитываются лишь возмущения, превосходящие конкретный, заранее определённый пространственный масштаб. Затем следует оценить влияние процессов более мелкого масштаба на основе состояния модели более крупного масштаба, что называется параметризацией.

Даже для моделей с горизонтальным разрешением в несколько километров многие процессы, включая

микрофизику облаков, лучистый перенос, турбулентность и мелкие кучевые облака, ещё предстоит параметризовать. А параметризация всегда даёт большие погрешности. Например, изменение фазы влажности, являющееся ключевым процессом для большей части метеорологических и климатических явлений, параметризуется, что приводит к большим погрешностям в моделях.

Чтобы описать изменение фазы влажности и его воздействий, необходимо привлечь многие процессы, такие как поверхностный поток, конвекция кучевых облаков, микрофизика облаков и радиация. Из-за сложности и ограниченных знаний процессы, связанные с влагой, такие как облачность и обратные связи, остаются самым значительным источником неопределённостей в моделях. Помимо самой модели, первоначальное состояние модели также включает отклонения от данных наблюдений. В итоге следует отметить, что приближенность характерна для численной модели и численного прогнозирования.

**Несовершенство.** На атмосферу существенное влияние оказывают другие компоненты системы Земля. Океаны, криосфера, поверхность суши, гидрология, состав атмосферы и экосистемы — все они оказывают значительное влияние на прогноз погоды. Некоторые взаимодействия между компонентами окружающей среды включались в системы численного прогнозирования в течение нескольких десятилетий. На фоне успехов в области моделей атмосферы было охвачено больше процессов взаимодействия между различными компонентами системы Земля и проанализировано больше деталей этих процессов.

Модель системы Земля является попыткой охватить всё, что известно об этой системе, включая атмосферу, биосферу, геосферу, гидросферу и криосферу наряду со всеми взаимосвязями и обратными связями между ними. Однако современное понимание взаимодействий между различными компонентами является далеко не полным. Многие важные процессы пока что отсутствуют в системах моделей. Более того, наряду с усовершенствованием численных моделей быстро выросла потребность в описании взаимодействий. Например, после перехода к разрешению конвективного масштаба становится всё более важным включать реалистическое отображение влияния

больших городов для обеспечения надёжных прогнозов температуры и осадков. Несовершенство численных моделей связано с чрезвычайной сложностью эволюционирования системы Земля в различных масштабах.

### Новая структура оперативного прогнозирования погоды

Структура оперативного прогнозирования погоды должна совершенствоваться и пересматриваться. Благодаря своей незаменимости численная модель системы Земля, несомненно, станет основой оперативного прогнозирования в грядущую бесшовную эпоху. Непрерывные исследования и разработки являются единственным способом преодолеть приблизительность и несовершенство численных моделей. Три свойства численных моделей выдвигают на первый план роль исследований во всех начинаниях в области метеорологии. Как показано на рис. 2, новую структуру оперативного прогнозирования погоды можно разделить на 4 секции.



Рисунок 2. Новая структура оперативного прогнозирования погоды

**Стратегическая схема: на пути к структуре совершенного, бесшовного моделирования системы Земля.** В нижней четверти рис. 2 незаменимость численной модели определяет стратегическую схему будущего оперативного прогнозирования: создание надёжной бесшовной структуры моделирования системы Земля и наиболее эффективное и объективное использование выходных данных

моделей. Это основной принцип организации научных исследований, технических разработок и выполнения рабочих задач. В правой и левой четвертях рис. 2 размещены элементы для усовершенствования современных систем численных моделей, которые нацелены на обеспечение точности и совершенства. В верхней четверти показаны усилия, предпринимаемые для оптимизации результатов ЧПП, наряду с признанием неопределённости.

**Наращивание потенциала для повышения точности моделей.** В правой четверти рис. 2 показана необходимость повышения точности системы моделей, а также разработки более точного и эффективного математического выражения и численных методов. Необходимо увеличить пространственно-временное разрешение, проводить фундаментальные метеорологические исследования физических и химических процессов и разрабатывать более надёжные методы усвоения данных. Учитывая новые потребности в бесшовном прогнозировании, следует разработать и провести инновационную и более точную оценку, чтобы понять и выявить источник погрешностей в системе моделей. В то же время следует планировать и проводить больше полевых исследований, чтобы лучше понять ключевые динамические и физические процессы в атмосфере и повысить эффективность моделей. Например, в Китае проведены два эксперимента — Третий эксперимент по исследованию атмосферы Тибетского плато (TIPEX-III) (Zhao et al., 2018) и Эксперимент по исследованию муссонных осадков на юге Китая (SCMREX) (Luo et al., 2017).

Оперативная система ЧПП также должна быть усовершенствована для повышения точности прогнозов. Например, в краткосрочном прогнозировании следует использовать региональные модели высокого разрешения с обработкой в явной форме мезомасштабных процессов. В этом пространственно-временном масштабе основное внимание уделяется циклу быстрого обновления и вовлечению мелкомасштабного внешнего воздействия, такого как сложные городские или горные границы.

**Наращивание потенциала для совершенствования компонентов системы Земля.** В левой четверти рис. 2 показана необходимость дальнейшего

совершенствования компонентов системы Земля. Следует проанализировать взаимодействие между различными подсистемами. Необходимо изучить метод эффективного соединения всех компонентов, а также разработать методы усвоения такого соединения для оптимального сочетания имеющихся наблюдений за всей системой Земля. Чтобы развивать научные знания о климате и системе Земля, необходимо задействовать и осуществлять долгосрочные, непрерывные, стереоскопические и комплексные наблюдения за основными компонентами (атмосфера, гидросфера, криосфера, поверхность суши и биосфера) и взаимодействиями между ними.

Китайское метеорологическое управление (КМУ) выбрало пять обсерваторий с «хорошей климатической репрезентативностью, полным комплектом данных исторических наблюдений и базовыми условиями на станциях наблюдений, удовлетворяющими современным требованиям» для проведения пробного эксперимента в национальных климатических обсерваториях, начиная с 2006 года. В 2019 году КМУ создало 24 национальные климатические обсерватории для выполнения непрерывных наблюдений за системой Земля. Эти 24 обсерватории охватывают обычные типы подстилающей поверхности, такие как пастбища, леса, сельхозугодья, горы, водно-болотные угодья, пустыни, моря, озёра и городские территории, и представляют метеорологические и климатические характеристики 16 ключевых зон климатической системы в Китае. Долгосрочные наблюдения на этих станциях будут способствовать изучению обмена массой, влагой и энергией и их взаимодействия в системе Земля, а также обеспечат надёжные показатели для оценки системы сопряжённых моделей.

Модель системы Земля должна целиком использоваться для полного бесшовного прогнозирования погоды и окружающей среды. По мере увеличения разрешения модели будет охвачено больше характеристик океана, морского льда и поверхности суши, к тому же следует охватить и должным образом воспроизвести значительно более широкий спектр химических и биологических процессов.

**Работа в реальном времени: понимание неопределённостей в продукции и создание объективных**

**алгоритмов и корректировок.** Оперативное прогнозирование в реальном времени будет сосредоточено на неопределённостях численной системы прогнозирования в соответствии с верхней четвертью рис. 2. Во-первых, необходимо улучшить научное понимание мелкомасштабных метеорологических и климатических характеристик на основе бесшовного подхода. Во-вторых, необходимо разработать точные показатели для оценки поведения ключевых моделей и основных процессов и для понимания неопределённостей. В-третьих, на основе углублённой оценки необходимо эффективно использовать большие данные и инновационные интеллектуальные автоматические методы для объективной корректировки продукции численной системы прогнозирования. С помощью самых современных методов проверки и корректировки прогнозист может минимизировать неопределённости существующей системы численных моделей и предоставлять высококачественный прогноз.

В качестве примера на рис. 3 показан прогноз сильных осадков над северной окраиной Сычуаньского бассейна (на юго-западе Китая). Сравнение между распределением в период до лета (май-июнь) среднесуточных осадков, полученных на основе Объединённого анализа осадков в Китае (ОАОК) (рис. 3а) и суточным прогнозом (12–36 ч) ЕЦСПП (рис. 3б), показывает, что прогноз по модели в целом воспроизводит очаги сильных осадков над юго-западной частью Китая. Местоположение и размеры очагов осадков в целевом районе сопоставимы (отмечено чёрными пунктирными линиями на рис. 3).

Однако при рассмотрении характеристик осадков в суб-суточном масштабе в прогнозе по модели обнаружены очевидные погрешности. Для суточного хода сильных осадков (с интенсивностью в пиковые часы более 5 мм за 3 часа) по модели час пик наступает на 3 часа раньше по сравнению с наблюдениями (рис. 3в). Что касается распределения количества осадков разной интенсивности, модель склонна переоценивать (недооценивать) накопленное количество слабых (сильных) осадков (рис. 3г). Основываясь на признании погрешностей модели, в суб-суточном масштабе можно установить взаимосвязи (суточный цикл и структура интенсивности) между выходными данными модели и наблюдениями. Используя

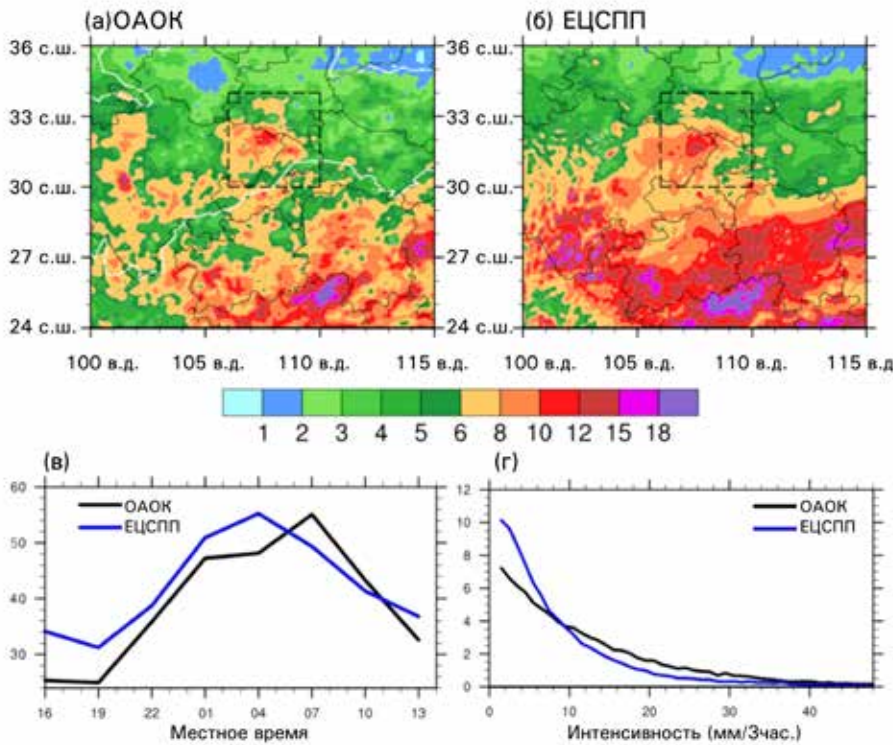


Рисунок 3. Средняя величина среднесуточных осадков (мм/сутки) в западной части Китая за период май-июнь 2019 г. по данным наблюдений (а) и прогнозу на 12–36 ч на основе модели Комплексной прогностической системы ЕЦСПП (б). Целевой район над северной окраиной Сычуаньского бассейна отмечен чёрной пунктирной линией. Региональные осреднённые кривые суточного хода сильных осадков (с интенсивностью в пиковые часы больше 5 мм за 3 часа) по данным наблюдений (чёрная линия) и прогнозу на основе модели (синяя линия) (в). Процентная доля региональных осреднённых суммарных осадков, распределённых на основе разной интенсивности по данным наблюдений (чёрная линия) и прогнозу на основе модели (синяя линия) (г).

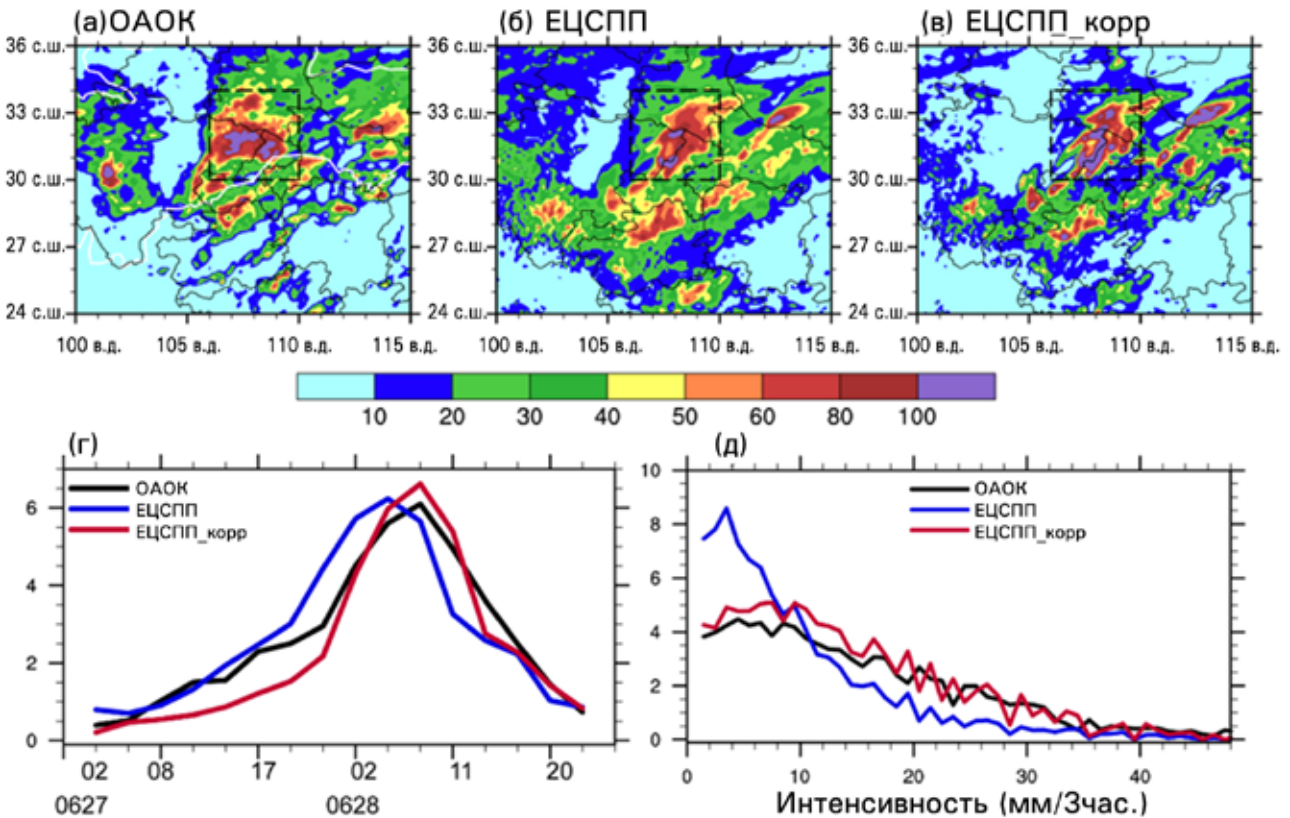


Рисунок 4. Распределение наблюдаемых (а), спрогнозированных на основе модели (б) и спрогнозированных на основе модели и скорректированных сильных осадков (в), выпавших в период с 02:00 по местному времени 27 июня 2019 года до 23:00 по местному времени 28 июня 2019 года. Развитие региональных осреднённых осадков во времени в период сильных осадков по данным наблюдений (чёрная линия), прогнозу ЕЦСПП (синяя линия) и прогнозу ЕЦСПП после корректировки (красная линия), (д) то же, что и (г) только для количества выпавших региональных средних осадков разной интенсивности.

эти взаимосвязи, можно в два этапа провести корректировку выходных данных модели для конкретного случая сильных осадков: во-первых, развитие осадков во времени по модели следует отложить на 3 часа относительно момента начала сильных осадков в 2:00 по местному времени (МВ) 27 июня 2019 года; во-вторых, распределение количества осадков разной интенсивности в выходных данных модели за каждые три часа следует подкорректировать.

На рис. 4 первоначальный прогноз на основе модели ЕЦСПП и скорректированные результаты прогноза сравниваются с данными наблюдений за сильными осадками в целевом районе. Можно видеть, что за счёт уменьшения доли слабых осадков эти слабые осадки возле очага сильных осадков частично исключаются, а в крупных очагах осадки усиливаются. В суб-суточном временном масштабе также отмечается, что скорректированное время пика согласуется с данными наблюдений (рис. 4г). Региональное распределение осреднённых осадков различной интенсивности (рис. 4д) после корректировки (красная линия) является более реалистичным по сравнению с первоначальными результатами модели (синяя линия).

## Перспективы

На основе углублённого понимания качеств, присущих численным моделям (набор из трёх свойств), предложена стратегия оперативного прогнозирования погоды для грядущей новой эры. Благодаря своей незаменимости численные модели занимают ключевое положение в системах оперативной деятельности.

Для устранения неопределённостей, присущих модели, необходимо действовать в трёх направлениях. Чтобы уменьшить приблизительность, следует повысить точность системы моделей с учётом крупных погрешностей моделирования и прогнозирования. Для преодоления несовершенства следует признать, понять и должным образом охватить в системе моделей новые ключевые процессы в климатической системе или системе

Земля. Для наиболее эффективного использования незаменимых самых современных численных моделей их результаты должны быть тщательно оценены и скорректированы в соответствии с присущими им отклонениями. Эти три направления тесно связаны между собой и имеют единое ядро исследований, что является ключевым фактором для целенаправленного развития оперативного прогнозирования.

## Выражение признательности

Выражаем благодарность Чжану Вэньцзяню, Паоло Рути, Чжоу Хэну, Сюю Сяньхуа и На Сяодань за полезные отзывы относительно оригинала статьи.

## Литература

Benjamin, S.G., J.M. Brown, G. Brunet, P. Lynch, K. Saito and T.W. Schlatter, 2019: 100 years of progress in forecasting and NWP applications. In: *A Century of Progress in Atmospheric and Related Sciences: Celebrating the American Meteorological Society Centennial*, Meteorological Monographs, Vol. 59. Boston, American Meteorological Society.

Charney, J.G., 1951: Dynamic forecasting by numerical process. In: *Compendium of Meteorology* (T.F. Malone, ed.). Boston, American Meteorological Society.

Luo, Y., R. Zhang, Q. Wan, et al., 2017: The Southern China Monsoon Rainfall Experiment (SCMREX). *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(5):999–1013.

National Research Council, 1999: *A Vision for the National Weather Service: Road Map for the Future*. National Academies Press.

Zhao, P., X. Xu, F. Chen, et al. (2018): The third atmospheric scientific experiment for understanding the Earth–atmosphere coupled system over the Tibetan Plateau and its effects. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 99(4):757–776.



# Руководящие указания по методам наукастинга. Резюме

Франциска Шмид<sup>1</sup>, Юн Ван<sup>1</sup> и Абдулае Хароу<sup>2</sup>

Международная целевая экспертная группа по наукастингу разработала *The Guidelines for Nowcasting Techniques* (Руководящие указания по методам наукастинга) (WMO, 2017), чтобы придать импульс процессу развития расширенной интегрированной и бесшовной Системы обработки данных и прогнозирования ВМО (СОДП). Цель Руководящих указаний заключается в том, чтобы оказать помощь Национальным метеорологическим и гидрологическим службам (НМГС) путём предоставления ресурсов и понимания текущего состояния науки и техники. В данной статье кратко изложены эти руководящие указания.

Кейт Браунинг первой определила наукастинг в 1981 году как «подробное описание текущего состояния погоды и прогноз изменений, которые могут произойти в ближайшие несколько часов». В 2010 году Рабочая группа ВМО по изучению наукастинга определила наукастинг как прогнозирование с учётом местных особенностей любым методом на срок от текущего момента до 6 часов, включая подробное описание текущей погоды. Именно это определение используется в данной статье.

Наукастинг обычно применим к погоде, которая наблюдается в мезомасштабе и локальных масштабах в течение очень кратковременных периодов. Поэтому особое внимание уделяется удовлетворению потребности в оперативно обновляемых наблюдениях высокого разрешения, например за грозами, торнадо, градом, интенсивными осадками, сильным ветром, видимостью (туманом) и разными типами зимних осадков. Для квалифицированного прогнозиста-специалиста по наукастингу требуется комплексная система отображения данных, которая содержит данные наблюдений, полученные с помощью различных приборов и датчиков, на одном и том же дисплее и с одним и тем же шагом сетки для каждого комплекта данных. Виды наблюдений включают наблюдения с помощью радиолокаторов, спутников, сети обнаружения молний, приземных станций, профилометров ветра и радиозондов. Во время погодных явлений со значительными воздействиями и последствиями прогнозистам следует проводить непрерывный мониторинг

самых последних наблюдений посредством часто обновляемых комплексных дисплеев. Помимо наблюдений высокого разрешения, на этом же дисплее должны отображаться результаты анализа численного прогнозирования погоды (ЧПП), а также прогностические поля и продукция систем наукастинга.

## Наблюдения и методы наукастинга

Несмотря на то, что для целей наукастинга важны приземные и аэрологические наблюдения, лишь системы дистанционного зондирования могут адекватным образом обеспечить пространственный охват с высоким разрешением. Современные методы наукастинга существуют в развитых странах, где радиолокационные системы отличаются высоким качеством и надёжностью. Однако в менее развитых странах и отдалённых районах необходимые для наукастинга оперативные радиолокационные системы отсутствуют.

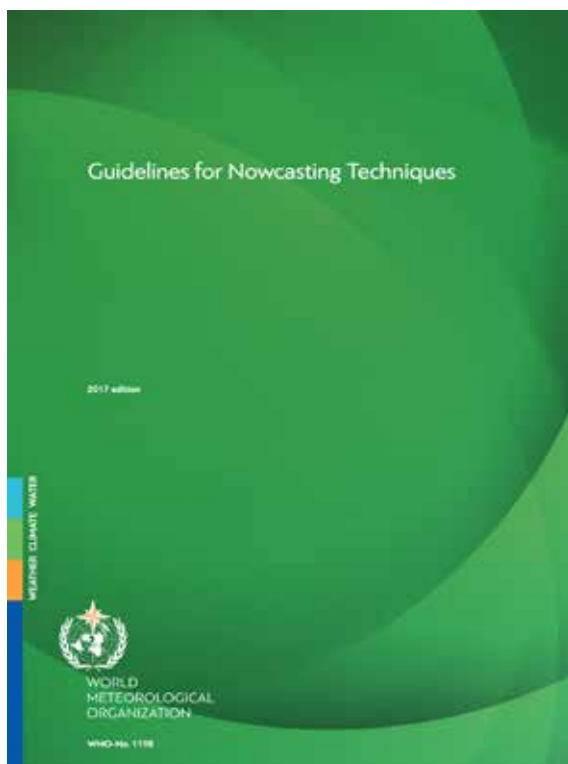
Метеорологические радиолокационные системы являются наиболее важными инструментами для наукастинга, особенно для конвективных метеорологических явлений. Однако эти инструменты являются самыми дорогими и сложными, а также трудными для обслуживания. Радиолокационные системы имеют преимущества над всеми другими системами наблюдений, когда речь идёт о наукастинге явления, связанного с осадками, поскольку они ведут непосредственное наблюдение за частицами осадков в трёх измерениях на большой площади с частотой обновления данных в несколько минут. При дальности действия радиолокатора менее 60 км разрешение осадков составляет менее 1 км. Это позволяет: а) оценить интенсивность и количество дождевых осадков; б) наблюдать трёхмерную (3-D) структуру шторма, что оказалось полезным для оценки его интенсивности и в) получать данные о движении штормов, что является основным фактором для наукастинга. С появлением возможностей, которыми располагают доплеровские радиолокаторы, можно измерять параметры ветра. Это оказалось особенно ценным для выпуска предупреждений о торнадо, микропорывах и других типах ветра разрушительной силы. При дальнейшем использовании двойной поляризации (передача и получение

1 Центральный институт метеорологии и гидродинамики (ЦИМГ), Австрия

2 Секретариат ВМО

двух форм волн с разной поляризацией) можно различать тип частиц осадков (дождь, снег или град) и определять эхосигналы, не связанные с осадками, как, например, эхосигналы, связанные с насекомыми и эхосигналы от земной поверхности. Это особенно полезно для контроля качества данных, определения типа осадков и повышения точности оценок осадков.

Во многих регионах мира наземные метеорологические станции размещены на большом расстоянии друг от друга и/или не отличаются высоким качеством. Существующие станции могут быть неправильно размещены (не в соответствии со стандартами ВМО), обслуживаться не должным образом и иметь ограниченные средства связи, которые служат для мониторинга в реальном времени. В развивающихся странах недостаток ресурсов для приобретения и развёртывания приборов и отсутствие обучения персонала местной метеорологической службы по надлежащему размещению, калибровке и обслуживанию оборудования усугубляют проблемы некачественных наблюдений. Из-за относительной дороговизны имеющихся в продаже метеорологических приборов вышедшее из строя или украденное оборудование часто не заменяется. В результате метеорологические наблюдения в важнейших регионах отсутствуют.



*The Guidelines for Nowcasting Techniques (Руководящие указания по методам наукастинга) были опубликованы ВМО в 2017 году и доступны онлайн: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3795](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3795)*

В этих слабо охваченных наблюдениями районах развёрнута международная инициатива по разработке и размещению недорогого метеорологического оборудования. Цель состоит в том, чтобы предоставить оборудование метеорологическим службам в развивающихся странах с тем, чтобы они могли создавать, размещать и обслуживать свою собственную наземную сеть наблюдений. Оборудование разработано с использованием инновационных и недорогих технологий, таких как 3-D принтеры, небольшие и недорогие вычислительные системы (например, Raspberry Pi) и беспроводная связь. Если станция приходит в негодность или выходит из строя датчик, он может быть заменён с низкими затратами, используя конструкции 3-D принтера. С появлением Интернета, беспроводной связи, мобильных телефонов и более быстродействующих компьютеров была разработана технология оперативной передачи данных наземных станций.

Существуют различные методы наукастинга, которые варьируются от простой экстраполяции радиолокационного эха осадков или движущихся шлейфов облаков, наблюдаемых со спутника, до сложнейших систем, которые сочетают результаты выявления специфических особенностей и алгоритмы наукастинга с оперативно обновляемыми комплексными дисплеями, отображающими данные наблюдений и результаты ЧПП. Временный характер и более мелкий масштаб некоторых типов метеорологических явлений (например торнадо и микропорывов) обычно определяют тип методов наукастинга, которые можно применить для предупреждений об опасных явлениях погоды; в этом случае часто используются методы простой экстраполяции. (Для метеорологических явлений большего временного масштаба и большей пространственной протяжённости разработаны системы наукастинга, использующие данные наблюдений в сочетании с численными прогнозами погоды, чтобы увеличить заблаговременность наукастинга до 6 часов.)

Для экспертной системы наукастинга гроз можно использовать: а) спутник для мониторинга линий кучевых облаков (линии конвергенции) и их роста; б) радиолокатор для распознавания гроз, их интенсивности и движения, а также местоположения и движения линий конвергенции в пограничном слое; в) молнию и тенденцию молнии служить в качестве источника информации относительно местоположения гроз, а также их эволюции, наблюдение которой с помощью радиолокатора не обеспечивается; г) температуру, влажность и ветры в верхней атмосфере для получения вертикальных профилей сдвига ветра и его устойчивости, чтобы

оценить тип потенциального шторма и е) наземные станции для мониторинга потенциальных изменений устойчивости атмосферы. Во многих местах мира наблюдения ограничены, поэтому возможности для наукастинга конкретных явлений в значительной степени варьируются.

Количественный наукастинг дождевых осадков основан на экстраполяции поля наблюдаемых осадков на определённые моменты времени в будущем. Адвекция, используемая для наукастинга, основана на видимом движении, анализ которого выполнен с использованием самых последних радиолокационных изображений. Обычно адвекция оценивается с помощью метода кросс-корреляции или оптического потока, в котором используются тайлы размером 20–40 км. Этот метод, используемый для адвекции изображения на определённые моменты в будущем, обычно требует оценки адвекции в каждом пикселе поля. Требуется определённая форма интерполяции для распространения оценок адвекции с отдельных тайлов на всё изображение. Алгоритмы экстраполяции сначала выявляют штормы в качестве объектов текущего радиолокационного сканирования, а затем отслеживают движение шторма, выявляя тот же самый объект в последующих сеансах сканирования. Этот метод, называемый отслеживанием ячеек, подходит для идентификации и отслеживания сильных конвективных штормов. Обычно полученные данные используются в качестве входных параметров в системы, которые создают предупреждения об опасных явлениях, связанных с сильной конвекцией: крупный град, ветер разрушительной силы, интенсивные дождевые осадки и молния.

Очень желательно наличие автоматизированных средств и систем, учитывая сверхкороткие временные периоды, связанные с наукастингом. По всему миру используются автоматизированные системы наукастинга для экстраполяции осадков и сильных бурь. Другие средства наукастинга используются для быстрого обнаружения трендов в характеристиках бурь, таких как интенсивность, размер и перемещение. Многие из этих средств оказались особенно успешными для выпуска предупреждений, например о микропорывах, мезоциклонах и накоплении интенсивных осадков. Пользователям систем наукастинга часто требуется информация в реальном времени для целевых приложений и оперативной оценки текущей метеорологической ситуации. Следовательно, время вычислений ограничено, особенно для метеорологических параметров с высокой частотой обновления, таких как осадки.

В отличие от моделей ЧПП, демонстрирующих высокий уровень сложности и всеобъемлющие

физические свойства, что приводит к продолжительному времени вычислений, системы наукастинга должны оставаться сравнительно простыми и часто демонстрировать эвристические подходы. В этом случае «эвристический» означает, что ограничения метода (например неопределённость, неточность и ограниченная применимость) принимаются с учётом того, что в противном случае будет иметь место непропорционально высокая трата времени или ресурсов. Эти методы или средства наукастинга имеют различные ограничения в зависимости от регионов, для которых они разработаны, или основной цели, для которой они используются.

Для подготовки наиболее точных предупреждений о серьёзных конвективных метеорологических явлениях требуется вмешательство человека. Во-первых, специалист по наукастингу должен изучить синоптическую ситуацию и прогнозы ЧПП. На основе своих знаний местной климатологии и концептуальных моделей эволюции сильных штормов в данном районе специалист должен принять решение относительно вероятности опасных явлений погоды в этот день. Во-вторых, такой специалист должен проводить анализ самых последних результатов локального зондирования (если таковые имеются) вертикального сдвига ветра и устойчивости и вероятных изменений, которые могут произойти в течение суток. На основе этого анализа специалист должен оценить тип штормовых явлений, которые могут произойти, таких как сверхъячейки, мультіячейки, одиночные ячейки и линии шквалов. В-третьих, при наличии оперативного обновления спутниковых и/или радиолокационных данных специалист должен осуществлять непрерывный мониторинг линий конвергенции в пограничном слое, т. е. мест вероятного начального формирования штормов. После формирования штормов и при наличии радиолокатора, основное внимание необходимо уделять поиску характерных свойств или признаков, которые могут указывать на надвигающуюся суровую погоду. К этим признакам относятся области высокой отражаемости, резких перепадов направлений и сходимости в поле скоростей, дугообразных структур и очаговых «вспышек» в эхо-сигналах. Затем специалист должен использовать методы автоматизированной экстраполяции, чтобы точно установить места возникновения опасных явлений погоды.

### Качество информации о наукастинге и обучение

Методологию и количественные показатели проверки прогнозов текущей погоды следует тщательно выбирать, чтобы предоставлять значимую для пользователя информацию. Необходим

двусторонний диалог, чтобы убедиться в том, что пользователи получают нужную им информацию. Для проверки прогнозов текущей погоды лица, занимающиеся этой работой, как минимум, должны: а) понимать потребности пользователей, заинтересованных в проверке прогнозов текущей погоды; б) определять методы и характеристики проверки, с помощью которых можно ответить на интересующие вопросы; в) выбирать количественные и графические показатели, которые должным образом оценивают и представляют эти характеристики; г) определять и собирать специально подобранный репрезентативный комплект прогнозов и наблюдений; д) рассчитывать количественные показатели проверки с использованием, например, имеющихся в свободном доступе средств проверки и пакетов программ, таких как Средства оценки модели и R пакет проверочных программ; е) описывать результаты проверки так, чтобы они имели значение для пользователей и г) выполнять оценки качества прогнозов текущей погоды на регулярной основе для обеспечения непрерывной информации об эффективности этих прогнозов. (Более подробная информация о проверке прогнозов текущей погоды содержится в публикации ВМО «*Forecast Verification for the African Severe Weather Forecasting Demonstration Projects*» (WMO, 2014) и на веб-сайте «*WMO Joint Working Group on Forecast Verification Research*» [www.cawcr.gov.au/projects/verification/](http://www.cawcr.gov.au/projects/verification/).)

Используя наукастинг, необходимо производить качественную в научном отношении продукцию и объяснять заказчику, как её использовать. Поэтому для успешного осуществления наукастинга необходимо непрерывное обучение в области метеорологии и коммуникации. Преподаватели должны опираться на глубокие научные знания и профессиональные качества в области социологии и педагогики (более подробная информация содержится в публикации ВМО (2013)). Необходимы квалифицированные синоптики и преподаватели по многим метеорологическим дисциплинам, что практически невозможно для одного учебного заведения. Следовательно, необходимо международное сотрудничество для обеспечения обучения в области наукастинга, которое соответствовало бы требованиям ВМО. Несколько организаций предоставляют ресурсы, полезные для осуществления обучения в области наукастинга. Ниже для рассмотрения представлены четыре ключевых примера.

1. ВМО: ссылка [www.caem.wmo.int/moodle/leads](http://www.caem.wmo.int/moodle/leads) на образовательные ресурсы по авиационной метеорологии, которые также могут использоваться для обучения в области наукастинга. По ссылке [etp.wmo.int/moodle/](http://etp.wmo.int/moodle/) имеются ресурсы

для преподавателей и менеджеров по подготовке кадров. Дополнительная помощь в образовании и обучении, в том числе и в области наукастинга, предоставлена по адресу: [public.wmo.int/en/resources/training](http://public.wmo.int/en/resources/training).

2. Европейская организация по эксплуатации метеорологических спутников (ЕВМЕТСАТ): ссылка [www.eumetsat.int/website/home/Data/Training/](http://www.eumetsat.int/website/home/Data/Training/) на учебные курсы и библиотеку учебной литературы.
3. Европейская организация по обучению в области метеорологии (ЕВМЕТРЕЙН) ([www.eumetrain.org](http://www.eumetrain.org)): международный учебный проект, спонсируемый ЕВМЕТСАТ, который предлагает учебные материалы (наставления, интерактивные учебные программы, тематические исследования, преподавание и курсы в режиме онлайн) и помощь в обучении в области спутниковой метеорологии.
4. Совместная программа по образованию и подготовке кадров в области оперативной метеорологии МетОбр (КОМЕТ МетОбр) ([www.meted.ucar.edu/](http://www.meted.ucar.edu/)): учебные онлайн-ресурсы доступны по всем областям метеорологии, гидрологии и климатологии для различных целевых групп.

## Области применения наукастинга

Важным аспектом наукастинга является раннее обнаружение ситуаций, о которых необходимо предупредить, и быстрое распространение этой информации среди населения. Адекватное применение продукции наукастинга и правильное реагирование на предупреждения могли бы внести значительный вклад в оптимизацию защитных мероприятий и уменьшение количества жертв, связанных со стихийными бедствиями. Рост населения и экономики увеличил количество людей, подвергающихся опасности во время суровой погоды, и усугубил финансовые последствия ураганов. Вместе с тем модернизация общества означает, что метеорологическая информация в настоящее время является незаменимой в повседневной жизни людей. По сравнению с более специфическими и строгими требованиями к продукции наукастинга в специализированных областях, таких как авиация, дорожная сеть, гидрология и моря, требования к наукастингу для населения способствуют формированию более широкого диапазона ожиданий от продукции наукастинга. Эти требования касаются опасных явлений погоды, а также различных видов элементов, относящихся к безопасности, здоровью, повседневной жизни, туризму и развлечениям.

Некоторые системы наукастинга для авиации, такие как система наукастинга конвективных явлений над океанами, сочетают наблюдения с полярно-орбитальных и геостационарных спутников с глобальными модельными прогнозами для выпуска прогнозов опасных грозовых явлений (турбулентность, обледенение и молнии) с заблаговременностью 0–2 часа по авиационным маршрутам над океанами. Образование льда на рулѐжной дорожке, взлѐтно-посадочной полосе и корпусе самолѐта из-за замерзающих осадков также оказывает большое влияние на безопасность и эффективность авиации. Система метеорологической поддержки принятия решений в области борьбы с обледенением, разработанная в США в Лаборатории прикладных исследований Национального центра по атмосферным исследованиям (НКАР), является оперативной системой, работающей в аэропортах в реальном времени, которая обеспечивает авиационных пользователей текущими и краткосрочными прогнозами метеорологических условий, включая интенсивность снегопада в жидком эквиваленте во время метелей. Система сочетает информацию о радиолокационной отражаемости с интенсивностью выпадения осадков, определяемой сетью наземных осадкомеров, и использует кросс-корреляционный алгоритм слежения для выпуска сверхкраткосрочных прогнозов интенсивности осадков с заблаговременностью 60 минут. Эта система также обеспечивает информацию для оповещения при возникновении условий обледенения (замерзающая морось, ледяной дождь, переохлажденный туман и мороз). Экраны оперативных средств аэропорта отображают продукцию наукастинга и результаты обнаружения опасных явлений, позволяя работникам аэропорта вести наблюдения и мониторинг меняющихся метеорологических условий в реальном времени.

## Рекомендации

В процессе работы над руководящими указаниями по наукастингу целевая экспертная группа разработала следующие рекомендации для НМГС, заинтересованных в создании или расширении возможностей для наукастинга:

- обращаться в отдел ОДП ВМО, чтобы установить контакты с экспертами в случае потребности в помощи;
- привлекать конечных пользователей, чтобы идентифицировать и определить приоритеты их потребностей и требований в отношении предупреждений о погодных явлениях со значительными воздействиями и последствиями;

- оценивать все имеющиеся наблюдения с точки зрения высокого качества данных, своевременной передачи в центральный пункт, отображения и хранения данных и устранять недостатки;
- выявлять, консультируясь с экспертами, пропуски в наблюдениях, недостатки инфраструктуры и имеющихся ресурсов и определять экономически обоснованные решения в области наукастинга, чтобы установить первоочередные потребности конечных пользователей;
- разработать план для эффективной бесшовной системы наукастинга, который объединяет данные наблюдения, продукцию, автоматизированные методы наукастинга и моделей, которые отображаются на обычном автоматизированном рабочем месте; этот план должен предусматривать сотрудничество с соседними странами для совместного использования данных и продукции моделей;
- разработать план для обеспечения долгосрочной технической поддержки, обучения и профессиональных знаний, чтобы оборудование, аппаратные и программные средства постоянно обновлялись, калибровались и поддерживались в рабочем состоянии;
- разработать план, обеспечивающий методы устойчивого наукастинга, непрерывного обучения прогнозистов по всем аспектам процессов наукастинга и, когда это целесообразно, использовать учебные семинары и материалы, имеющиеся в рамках Показательного проекта ВМО по прогнозированию явлений суровой погоды;
- проверять качество продукции наукастинга в соответствии с метеорологическими явлениями и требованиями пользователей;
- обеспечить, чтобы прогнозисты играли важную роль в процессах наукастинга несмотря на наличие автоматических методов наукастинга.

Руководящие указания по наукастингу содержат значительно больше информации, чем можно представить в короткой статье. Мы рекомендуем всем НМГС использовать эту публикацию для развития своих возможностей в области наукастинга.

## Выражение признательности

Выражаем благодарность членам целевой группы международных экспертов по наукастингу:

- Юн Ван (Центральный институт метеорологии и геофизики, Вена)
- Уилфрид Якобс (Немецкая метеорологическая служба, Оффенбах, Германия)
- Лариса Никитина (Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Москва)
- Рита Робертс (НКАР, Боулдер, США)
- Цзяньцзе Ван (Китайская метеорологическая служба, Пекин)
- Джим Уилсон (НКАР, Боулдер, США)

Благодарим также за вклад и координационную работу сотрудников Секретариата ВМО Абдулайе Хароу, Эстэль де Конинг и Пола Джо.

## Литература

Bailey, M.E., G.A. Isaac, N. Driedger and J. Reid, 2009: Comparison of nowcasting methods in the context of high-impact weather events for the Canadian Airport Nowcasting Project. International Symposium on Nowcasting and Very Short Range Forecasting, Whistler, British Columbia, 30 August–4 September.

Bowler, N.E., C.E. Pierce and A. Seed, 2004: Development of a precipitation nowcasting algorithm based upon optical flow techniques. *Journal of Hydrology*, 288(1):74–91.

— — —, 2006: STEPS: A probabilistic precipitation forecasting scheme which merges an extrapolation nowcast with downscaled NWP. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 132:2127–2155.

Dixon, M. and G. Wiener, 1993: TITAN: Thunderstorm identification, tracking, analysis and nowcasting – a radar-based methodology. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 10:785–797.

Germann, U. and I. Zawadzki, 2002: Scale-dependence of the predictability of precipitation from continental radar images. Part I: Description of the methodology. *Monthly Weather Review*, 130:2859–2873. Hering, A.M., C. Morel, G. Galli, S. Senesi, P. Ambrosetti and M. Boscacci, 2004: Nowcasting thunderstorms in the Alpine region using a radar-based adaptive thresholding scheme. Proceedings of the Third European Conference on Radar Meteorology, Visby, Sweden, 6–10 September.

James, P., B. Reichert and D. Heizenreder, 2015: NowCastMIX – optimized automatic warnings from continuously monitored nowcasting systems based on fuzzy-logic evaluations of storm attributes. Presented at the Eighth European Conference on Severe Storms, Wiener Neustadt, Austria, 14–18 September.

Johnson, J.T., P.L. MacKeen, A. Witt, E.D. Mitchell, G.J. Stumpf, M.D. Eilts and K.W. Thomas, 1998: The storm cell identification and tracking algorithm: an enhanced WSR-88D algorithm. *Weather and Forecasting*, 13:263–276.

Jung, S.H. and G. Lee, 2015: Radar-based cell tracking with fuzzy logic approach. *Meteorological Applications*, 22(4):716–730.

Li, P.W. and E.S. Lai, 2004: Short-range quantitative precipitation forecasting in Hong Kong. *Journal of Hydrology*, 288(1):189–209.

Li, L., W. Schmid and J. Joss, 1995: Nowcasting of motion and growth of precipitation with radar over a complex orography. *Journal of Applied Meteorology*, 34:1286–1300.

Mueller, C., T. Saxen, R. Roberts, J. Wilson, T. Betancourt, S. Dettling, N. Oien and J. Yee, 2003: NCAR Auto-Nowcast System. *Weather and Forecasting*, 18:545–561.

Reichert, B.K., 2009: AutoWARN – Automatische Unterstützung der Herausgabe von Unwetterwarnungen (AutoWARN – Automatic support for issuing weather warnings). *promet*, 35(1/2):98–103.

Reinhart, R.E. and E.T. Garvey, 1978: Three-dimensional storm motion detection by convective weather radar. *Nature*, 273:287–289.

Ruzanski, E., V. Chandrasekar and Y. Wang, 2011: The CASA nowcasting system. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 28(5):640–655.

World Meteorological Organization, 2013: Guidelines for Trainers in Meteorological, Hydrological and Climate Services (WMO-No. 1114). Geneva.

— — —, 2014: Forecast Verification for the African Severe Weather Forecasting Demonstration Projects (WMO-No. 1132). Geneva.

— — —, 2017: Guidelines for Nowcasting Techniques (WMO-No. 1198). Geneva.

# Происхождение, воздействие и последствия резолюции 40 ВМО

Джон У. Зиллман<sup>1</sup>

Принятие резолюции 40 «Политика и практика ВМО в области обмена метеорологическими и связанными с ними данными и продукцией, включая руководящие принципы по отношениям в коммерческой метеорологической деятельности» на Двенадцатом Всемирном метеорологическом конгрессе в 1995 году (Bautista Pérez, 1996) остаётся событием огромного значения в истории ВМО. В каком-то смысле оно знаменует собой конец так называемого Золотого века международного сотрудничества в области метеорологии. Этот период продолжался с начала девятнадцатого века (Daniel, 1973) до возникновения Международной метеорологической организации (1873 год) и её преемника ВМО (1950 год) и замечательных достижений Всемирной службы погоды ВМО (ВСП) и Программы исследования глобальных атмосферных процессов (ПИГАП) с 1960-х до 1980-х годов включительно (Davies, 1990).

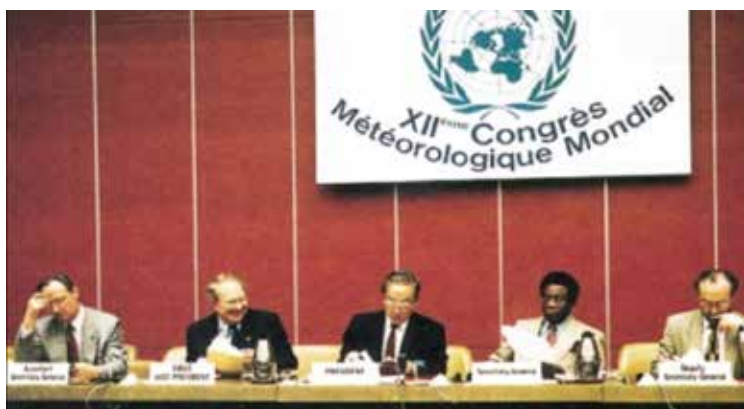
К середине 80-годов прошлого века вековая традиция общемирового международного сотрудничества и обмена данными оказалась под серьёзным давлением. Правительства некоторых стран стремились задействовать рыночные механизмы для предоставления многих видов государственного обслуживания, которые ранее предоставлялись государственным сектором. Использование нового коммерческого подхода в работе финансируемых государством Национальных метеорологических служб (НМС) вскоре привело к конкуренции и конфликтам между ранее тесно сотрудничавшими НМС, а также к напряжённости между ранее дополнявшими друг друга государственным, частным и академическим секторами. Наиболее серьёзным для предоставления метеорологического обслуживания на национальном уровне оказалось то, что это привело к различным видам ограничений в области свободного обмена данными и продукцией

наблюдений между Членами ВМО. К началу 1990-х годов международное метеорологическое сотрудничество оказалось в кризисе, и ВМО была на грани международной войны за данные (Zillman, 1997).

На Одиннадцатом конгрессе в 1991 году и на сессиях Исполнительного совета ВМО в начале 1990-х годов была предпринята попытка найти решение посредством введения новых понятий, таких как «основное» и «специализированное» метеорологическое обслуживание. Однако внутри Исполнительного совета обнаружились глубокие разногласия. Некоторые Члены поддержали обеспечение свободного и бесплатного обмена, тогда как другие поддержали превращение метеорологических данных в товар и массовую коммерциализацию предоставления метеорологического обслуживания или не увидели никакого политически реального способа избежать этого. Рабочая группа Исполнительного совета стремилась достичь приемлемого консенсуса по дальнейшим действиям, чтобы представить на Конгрессе 1995 года политическую основу для предотвращения внушающей страх глобальной войны за данные. Она предложила ряд компромиссных решений, но ни одно из них не могло устранить углубление идейных разногласий в сообществе ВМО.

Когда Двенадцатый конгресс начал свою работу 30 мая 1995 года, вопрос обмена данными практически сразу был передан на рассмотрение открытой подгруппы в режиме оффлайн. В первые недели Конгресса эта группа работала до позднего вечера, пытаясь добиться консенсуса по важнейшим элементам решения. Базовые принципы и детали формулировки возможных резолюций Конгресса были жизненно важными для некоторых стран. Большинство Постоянных представителей самым тщательным образом рассматривало то, как формулировка каждого предложения может повлиять на их НМС в текущих конфликтах по вопросу обмена данными с соседними НМС или с их внутренними

<sup>1</sup> Постоянный представитель Австралии при ВМО в 1979–2004 годах; Президент ВМО в 1995–2003 годах



*Двенадцатый Всемирный метеорологический конгресс, 1995 год (слева направо): д-р А.С. Зайцев, помощник Генерального секретаря; д-р Дж.У. Зиллман, первый вице-президент; Цзоу Цзинмэн, Президент; профессор Г.О. Обаси, Генеральный секретарь; и г-н М.Ж.П. Жарро, заместитель Генерального секретаря (ВМО/Бьянко)*

частным или академическим секторами. В какой-то момент показалось, что время, предусмотренное на прения и переговоры, истекло и Двенадцатый конгресс стал свидетелем конца свободного и неограниченного международного обмена данными, который поддерживал глобальное сотрудничество и национальное метеорологическое обслуживание в течение более чем ста лет.

В конце концов, когда время и работоспособность делегаций были на исходе, группа выработала проект единственной резолюции по политике и практике с четырьмя приложениями и включила их в документ категории «Pink» (участники Конгресса помнят его под названием «Pink 64»), чтобы он без обсуждения соответствующим высестоящим Рабочим комитетом был направлен для прямого рассмотрения на пленарном заседании. Когда документ «Pink 64» был представлен для обсуждения на пленарном заседании 21 июня, проходившем под руководством президента Цзоу Цзинмэна, атмосфера была наэлектризована. Когда президент предложил высказываться, все стали оглядываться, чтобы увидеть, какая делегация попросит слова, чтобы разрушить хрупкий консенсус по проекту резолюции, — желающих выступить не было. Затем сразу после того, как президент ударил молотком, провозглашая принятие резолюции, а делегаты поднялись и стоя аплодировали, д-р Нейл Гордон из Новой Зеландии попросил слова, но было слишком поздно. Когда аплодисменты наконец стихли, д-р Гордон говорил не для того, чтобы поставить под сомнение резолюцию или ослабить эйфорию от её принятия, а для того, чтобы вручить эксцентричную награду в виде бутылок новозеландского вина нескольким главным действующим лицам, участвовавшим в острых дебатах в предшествующие годы.

Чувство облегчения среди собравшихся представителей ВМО было огромным. Не понимая всех возможных последствий того, что было принято, Конгресс признал, что международное метеорологическое сообщество снова объединилось и восстановило «свободный и неограниченный международный обмен» в качестве фундаментальной политической основы международного сотрудничества при посредничестве ВМО. Во время неофициальной встречи в тот вечер все пришли к единому мнению, что ВМО никогда больше не должна позволять себе так близко подходить к коллапсу.

Резолюция 40 состояла из двух страниц текста и трёх страниц приложений. Её суть заключалась в безусловном подтверждении свободного и неограниченного международного обмена как фундаментального принципа ВМО наряду с новым разграничением между тем, что получило название «основные» и «дополнительные» данные и продукция. В программном заявлении сказано: «В качестве основного принципа Всемирной метеорологической организации (ВМО) и в соответствии с растущими требованиями к научно-техническим знаниям ВМО обязуется расширять и укреплять свободный и неограниченный международный обмен метеорологическими и связанными с ними данными и продукцией».

В тексте резолюции дано определение концепции свободного и неограниченного международного обмена и поясняется очень важное различие между основными и дополнительными данными в трёх кратких утверждениях о том, как Члены должны на практике работать с различными типами и категориями данных. В приложениях даны важные, хотя несколько неоднозначные, рекомендации по



различным аспектам коммерческих связей между НМС, а также связей между НМС и частным сектором. Делегации вернулись домой гордые тем, что они спасли международное сотрудничество при содействии ВМО, а также осознавая серьёзные проблемы, с которыми они пока ещё сталкиваются при толковании и осуществлении резолюции 40.

Много времени в последующее десятилетие было посвящено разъяснению и обеспечению эффективного действия резолюции 40, а также постепенному распространению основной концепции свободного и неограниченного обмена на обмен соответствующими гидрологическими и океанографическими данными. Она также нашла отражение в разработке Глобальной системы наблюдений за климатом и Рамочной конвенции ООН об изменении климата и способствовала принятию Женевской декларации на Тринадцатом конгрессе в 1999 году. Позднее она помогла выработать политику в области данных для Глобальной системы систем наблюдений за Землёй.

К сожалению, опасение повторно вернуться к базовому вопросу свободного обмена удержало многих из тех, кто активно занимался этой проблемой в 1995 году, от попытки включить основу резолюции 40 в Конвенцию ВМО. Затем по мере того, как международное сотрудничество постепенно возвращалось к чему-то, что напоминало его стабильность в золотые годы (Zillman, 2018), поколение поборников резолюции 40 постепенно исчезло из поля зрения и психологический стресс 1990-х годов был большей частью забыт.

Сейчас с появлением новых противоречий вокруг международного обмена данными (Blum, 2019) и новой Женевской декларации, принятой Восемнадцатым конгрессом в 2019 году, которая предусматривает новые инициативы для укрепления глобального метеорологического сообщества, кажется своевременным заново обратиться к некоторым рассмотренным вопросам и извлечь уроки из опыта резолюции 40.

Будучи одним из тех, кто пережил стресс тех времён, я по-прежнему думаю, что базовая философия резолюции 40 остаётся основополагающей для обеспечения эффективности и стабильности

развивающегося партнёрства с участием государственного, частного, академического секторов и средств массовой информации, от которого зависит глобальная комплексная система предоставления обслуживания, связанного с погодой и климатом, в каждой стране. Я также полагаю, что благодаря тому, что большая часть основного государственного обслуживания в области прогнозирования, предупреждений и предоставления информации является по своей природе исключительно общественным благом, добровольное совместное обеспечение необходимой глобальной метеорологической инфраструктуры становится главной обязанностью национальных правительств, а свободный и неограниченный международный обмен данными и продукцией является непреходящим глобальным императивом для метеорологии в XXI веке.

*Брошюра с более подробной информацией о резолюции 40 будет выпущена в 2020 году.*

## Литература

Bautista Pérez, M., 1996: Resolution 40 (Cg-XII)—WMO policy and practice for the exchange of meteorological and related data and products, including guidelines on relationships in commercial meteorological activities. WMO Bulletin, 45(1):24–29.

Blum, A., 2019: Weather wars: is forecasting a common good or a commodity? Time, 8 July 2019, 22–26.

Daniel, H., 1973: One hundred years of international co-operation in meteorology (1873–1973). WMO Bulletin, XXII(3), 156–199.

Davies, D.A., 1990: Forty Years of progress and Achievement: A Historical Review of WMO (WMO-No. 721). Geneva, World Meteorological Organization.

Zillman, J.W., 1997: Atmospheric science and public policy. Science, 276:1084–1087.

— — —, 2018: International cooperation in meteorology, part 2: the golden years and their legacy. Weather, 73(11):341–347.

# Новая платформа сообщества ВМО

Флориан Тайчерт<sup>1</sup>

Платформа сообщества ВМО введена в действие в июне 2019 года в ходе Восемнадцатого Всемирного метеорологического конгресса (Кг-18). Её первый модуль, База данных по экспертам (contacts.Wmo.int), заменяет статичную Pub5 интерактивной системой самостоятельного использования, которая позволяет Членам пересматривать и обновлять информацию об экспертах и организациях. В сентябре начала функционировать новая модернизированная сеть Экстранет Платформы, организованная по областям деятельности и обеспечивающая интеграцию просмотра событий и обмен документами для работы в командах. Новая Экстранет (community.wmo.int) функционирует как «единое окно» с индивидуальными информационными панелями, показывающими новости, события и уведомления о задачах, требующих решения, в зависимости от вашей роли в ВМО. По мере появления новых модулей в течение оставшейся части 2019 года Платформа коренным образом изменит то, как Члены и партнёры взаимодействуют друг с другом и с Секретариатом.

Инструменты Платформы создают среду для сотрудничества и обмена информацией, а также более интегрированный взгляд на деятельность, отражающую концепцию инфраструктуры и обслуживания, предусмотренную реформой ВМО.

## Мотивация для создания Платформы

В интегрированном подходе на основе системы Земля, который является фундаментом реформы ВМО, основное внимание уделяется процессам, охватывающим разные секторы и сообщества. Создавая условия для действенного синергизма за счёт сокращения дублирования усилий в различных областях, этот подход изменит рабочую среду экспертов и персонала ВМО.

В рамках реформы ВМО будет разрабатываться концепция интегрированной инфраструктуры и оптимизации обслуживания, связанного с погодой, климатом, водой и окружающей средой, с поддержкой нового стиля работы, сильно ориентированного на партнёрские отношения и инновации. Платформа сообщества ВМО также нацелена на поддержку постоянного совершенствования с помощью расширенных профилей Членов и информационных панелей с индивидуальной настройкой для мониторинга и оценки.

## Улучшить коммуникацию и перевести процессы в электронный вид

Платформа призвана улучшить способ выполнения повседневных задач и осуществления коммуникации с помощью инструментов современных информационно-коммуникационных технологий. Платформа направлена на то, чтобы:

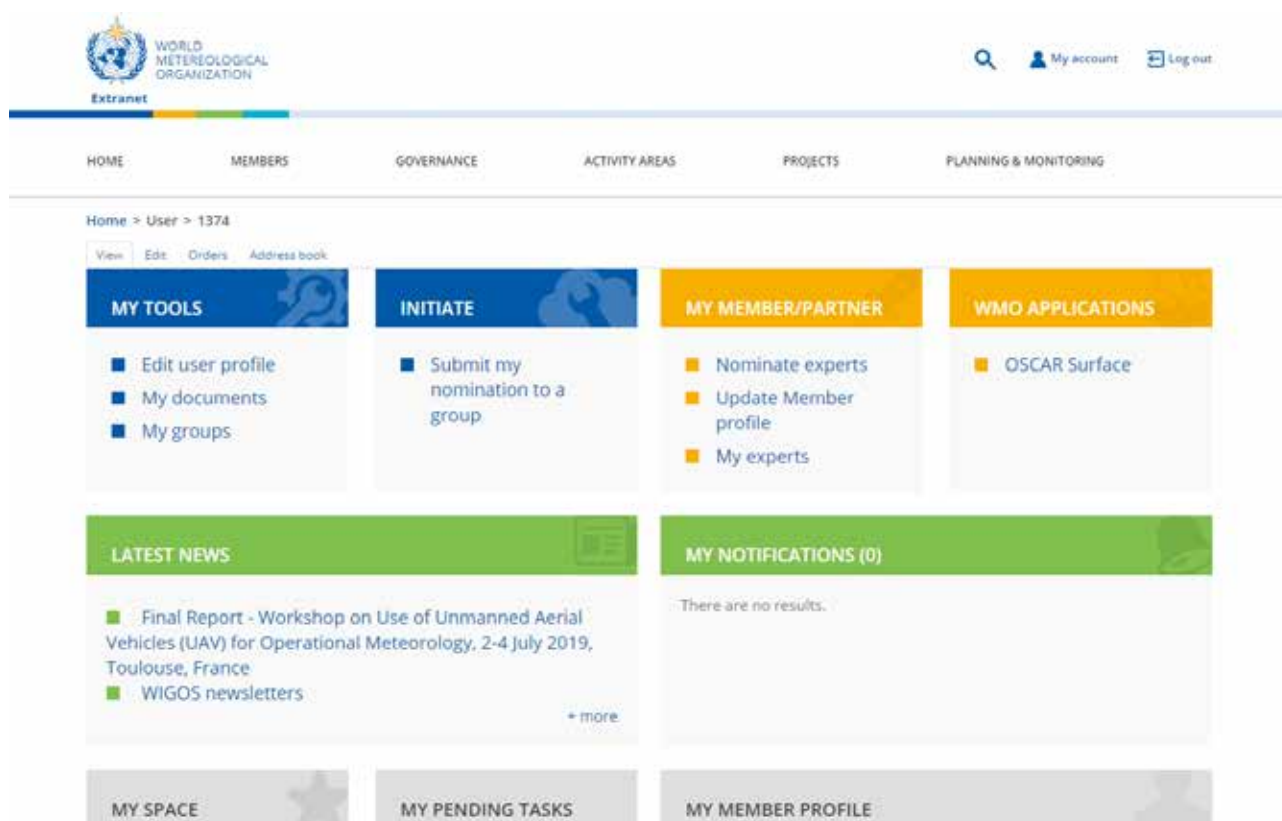
1. Улучшить коммуникацию за счёт использования инструментов взаимодействия, работы с документами и управления знаниями.
2. Консолидировать коммерческую информацию и визуализировать её для лиц, принимающих решения, в информационных панелях с индивидуальной настройкой и профилях Членов.
3. Перевести административные процессы ВМО в электронный вид и обеспечить их документирование.

В этой связи, где позволяют регламентные документы ВМО, бумажные процессы были переведены или переводятся в электронный вид.

В настоящее время действуют электронные рабочие технологии для:

- назначения и утверждения экспертов в качестве членов органов ВМО;

<sup>1</sup> Секретариат ВМО



Начальная страница для экспертов ВМО с доступом к персональным настройкам

- обновления информации об организациях и экспертах;
- ответов на вопросы в рамках опросов.

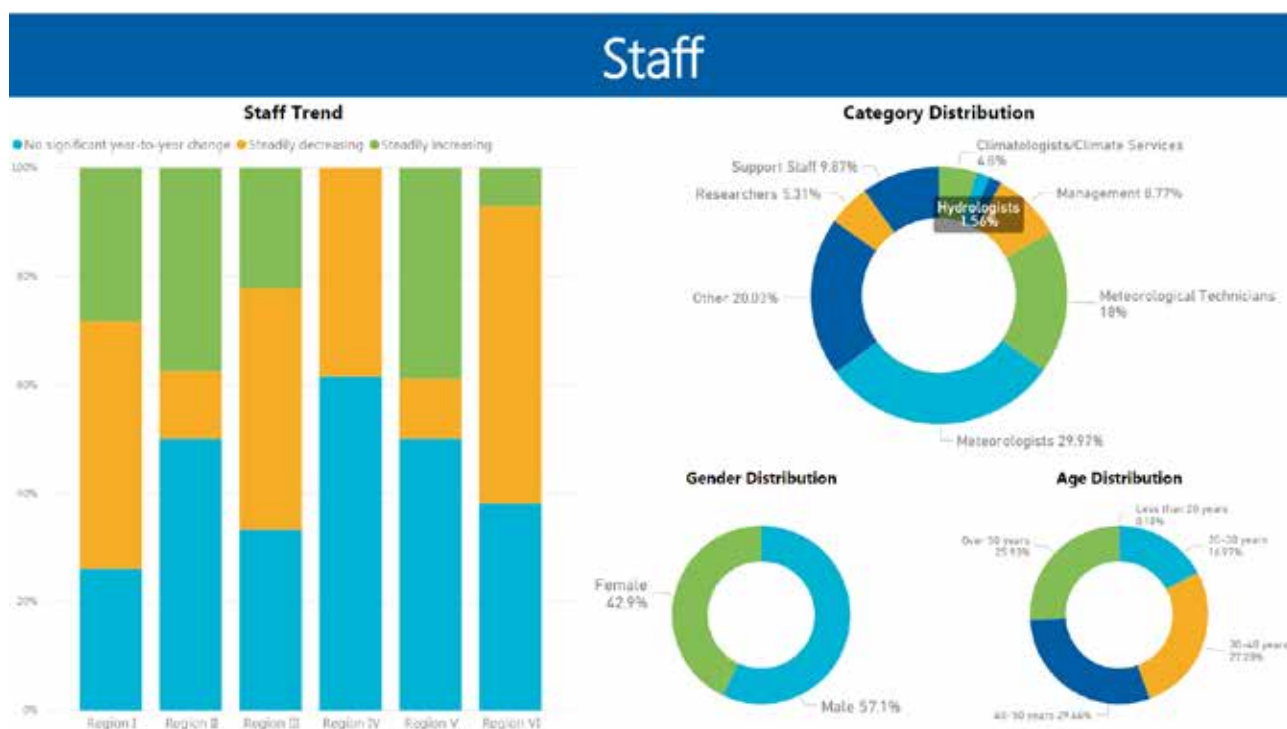
Регистрация для участия в мероприятии и предъявление требований о возмещении путевых расходов после совещания также будут переведены в электронный вид в начале 2020 года.

Кроме того, в процессе консолидации и модернизации Платформа вобрала в себя ряд инструментов из предыдущих версий, включая Pub5 и Базу профильных данных по странам (ПБДС). Дублирующие друг друга решения, созданные за эти годы для сбора контактной информации и информации о членстве в группах, обмена документами и организации совещаний, интегрируются в это корпоративное решение для создания единого авторитетного источника надёжной информации о составе и деятельности ВМО.

Современные цифровые решения, реализованные в Платформе, делают бюрократические процедуры более эффективными, так что эксперты и персонал

ВМО могут сосредоточиться на выполнении своих основных задач в интересах Организации. Барьеры для международного общения и сотрудничества снижаются. Открытый доступ к текущей работе позволяет новым участникам присоединяться к обсуждениям. Это откроет новый источник экспертных знаний для ВМО из мира университетской науки, эксперты которой редко участвуют в международных межправительственных конференциях.

Платформа направлена на содействие участию нынешних и будущих экспертов ВМО в создании оптимальной информационной продукции для сообщества ВМО и международного сообщества с целью решения глобальных проблем, таких как изменение климата. На практике значительная часть этой работы выполняется за пределами ВМО в рамках двусторонних усилий Членов и посредством научно-технических проектов с участием экспертов Членов. Знания и опыт, полученные на местах, не обязательно находят применение в официальных наставлениях и руководствах ВМО. Платформа будет поддерживать эту работу и одновременно документально оформлять достигнутый



Интерактивная информационная панель, созданная на основе информации, полученной от Членов ВМО

прогресс. Каждый член сообщества ВМО сможет публиковать и получать информацию, используя полнотекстовый поиск информационных материалов общего пользования. Платформа поможет преодолеть границы и установить связь между экспертами с общими интересами.

Параллельно с внедрением самой технологии группа разработчиков в Секретариате ВМО начала разрабатывать процессы и определять роли для более активного вовлечения Членов. Сбор данных и информации, адаптированных к потребностям лиц, принимающих решения, является результатом усилий Членов, направленных на улучшение отчётности и прозрачности. Обратная связь с сообществом будет определять будущее развитие Платформы при взаимодействии с Секретариатом ВМО.

### Обзор функциональных возможностей

Платформа сообщества ВМО предоставит следующие функциональные возможности для экспертов и партнёров ВМО.

- Централизованная база данных по экспертам с возможностью самостоятельного

использования, позволяющая поддерживать информацию о контактах, ролях и членстве в группах в актуальном состоянии. Ряд процессов — от назначения экспертов для работы в группах до предъявления требований о возмещении путевых расходов — будет использовать одну и ту же информацию, что позволит избежать дублирования в обслуживании и уменьшить количество ошибок.

- Профили Членов и партнёров, используемые для сбора информации о странах и территориях, а также о партнёрских организациях. Информация, касающаяся самооценки, может обновляться самими Членами и партнёрами. Эти профили будут дополняться данными, полученными от ВМО и из внешних баз данных, включая проекты ВМО, базы данных, связанные с ИСВ/ИГСНВ, и информацию о странах и проектах от партнёров по развитию, таких как Всемирный банк.
- Центральный архив и база данных для оптимизации опросов, чтобы избежать дублирования вопросов, адресованных Членам. Собранные данные могут быть повторно использованы в разных контекстах. Вместе с информацией о профилях участников и партнёров

## Members/Partners



Обзорная страница для доступа к профилям Членов/партнёров ВМО

комплексные информационные панели могут быть адаптированы для различных групп пользователей с целью поддержки принятия решений на многих уровнях на основе фактических данных, а также для всестороннего мониторинга и оценки различных стратегий и показателей эффективности.

- Дискуссионные форумы в онлайн-режиме для экспертов, чтобы связаться по конкретным вопросам, представляющим интерес, независимо от места работы или членства в группе, чтобы найти и предоставить практическую помощь на основе взаимной поддержки.
- Документирование возможностей для взаимодействия и отслеживания хода выполнения задач для конституционных и рабочих органов ВМО, а также для координаторов, специальных групп, участников мероприятий и совещаний и т. д.

Чтобы повысить эффективность поддержки Членам и партнёрским организациям со стороны Секретариата ВМО, будет обеспечена интеграция ряда процессов внутренней поддержки, включая:

- менеджмент мероприятий (приглашения, регистрация участников, публикация повестки дня, подготовка нагрудных карточек и обработка требований на возмещение путевых расходов);
- постановка задач и контроль за исполнением запросов, чтобы гарантировать, что коммуникационное взаимодействие не потеряно и не задержано.

Для плавного перехода на новую Платформу большое количество данных и информации, ранее хранившихся в устаревших системах, децентрализованных базах данных, электронных таблицах и веб-сайтах, уже перенесено или будет перенесено.

## Преимущества для участников

Как только все функциональные возможности будут консолидированы, потенциал полностью интегрированного решения ВМО для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM) и интеллектуального анализа данных (BI) значительно улучшит прозрачность и сотрудничество, предоставляя всем экспертам Членов возможность участвовать в процессах регулирования и следить за усилиями по осуществлению. Это сделает ВМО более доступной для других сообществ и секторов, включая университетскую науку и частный сектор, в соответствии с принципом комплексных наблюдений за Землей с целью предоставления метеорологического, климатического, гидрологического и связанного с ними обслуживания в области окружающей среды на благо мирового сообщества.

На основе этого консолидированного архива деловой информации можно систематически повышать

эффективность мониторинга и оценки, создавать более полные профили Членов, а также улучшенные тематические информационные панели для различных заинтересованных сторон с целью более эффективной поддержки принятия решений на основе фактических данных.

Платформа сообщества ВМО — это больше, чем проект ИКТ. Она меняет способ взаимодействия Сообщества ВМО и то, как оно ценит сотрудничество и партнёрство. Расширение доступности и возможностей для междисциплинарного анализа и визуализации информации обеспечит новое понимание и участие для надлежащего управления.

Превращение этой цифровой трансформации в реальность зависит от вклада всех Членов и партнёров. Платформа предназначена для вас. Вы являетесь её пользователями и владельцами. Именно вы должны наполнить её жизнью.



## 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