



Всемирная
Метеорологическая
Организация

Погода • Климат • Вода
Том 57 (2) - Апрель 2008

Бюллетень

Тематические статьи | Интервью | Новости | Книжное обозрение | Календарь

www.wmo.int

Адаптация к изменчивости и изменению климата

Адаптация к изменчивости
и изменению климата:
процесс проведения
форумов по ориентировоч-
ным прогнозам климата

93

Императив адаптации:
готова ли климатическая
наука?

103

Агрометеорологическое
обслуживание в условиях
меняющегося климата

114

Смягчение последствий
стихийных бедствий
в условиях изменения
климата

118



Мониторинг
климата Земли

109



Основные выводы МГЭИК
в отношении последствий изменения
климата и адаптации

78



Районирование
информации об
изменении климата

86

Портфель мероприятий по адаптации
и смягчению может уменьшить риски,
связанные с изменением климата.

Четвертый доклад об оценках Межправительственной
Группы экспертов по изменению климата.
Доклад Рабочей группы II – Последствия, адаптация и уязвимость

Бюллетень

Официальный журнал
Всемирной Метеорологической
Организации

Том 57 (2) - Апрель 2008 г.

Генеральный секретарь М.Жарро
Заместитель
Генерального секретаря Хун Янь
Помощник
Генерального секретаря Дж.Ленгоаса

Бюллетень ВМО издается ежеквартально (январь, апрель, июль, октябрь) на английском, французском, русском и испанском языках.

Редактор:

Хун Янь

Помощник редактора:

Юдит К.К.Торрес

Редакционная коллегия

Хун Янь (председатель)

Ю. Торрес (секретарь)

Л. Барри (атмосферные исследования и окружающая среда)

Дж. Вильсон (образование и обучение)

Ж. Асрар (исследования климата)

Д. Хинсман (базовые системы, спутники)

Е. Манаенкова (политика, международные связи)

Д. Чезл (стратегическое планирование, многоплановая деятельность)

Б. Ниензи (климат)

Р. Мастерс (развитие, региональная деятельность)

А. Тайджи (вода)

Стоимость подписки

	Обычная почта	Авиапочта
1 год	60 шв.фр.	85 шв.фр.
2 года	110 шв.фр.	150 шв.фр.
3 года	145 шв.фр.	195 шв.фр.

E-mail: pubsales@wmo.int

Авторское право © Всемирная метеорологическая организация 2007 г.

Право на публикацию в печатной, электронной или какой-либо другой форме принадлежит ВМО. Краткие выдержки из статей, опубликованных в Бюллетене, могут быть перепечатаны без разрешения при условии полного и четкого указания источника. Письма в адрес редакции, а также заявки на публикацию, перепечатку или перевод статей целиком или частично следует направлять на имя редактора.

Употребляемые обозначения и изложение материала в Бюллетене ВМО не означают выражения со стороны Секретариата Всемирной Метеорологической Организации какого бы то ни было мнения относительно правового статуса страны, территории, города или района, или их властей, или относительно делимитации их границ.

Статьи или рекламные объявления, печатающиеся в Бюллетене ВМО, выражают личное мнение их авторов или рекламодателей и не обязательно отражают точку зрения ВМО. Упоминание отдельных компаний или какой-либо продукции в статьях или рекламных объявлениях не означает, что они одобрены или рекомендованы ВМО и им отдано предпочтение перед другими компаниями или продукцией того же рода, не упомянутыми в статьях или рекламных объявлениях.

Содержание

В этом номере	76
Основные выводы МГЭИК в отношении последствий изменения климата и адаптации. Мартин Пэрри, Освальдо Канциани и Жан Палютикоф ..	78
Районирование информации об изменении климата для оценки последствий и адаптации. Филиппо Джорджи	86
Адаптация к изменчивости и изменению климата: процесс проведения форумов по ориентировочным прогнозам климата. Лабан Огалло, Пьер Бессемулен, Жан-Пьер Сэрон, Саймон Мейсон, Стивен Дж. Коннор	93
Императив адаптации: готова ли климатическая наука? Сюебин Жанг, Френсис У. Цвиерс, Томас К. Петерсон	103
Мониторинг климата Земли. Сяолян Л. Ванг, Томас К. Петерсон, Джей Лоримо, Манола Брунет-Индия, Рэндолл Сервени, Крейг Донлон, Фатима Дриох, Ван А.Ван Хассан, Рейнер Холлманн, Марк Д.Шварц, Зукиянь Зянь	109
Агрометеорологическое обслуживание в условиях меняющегося климата: «старое вино в новых мехах». Кис Стиггер	114
Смягчение последствий стихийных бедствий в условиях изменения климата. Хизер Олд	118
50 лет назад	126
Новости Секретариата ВМО	128
Календарь	131
Всемирная Метеорологическая Организация	132
Члены Всемирной Метеорологической Организации	133

Новости о деятельности ВМО и последних событиях можно найти в информационном бюллетене *MeteoWorld* (<http://www.wmo.int/meteoworld>) в рубрике НОВОСТИ домашней страницы ВМО (<http://www.wmo.int/news/news.html>) и на Web-страницах программ ВМО, вход на которые осуществляется через домашнюю страницу ВМО (<http://www.wmo.int>).

WMO Bulletin

www.wmo.int/bulletin_en

Communication and Public Affairs

World Meteorological Organization (WMO)

7bis, avenue de la Paix

Case postale No. 2300

CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Tel.: + 41 22 730 84 78

Fax: + 41 22 730 80 24

E-mail: jtorres@wmo.int

В этом номере



Изменение климата больше не является спорным вопросом, сегодня этот факт получил широкое признание. Беспрецедентный уровень внимания всего мира в 2007 г. к Конференции Организации Объединенных Наций по изменению климата (Бали, декабрь) и Четвертому докладу об оценках Межправительственной группы экспертов ВМО/ЮНЕП по изменению климата свидетельствует о большом значении, которое придается климату во всех регионах и социально-экономических секторах. Все больше появляются данные, которые показывают, что последствия изменения климата уже сейчас имеют место и в будущем будут усугубляться, превращая, таким образом, адаптацию в насущную необходимость для общества.

Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций утвердила ряд мероприятий по адаптации, включая пятилетнюю Найробийскую программу работ по воздействиям, уязвимости и адаптации к изменениям климата. Цель программы заключается в том, чтобы помочь всем странам в углублении понимания воздействий изменения климата и принятии решений, касающихся практических действий и мер по адаптации. Балийский план действий выявил необходимость в расширенных мерах по адаптации, которые должны принять Стороны Конвенции. ВМО как авторитетный источник информации в системе

ООН по вопросам погоды климата и воды играла ключевую роль в этом контексте. Тема «Адаптация к изменчивости и изменению климата» выбрана в качестве темы настоящего номера *Бюллетеня*.

Рабочая группа МГЭИК по последствиям, адаптации и уязвимости рассмотрела в Четвертом докладе об оценках три основных вопроса: последствия изменения климата, наблюдаемые в настоящее время; будущие воздействия на различные сектора и регионы; реагирование на эти воздействия. Ведущие авторы Рабочей группы определили 12 ключевых моментов, которые в кратком виде изложены в их статье. Последствия изменения климата наблюдаются в настоящее время; адаптация будет необходима для реагирования на последствия, вызванные выбросами в прошлом. Необходимо разработать портфель стратегий, включающих адаптацию, смягчение последствий, технологическое развитие и научные исследования (наука о климате, последствия, адаптация и смягчение последствий).

Адекватные стратегии адаптации зависят от наличия информации о климате на уровне региона, страны и даже определенных мест. Модели общей циркуляции сопряженной системы океан–атмосфера являются основным средством, которое сегодня используется для моделирования и прогнозирования

изменения климата. В то время как их успешность в глобальном и континентальном масштабах быстро возрастает, их пространственное разрешение все еще не соответствует требованиям, чтобы обеспечить информацию об изменении климата в более мелких масштабах, которая нужна для оценок последствий. Для решения широкого круга проблем, связанных с изменением климата, все больше используются средства регионализации. Однако необходимо в полной мере понимать основные допущения, которые лежат в основе их использования, а также их потенциал и ограничения.

В Четвертом докладе МГЭИК об оценках Рабочая группа по научной основе определила, что потепление климатической системы «неоспоримо» и что наблюдаемое в последнее время потепление «весьма вероятно, вызвано деятельностью человека». Если просмотреть доклады об оценках с момента их появления в 1990 г., то можно отметить заметный прогресс в нашем понимании, обусловленный в основном быстрым развитием науки о климате. Однако все еще остаются большие неопределенности и пробелы в наших знаниях об изменении климата на региональном и локальном уровнях, которые являются важными с точки зрения адаптации. Необходимы согласованные усилия для устранения этих пробелов посредством укрепления и совершенствования мониторинга,

прогнозирования, доступа к данным, связи, наращивания потенциала, научных исследований и других аспектов науки о климате.

В последние 10 лет ВМО, национальные метеорологические и гидрологические службы (НГМС), региональные климатические учреждения и другие международные организации осуществляют инновационный процесс, известный как региональные форумы по ориентировочным прогнозам климата (РКОФ) с целью предоставления подготовленной на основе консенсуса информации, содержащей заблаговременные предупреждения о сезонном климате, для уменьшения связанных с климатом рисков и поддержки устойчивого развития в определенных регионах. РКОФ объединяют усилия климатологов, политиков и широкого сообщества пользователей по подготовке предупреждений о потенциальном влиянии климата на различные социально-экономические сектора. РКОФ, показавшие свой потенциал для предоставления регионально-унифицированной и предназначенной для конкретных пользователей климатической информации, являются уникальным механизмом для содействия принятию решений на региональном, национальном, а также ведомственном уровнях.

В основе оценки и мониторинга изменений климата лежат проводившиеся во всем мире в течение десятилетий и веков наблюдения за атмосферой и океаном. Данные этих наблюдений в сочетании с палеоклиматическими данными позволили МГЭИК сделать вывод, что, вероятно, средние температуры в Северном полушарии во второй половине XX века были выше, чем в какой-либо другой

50-летний период в течение, по крайней мере, последних 1300 лет. ВМО стимулирует и координирует по всему миру деятельность по мониторингу климата и содействует наращиванию потенциала в развивающихся и наименее развитых странах. Приоритетами являются использование спутниковых данных, морских и других данных наблюдений в точке, совершенствование мониторинга экстремальных климатических явлений, более эффективное использование фенологических данных и наращивание потенциала. Ежегодные заявления ВМО о состоянии климата подчеркивают выгоды для стран-членов ВМО от совместной работы по мониторингу глобального климата и совершенствованию его понимания.

Агromетеорологическое обслуживание направлено на то, чтобы улучшить и защитить сельскохозяйственное производство, имеющее первостепенное значение для обеспечения продовольственной безопасности по всему миру, а также безопасности средств существования фермеров. Независимо от климатических условий, в которых работают фермеры, и изменений климата, которым они подвергаются, важно, чтобы агromетеорологическое обслуживание включало местные знания, соответствующие научные данные и соответствующие элементы политики. «Адаптационное сельское хозяйство» предполагает определение сезонной изменчивости осадков и их предсказуемости, а также определение соответствующих рисков и решение связанных с ними проблем на уровне отдельных фермерских хозяйств. Это означает, что выращивание урожая адаптируется к условиям текущего режима осадков посредством использования

соответствующих агрономических методов, прошлого опыта, включая интерпретацию метеорологических данных, и традиционных знаний. Изменение климата осложняет ведение организованного адаптационного сельского хозяйства, но настоящей проблемой для агromетеорологического обслуживания в условиях изменяющегося климата является проведение различия между фермером и фермерской системой.

На долю бедствий, связанных с экстремальными метеорологическими, климатическими и гидрологическими явлениями, приходится большая часть всех стихийных бедствий. Один из наиболее угрожающих аспектов изменения климата заключается в вероятности того, что экстремальные явления погоды и климата будут более изменчивыми, более интенсивными и более частыми. МГЭИК пришла к выводу, что рост числа экстремальных явлений, а также меняющиеся социально-экономические и демографические тенденции способствовали росту уязвимости. НГМС имеют хорошие возможности сократить ущерб от бедствий посредством управления рисками и кризисными ситуациями. Соответствующие меры должны включать предоставление информации об опасных явлениях для планирования, подготовку прогностической продукции для определения надвигающихся опасностей, осуществление мониторинга для обнаружения опасных явлений и появляющихся угроз, выпуск заблаговременных предупреждений для реагирования на чрезвычайные ситуации и проведения спасательных работ, обеспечение образования и наращивания потенциала.

Основные выводы МГЭИК в отношении последствий изменения климата и адаптации

Мартин Пэрри¹, Освалдо Канциани¹ и Жан Палютикоф²

Введение

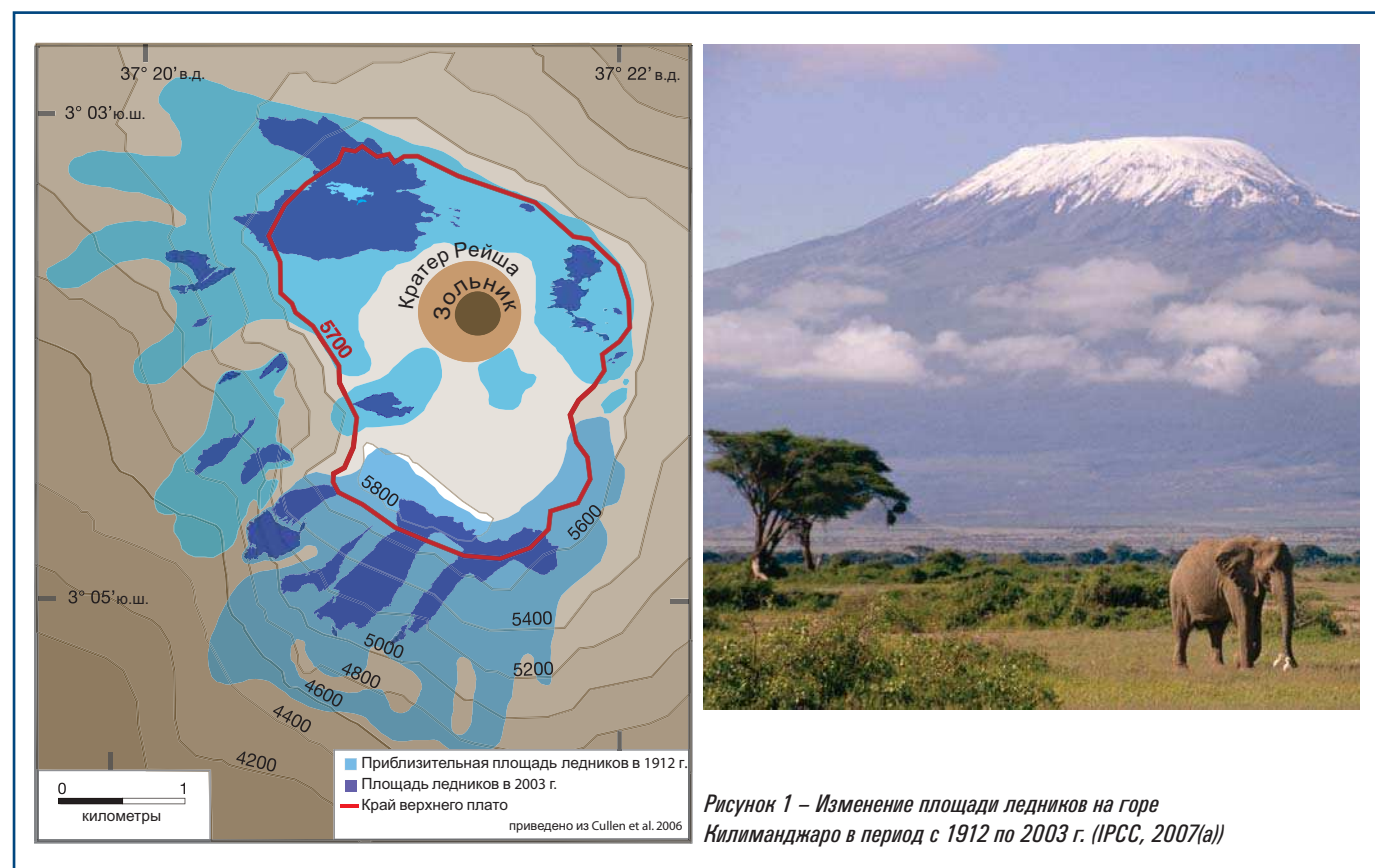
В разделе «Последствия, адаптация и уязвимость» Четвертой оценки МГЭИК в отношении изменения климата, выпущенной в 2007 г. (IPCC, 2007(a)), рассматриваются три основных вопроса: последствия изменения климата, наблюдаемые в настоящее время; будущее воздействие изменения климата на различные сектора экономики и регионы; реагирование на такое

воздействие. Оценка включает 12 основных положений, которые кратко обобщаются в настоящей статье.

1. Последствия изменения климата наблюдаются в настоящее время

Новшеством в Четвертой оценке МГЭИК стала глава, посвященная наблюдаемым и поддающимся из-

мерению последствиям. Коллектив авторов этой главы исследовал более 29000 рядов данных наблюдений окружающей среды и обнаружил, что 89% данных свидетельствуют о тенденциях, которые соответствуют потеплению. Большая часть имеющихся данных являются наземными, а не океаническими данными, и концентрируются в Европе и Северной Америке, что приводит к трудностям в составлении глобальной картины. Однако вывод состоит в том, что на



1 Сопредседатель, Рабочая группа II МГЭИК, Последствия, адаптация и уязвимость.

2 Руководитель группы технической поддержки, Рабочая группа II МГЭИК, Последствия, адаптация и уязвимость.

естественные системы во всем мире оказывают влияние региональные изменения климата, особенно повышение температуры, и что это повышение температуры весьма вероятно является результатом антропогенных выбросов парниковых газов. Наиболее очевидным доказательством является сокращение площадей, покрытых снегом, льдом и мерзлым грунтом, что в свою очередь ведет к расширению и увеличению количества ледниковых озер и повышению нестабильности почвы в районах вечной мерзлоты и горных районах. Несмотря на то, что самое большое сокращение площадей, покрытых льдом, наблюдается в Арктике, некоторые особо выраженные сокращения происходили в тропических горах, такие, как на горе Килиманджаро (рис. 1)

Имеются обширные свидетельства того, что недавнее потепление оказывает сильное влияние на наземные биологические системы, включая такие свидетельства, как более раннее наступление весенних событий (таких, как распускание листьев, миграция птиц и наступление периода яйцекладки, а также изменения в численности определенных видов растений и животных). В океанах, особенно расположенных в высоких широтах, в настоящее время можно наблюдать изменения в численности и разнообразии водорослей планктона и рыб. Возможно, самое важное влияние выбросов парниковых газов проявляется в океанах, которые становятся все более кислыми, по мере поглощения водой двуокиси

углерода. Зарегистрировано понижение содержания pH в среднем на 0,1 единицы. Ожидается, что повышенная кислотность окажет сильное влияние на ракушечные организмы. Появляются и другие воздействия региональных изменений климата на естественные и антропогенные системы, хотя их труднее различить вследствие адаптации и неклиматических факторов, таких, как изменения в землепользовании. Эти воздействия проявляются в более ранней посадке весенних сельскохозяйственных культур, увеличении количества лесных пожаров в северных высоких широтах и более теплых и сухих погодных условиях в Сахеле, что ведет к уменьшению продолжительности вегетационного периода.

Изменение глобальной среднегодовой температуры относительно периода 1980–1999 гг. (°C)

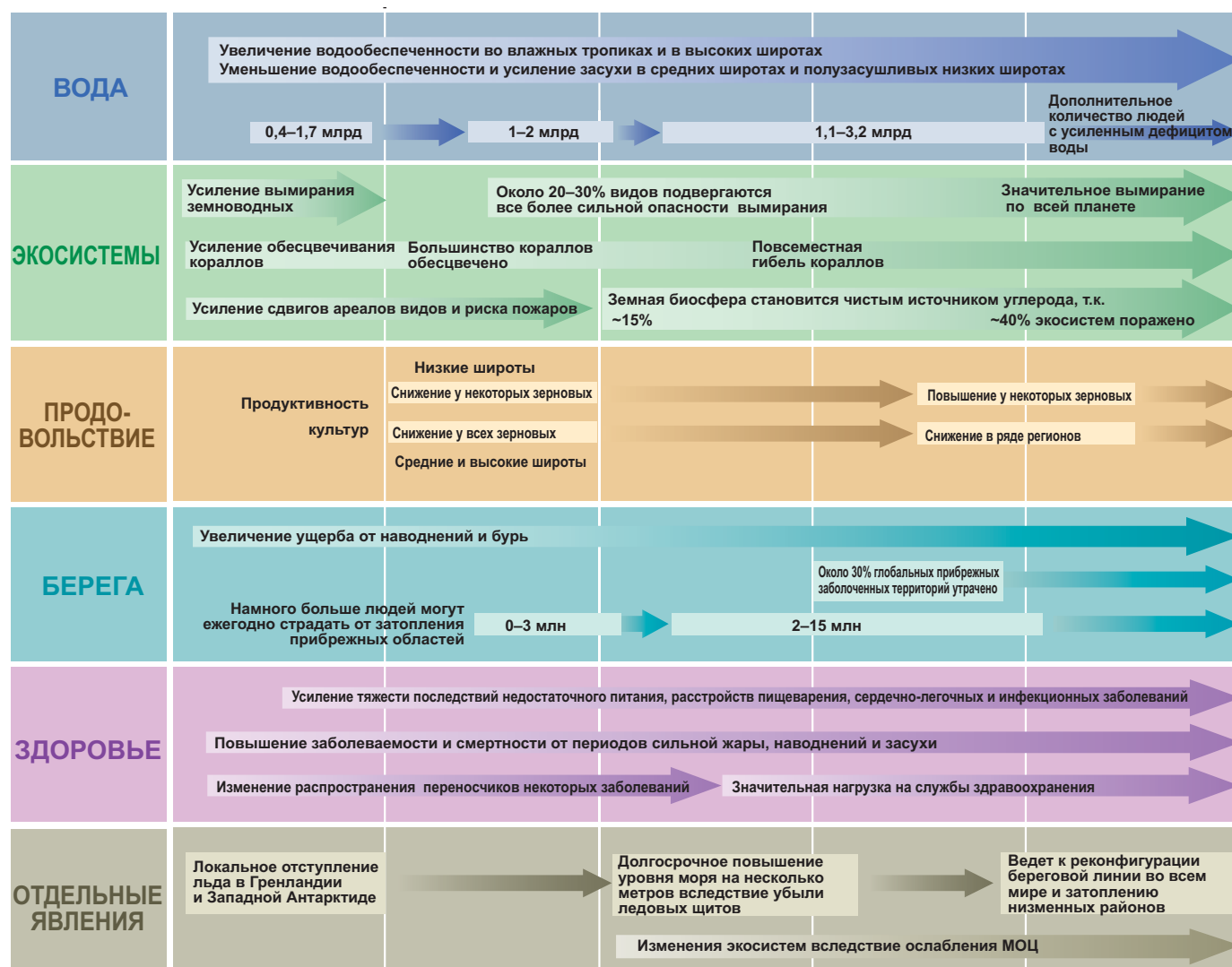


Рисунок 2 – Глобальные последствия, проецируемые для изменений климата (а также уровня моря и концентрации углекислого газа в атмосфере, где это необходимо), связанные с различными объемами повышения глобальной средней приземной температуры в XXI веке (из IPCC, 2007 (а), Техническое резюме)

Изменение глобальной среднегодовой температуры относительно периода 1980–1999 гг. (°C)

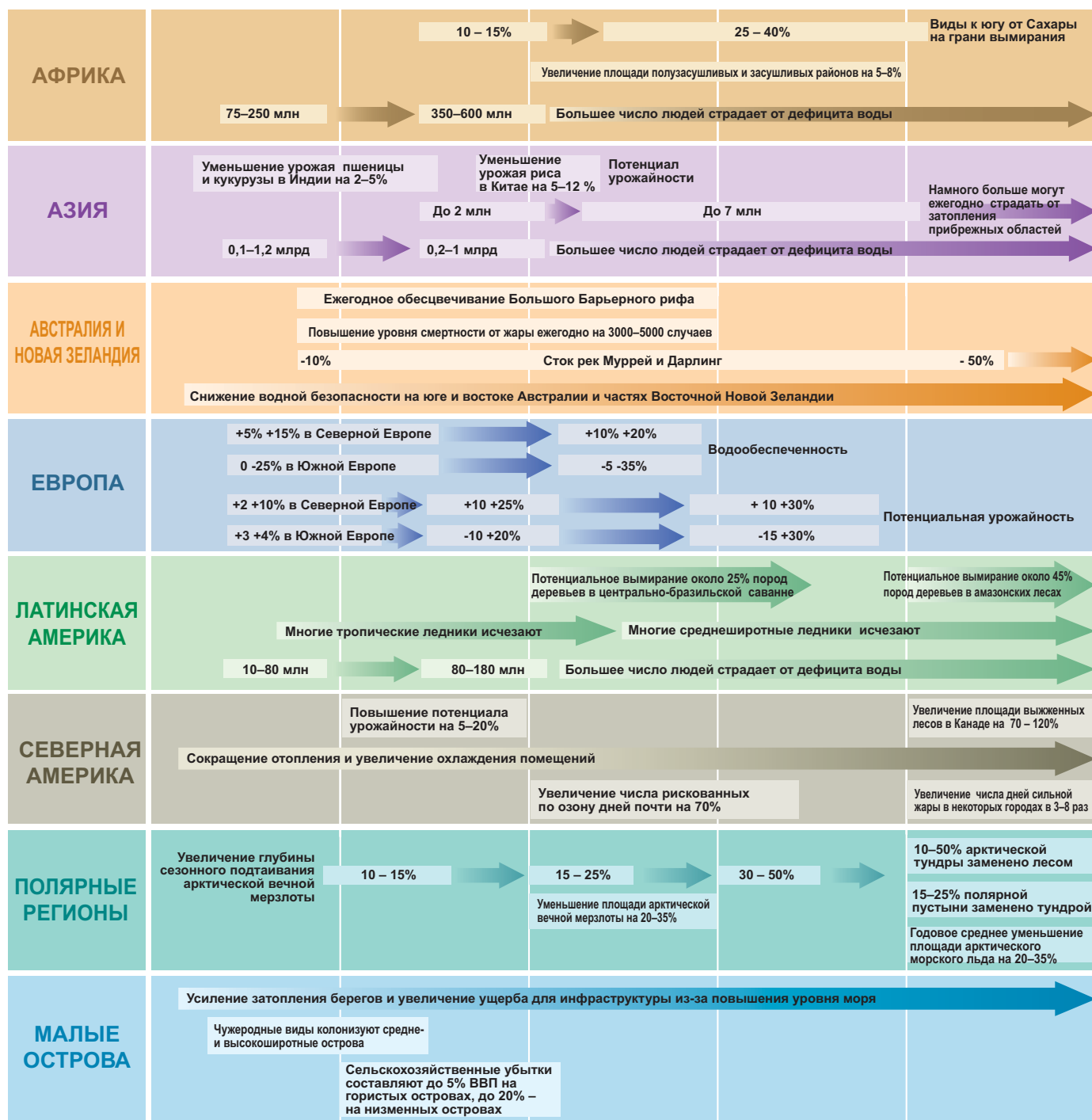


Рисунок 3 – Региональные последствия, проецируемые для изменений климата (а также уровня моря и концентрации углекислого газа в атмосфере, где это необходимо), связанные с различными объемами повышения глобальной средней приземной температуры в XXI веке (из IPCC, 2007 (a), Техническое резюме)

2. Основные последствия и наиболее уязвимые места, которые можно определить сегодня

Со времени Третьей оценки МГЭИК многие дополнительные исследования, особенно в регионах, которые раньше были мало исследованы,

позволили достичь более системного понимания того, как могут повлиять изменения климата и уровня моря, связанные с разными объемами и темпами изменений глобальной средней температуры, на сроки и порядок величины последствий. Основные выводы, касающиеся этих воздействий, обобщены на рис. 2 и 3. На основе этих обобщений коллектив авторов МГЭИК опреде-

лил системы, сектора и регионы, особенно подверженные влиянию изменения климата.

Наиболее уязвимыми являются следующие системы и сектора:

- Некоторые экосистемы, особенно тундра, бореальный лес, горы, экосистемы средиземноморского типа, мангровые болота и

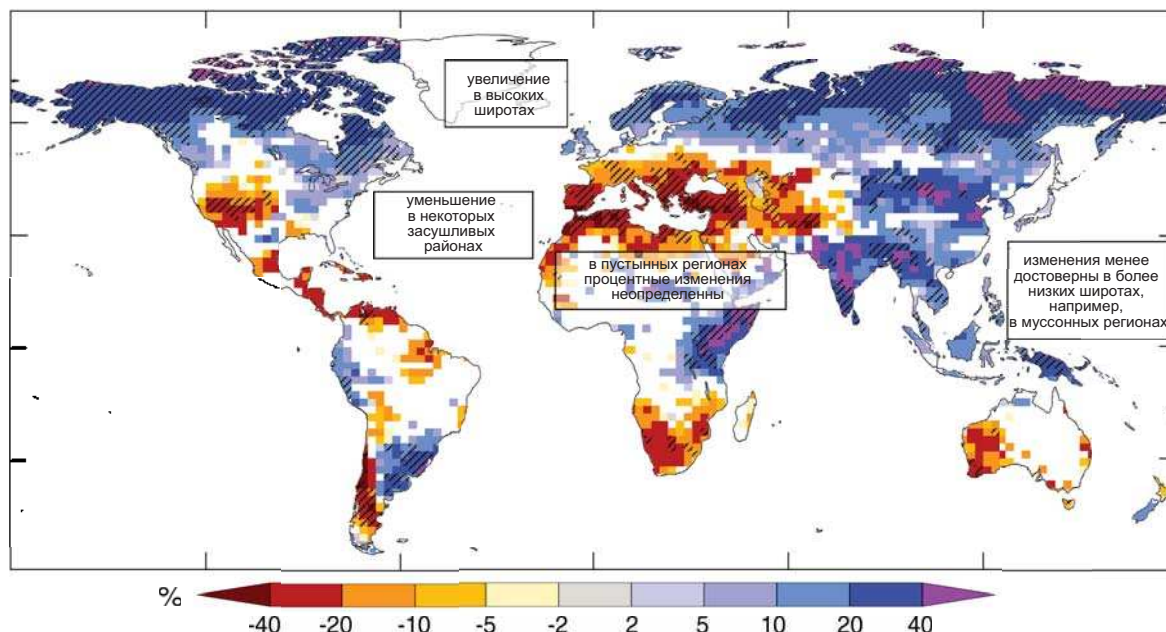


Рисунок 4 – Изменения в водообеспеченности в 2090-х гг. по сравнению с 1980–1999 гг. Приведенные значения являются средней величиной для 12 климатических моделей. Не заштрихованы области, где между собой согласуются менее двух третей моделей, заштрихованы области, где между собой согласуются 90 % моделей (из IPCC, 2007 (с))

- солончаки, коралловые рифы и биомы морского льда.
- Низменные берега, вследствие опасности повышения уровня моря.
- Водные ресурсы в среднеширотных регионах, вследствие количества дождевых осадков и повышения скорости эвапотранспирации.
- Сельское хозяйство в низкоширотных регионах, вследствие уменьшения водообеспеченности.
- Здоровье человека, особенно в районах с низкой способностью к адаптации.

Наиболее уязвимыми регионами являются:

- Арктика, из-за высоких темпов наблюдаемого потепления в естественных системах.
- Африка, особенно регион к югу от Сахары, вследствие низкой способности к адаптации.
- Малые острова, вследствие высокой подверженности населения и инфраструктуры риску повышения уровня моря и усиления штормового нагона воды.

- Азиатские мегадельты рек, таких, как Ганг, Брахмапутра и Цзюцзянь, вследствие большой плотности населения и высокого уровня подверженности повышению уровня моря, штормовому нагону воды и речным наводнениям.

В других регионах, даже с высоким уровнем доходов, в особой опасности могут находиться некоторые категории населения (бедняки, маленькие дети, старики), а также некоторые районы и виды деятельности.

Многие региональные различия в силе воздействия обусловлены изменениями в водообеспеченности (что необходимо для здоровья человека и производства продовольствия). За последние пять лет была получена более четкая картина того, как водообеспеченность может изменяться от региона к региону, при этом указывались ее значительные сокращения в южной части Европы, северной и центральной частях Африки. Если эти изменения произойдут, последствия в этих регионах могут быть суровыми (рис. 4).

3. Весьма вероятны последствия, обусловленные изменившейся силой и частотой экстремальных метеорологических, климатических и связанных с повышением уровня моря явлений

В Четвертом докладе об оценках МГЭИК с большей уверенностью, по сравнению с Третьей оценкой, сделан вывод о том, что некоторые метеорологические явления, такие как волны тепла, бури и засухи, которые имеют значительные последствия, в будущем будут вероятно более частыми и широко распространенными, а в некоторых случаях более сильными. В целом ожидается, что связанные с этими явлениями последствия будут сугубо отрицательными, включая уменьшение водообеспеченности, повреждение урожая, повышение



Jocelyn Ausustino/FEMA

Рисунок 5 – Новый Орлеан, США, 30 августа 2005 г., на следующий день после поражения ураганом Катрина

возможностей для болезней, переносимых насекомыми. Например, в Четвертой оценке сделан вывод, что интенсивная активность тропических циклонов в XXI веке, вероятно, увеличится. Таким образом, есть основания ожидать, что такие явления как ураган *Катрина*, который поразил Новый Орлеан в августе 2005 г. и унес жизни 4000 человек, в будущем будут наблюдаться чаще (рис.5).

4. Некоторые крупномасштабные климатические явления потенциально могут иметь очень серьезные последствия, особенно после XXI века

В Четвертом докладе об оценках Рабочей группы I, сделан вывод о том, что полное таяние Гренландского ледяного щита, обусловленное средним ростом глобальной температуры на $1,9^{\circ}\text{C}$ – $4,6^{\circ}\text{C}$, по сравнению с доиндустриальными значениями,

может привести к повышению уровня моря на 7 м. Полное таяние Западно-Антарктического ледового щита привело бы к повышению уровня моря еще на 5 м. Если это произойдет, будет наблюдаться широкомасштабное затопление низменных районов. Рабочая группа II пришла

к выводу, что резкое изменение меридиональной опрокидывающей циркуляции в северной части Атлантического океана (т.е. ослабление Гольфстрима), которое приведет к похолоданию в северо-западной части Европы, весьма маловероятно в этом столетии.

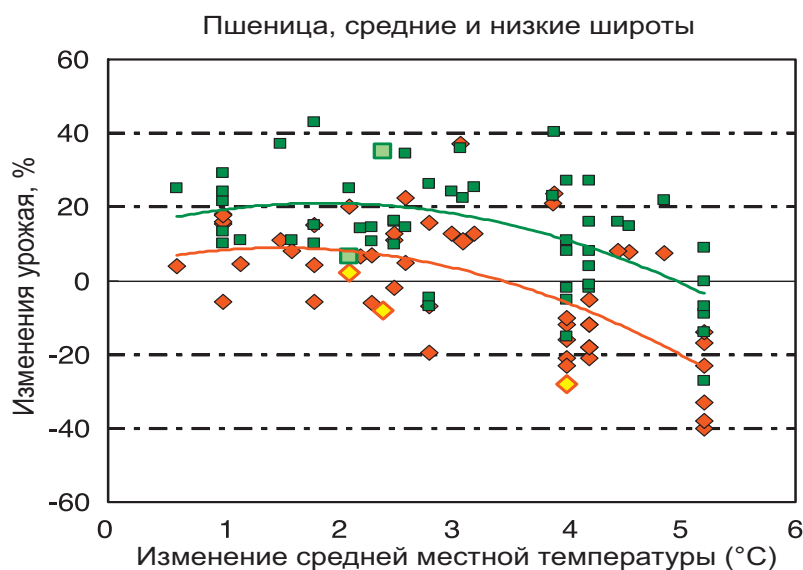


Рисунок 6 – Чувствительность урожая пшеницы в средних и высоких широтах к изменению температуры. В плане реагирования отражена ситуация без мер по адаптации (оранжевые точки) и с мерами по адаптации (зеленые точки). Здесь проанализированы исследования, которые включают в себя определенные изменения в количестве осадков и концентрации двуоксида углерода (из IPCC, 2007 (a))

5. Влияние изменения климата в целом будет негативным

В Четвертом докладе об оценках МГЭИК ясно выражено, что последствия будущего изменения климата будут носить смешанный характер по регионам, но в целом будут негативными. Некоторые низкоширотные и полярные регионы столкнутся с чистыми затратами даже при небольшом повышении температуры. Другие регионы могут получить некоторые выгоды от увеличения температуры на 2–3°C, прежде чем негативные последствия будут носить общий характер. Примером этого служит возможный рост урожая пшеницы при увеличении температуры в средних и высоких широтах на 1–3°C, но при увеличении температуры больше чем на 3°C, урожай понизится (рис. 6).

Эти регионы в настоящее время являются житницами планеты, и поэтому последствия изменения климата здесь сильно скажутся на ценах продовольствия повсюду, а тот факт, что сельскохозяйственное производство является основной частью глобального производства, объясняет наличие широкого спектра неопределенности относительно совокупных последствий изменения климата (при этом при повышении температуры на 4°C ожидается, что глобальные убытки составят 1–5% ВВП, что подтверждает вывод, сделанный в Третьей оценке МГЭИК). Совокупные оценки затрат маскируют значительные различия в последствиях по секторам, регионам, странам и категориям населения. В некоторых местах и среди некоторых групп населения с высоким уровнем подверженности, высокой чувствительностью и (или) низкой способностью к адаптации чистые затраты будут значительно больше, чем глобальная средняя величина.

6. Адаптация будет необходима для реагирования на последствия потепления, которое уже неизбежно из-за выбросов в прошлом

Рабочая группа I пришла к выводу, что даже если бы в настоящее время выбросы были стабилизированы, глобальная температура все равно возросла бы к 2100 г. в среднем еще на 0,6°C. Кроме того, текущие планы по сокращению выбросов предусматривают повышение глобальной средней температуры приблизительно на 1,5°C, по сравнению с сегодняшним днем (т.е. на 2°C, по сравнению с температурой доиндустриального периода). Таким образом, значительные потенци-

альные последствия требуют мер по адаптации, независимо от того, насколько эффективны наши усилия по смягчению последствий.

7. В настоящее время происходит определенная адаптация, но в ограниченных масштабах, а для уменьшения уязвимости к изменению климата необходима более всесторонняя адаптация

Все больше появляется свидетельств о способности человека адаптироваться к наблюдаемому и ожидаемо-



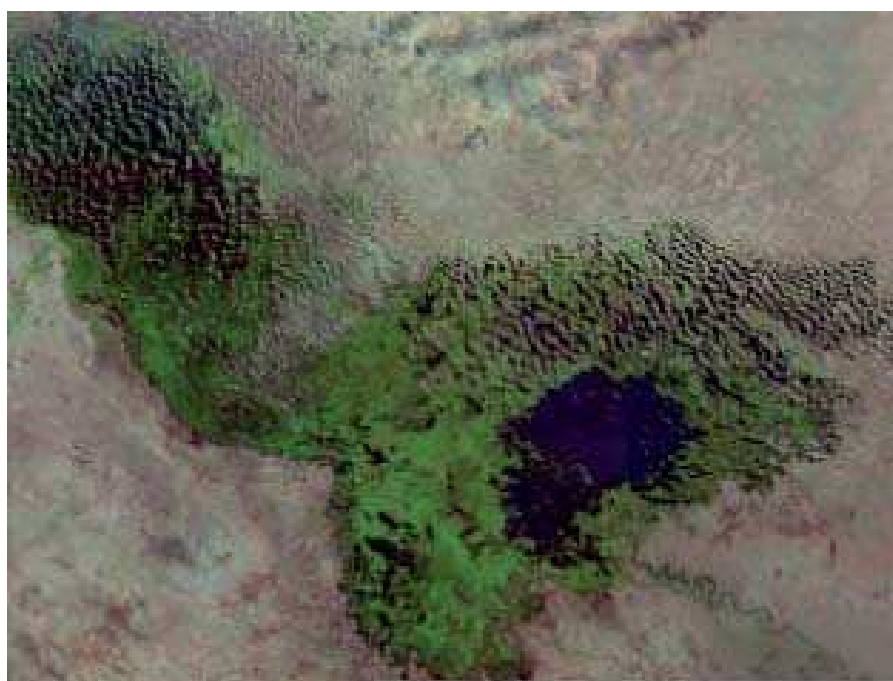
1973



1987



1997



2001

Рисунок 7 – Комплект снимков, показывающих уменьшение площади озера Чад (Западная Африка) в период с 1973 по 2001 г.

ННСА (<http://en.wikipedia.org/wiki/LakeChad>)

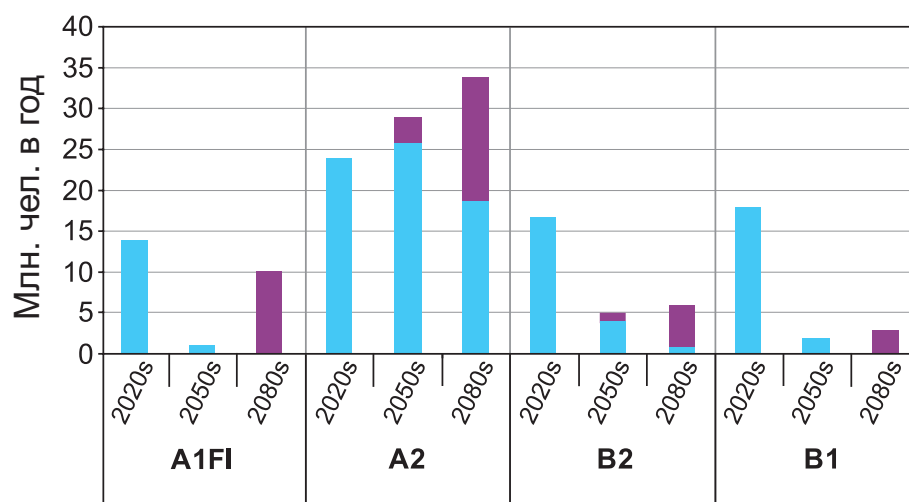


Рисунок 8 – Оценка количества населения (в млн. чел. в год) на планете, которое будет подвергаться риску, связанному с затоплением прибрежных территорий. Синие столбики – количество без учета подъема уровня моря; фиолетовые столбики – количество с учетом подъема уровня моря (из IPCC, 2007 (a), Техническое резюме)

му изменению климата. Например, изменение климата учитывается в проектах инфраструктуры, таких, как укрепление берегов на Мальдивах и в Нидерландах. В качестве других примеров можно привести частичное осушение ледникового озера в Непале, политику управления водными ресурсами в Австралии и реагирование правительств на волны тепла в некоторых европейских странах. Однако необходима значительно более всесторонняя адаптация. Массив потенциальных адаптивных реакций, доступных для человеческого общества, очень велик, начиная с чисто технических (например, укрепление берегов) и поведенческих (например, изменение характера питания и отдыха) и кончая управленческими (например, изменение характера ведения сельского хозяйства) и политическими (например, планирование соответствующих законодательных мер). Однако нам неизвестно, насколько эффективны различные варианты для полного уменьшения рисков и связанных с ними затрат. Это особенно справедливо, когда речь идет о высоких уровнях потепления в долгосрочной перспективе, и авторы МГЭИК заключили, что нельзя ожидать, что адаптивных возможностей

хватит для того, чтобы справиться с высокими уровнями долгосрочного потепления. По этой причине (в соответствии с доводами, которые приводятся ниже) необходимо сочетание мер по адаптации с мерами по смягчению последствий.

8. Уязвимость к изменению климата может усугубляться присутствием других стрессов

Неклиматические стрессы могут повышать уязвимость к изменению климата, снижая устойчивость, а также уменьшать способность к адаптации из-за выделения ресурсов на конкурирующие потребности. Например, в течение последних 30 лет в Сахеле выпадало осадков меньше нормы, что содействовало уменьшению площади озера Чад. Однако не менее важную роль в этом плане могло сыграть увеличение забора воды для нужд человека из рек и водотоков, питающих озеро. Возможно, что уменьшение площади озера (рис. 7.) объясняется как раз сочетанием воздействия

изменения климата и других тенденций.

9. Будущая уязвимость зависит не только от изменения климата, но и от пути развития

Прогнозируемые последствия изменения климата могут сильно варьироваться в зависимости от выбора будущего пути экономического и социального развития. Недавние исследования потенциальных последствий позволяют провести большие различия между регионами в численности населения, уровнях доходов и научно-техническом развитии в рамках различных сценариев. Сегодня ясно, что уровень развития может быть серьезным фактором, определяющим уровень уязвимости к изменению климата.

В качестве иллюстрации на рис. 8 показаны оценки количества людей, которые, согласно проекциям, ежегодно будут затронуты затоплением прибрежных районов по разным сценариям социально-экономического развития. Это показывает, что прогнозируемое число затронутых этими последствиями людей значительно больше по сценарию развития типа A2 (мир в будущем характеризуется относительно низким доходом на душу населения и значительным ростом численности населения), чем по другим сценариям, таким, как A1 (высокий уровень доходов/большая численность населения), B1 (устойчивое развитие/глобальное управление) и B2 (устойчивое развитие/местное управление). Таким образом, разница в последствиях в большой степени объясняется не различиями в изменениях климата, а различиями в уязвимости вследствие высокого уровня доходов и наличия современных технологий. Это важный фактор, потому что он предполагает, что выбор пути развития может играть ключевую роль в смягчении последствий изменения климата.

10. Устойчивое развитие может снизить уязвимость к изменению климата, однако изменение климата может стать препятствием к продвижению государств по пути устойчивого развития

Устойчивое развитие может уменьшить уязвимость к изменению климата посредством повышения способности к адаптации и увеличения противодействия. В настоящее время лишь в некоторых планах по достижению устойчивости развития прямо предусмотрена адаптация к последствиям изменения климата или развитие способности к адаптации. С другой стороны, весьма вероятно, что изменение климата может замедлить темпы прогресса на пути устойчивого развития (например, послужить препятствием к достижению целей в области развития Декларации тысячелетия) либо непосредственно вследствие большей подверженности неблагоприятному воздействию, либо косвенно, подрывая способность к адаптации.

11. Многих последствий можно избежать, многие последствия можно уменьшить или затормозить путем смягчения

На данный момент проведено незначительное количество оценок

последствий по сценариям, в которых предполагается стабилизация концентраций парниковых газов в атмосфере в будущем. Хотя эти исследования не полностью учитывают неопределенности в проекциях климата при стабилизации, они тем не менее позволяют увидеть объем ущерба, которого удастся избежать, или сниженную уязвимость и риски при различных объемах сокращения выбросов.

12. В качестве заключения: нам необходим комплекс мер по адаптации и смягчению последствий, чтобы решить проблему изменения климата, но этому препятствует недостаток информации о затратах и выгодах, связанных с адаптацией

Даже самые убедительные усилия по смягчению не позволят избежать некоторых последствий изменения климата в следующие несколько десятилетий, что делает адаптацию важнейшей задачей, особенно для реагирования на краткосрочные последствия. В самом деле мы начинаем видеть эти последствия уже сейчас. Это делает адаптацию важнейшей задачей, особенно для реагирования на краткосрочные последствия. Однако несмягченные краткосрочные последствия изменения климата, вероятно, могут сказаться на нашей способности к адаптации в долгосрочной перспективе.

Таким образом, необходимо разработать портфель или комплекс стратегий, который включает смягчение последствий, адаптацию, научно-техническое развитие (для усиления как адаптации, так и смягчения последствий) и исследования (в области климатологии, последствий, адаптации и смягчения). Однако анализ выгод от использования комплекса стратегий в настоящее время жестко ограничен недостатком информации о потенциальной стоимости последствий, недостатком адекватной информации об ущербе, которого можно было бы избежать с помощью адаптации, и, особенно, недостатком понимания того, как эти последствия будут варьироваться в зависимости от пути социально-экономического развития. Важно, чтобы эти пробелы в наших знаниях были быстро ликвидированы.

Районирование информации об изменении климата для оценки последствий и адаптации

Филиппо Джорджи*

Введение

В настоящее время очевидно, что проблема антропогенного изменения климата и его влияния на человека и природные экосистемы стоит в ряду наиболее важных экологических и научных задач текущего столетия. Разработка подходящей политики с целью адаптации к изменению климата и стабилизации концентраций парниковых газов ниже опасного порогового значения зависит от наличия климатической информации в масштабах региона, страны и конкретной местности. Такая информация, а также связанная с ней неопределенность, должна предоставляться конечным пользователям и лицам, определяющим политику, для того чтобы принимать адекватные решения относительно ответных действий на изменение климата.

В масштабах от регионального до глобального на сигнал изменения климата воздействуют два типа процессов: изменения крупномасштабной циркуляции, влияющие на последовательность метеорологических явлений, которые характеризуют климат данного региона (например, расположение пути циклонов), и эффекты региональных и локальных воздействий, которые регулируют сигнал широкомасштабных изменений климата (например, сложную топографию, береговую линию и землепользование). Кроме того, по мере уменьшения пространственного масштаба увеличивается измен-

чивость климата, что значительно затрудняет распознавание антропогенных сигналов по естественной изменчивости. Более того, на климат данного региона могут влиять процессы, происходящие далеко за его пределами, за счет дальней корреляционной связи. Вследствие всех этих факторов прогнозирование изменений климата от регионального до локального масштабов сопряжено с большими трудностями и обычно характеризуется высокой степенью неопределенности.

Сопряженные модели общей циркуляции атмосфера–океан (МОЦАО) являются основными современными средствами воспроизведения изменений климата. С разработкой все более мощных компьютерных платформ увеличилось горизонтальное разрешение МОЦАО. Однако большинство этих моделей, используемых для производства прогнозов изменения климата (например, недавно завершённый ансамбль CMIP3, Meehl *et al.*, 2007), все еще имеют горизонтальное разрешение ~100–300 км, которое является слишком грубым для получения информации о мелкомасштабном изменении климата, используемой в исследованиях

оценок влияния. Кроме того, такое разрешение не позволяет точно воспроизвести экстремальные метеорологические явления, которые служат основой для оценки многих последствий изменения климата. Поэтому в конце 1980-х – начале 1990-х годов начали разрабатывать различные методы «районирования» для усовершенствования пространственных характеристик информации, получаемой на основе МОЦАО, и предоставления данных, которые можно использовать в исследованиях оценок влияния (Giorgi *et al.*, 2001).

Средства районирования все более широко применяются для решения самых разных проблем изменения климата, являясь важным ресурсом в исследованиях изменения климата. Однако при их применении необходимо досконально понимать основные допущения, лежащие в основе их использования, а также их потенциальные возможности и ограничения. Это особенно важно в свете того, что поскольку с вычислительной и технической точек зрения методы районирования являются более доступными, чем МОЦАО, они могут все более широко использоваться

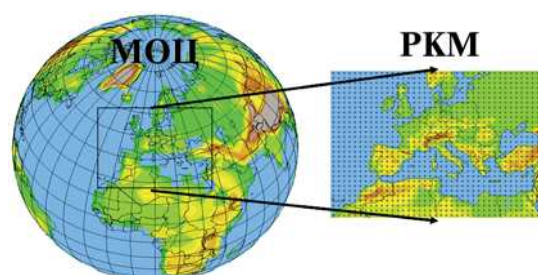


Рисунок 1 – Схематичное изображение гнездового подхода на основе региональной климатической модели

* Международный центр теоретической физики Абдус Салам, Триест, Италия.

научным сообществом и часто являться последним шагом, связывающим климатическую информацию с воздействием и выработкой соответствующей политики.

В данной статье сначала представлен обзор имеющихся сегодня методов районирования, при этом основное внимание уделено лежащим в их основе допущениям, последним разработкам, потенциальным возможностям и ограничениям. Затем следует описание применения этих методов с целью предоставления информации об изменении климата для исследования оценок влияния. В конце представлены перспективы и показана необходимость расширения сфер применения и повышения надежности средств районирования.

Методы районирования: основные допущения, последние разработки, потенциальные возможности и ограничения

В настоящее время имеется четыре средства районирования для усовершенствования климатической информации, получаемой на основе МОЦАО, а именно:

- модели общей циркуляции атмосферы (МОЦА) высокого разрешения с заданным временным интервалом;
- МОЦАО переменного разрешения (ПМОЦ);
- гнездовые региональные климатические модели (РКМ);
- методы статистического даунскейлинга (уменьшения масштаба) (СМД).

Подход на основе МОЦА (например, Cubasch *et al.*, 1995) включает воспроизведение с помощью глобальной модели атмосферы с временными интервалами промежуточного воспроизведения на основе МОЦАО, скажем, один интервал для современных климатических условий (например, 1960–1990) и один для будущих (2071–2100). Температура поверхности моря (ТПМ), необходимая для такого воспроизведения,

предоставляется МОЦАО. Поскольку модель атмосферы выполняется в течение ограниченного периода, МОЦА может достичь относительно высокого разрешения. В процессе последних экспериментов с временными интервалами МОЦА добились разрешения, достигающего несколько десятков километров, и убедительно продемонстрировали улучшение рабочих характеристик модели при увеличении разрешения.

Основное концептуальное допущение, лежащее в основе использования МОЦА с временным интервалом, состоит в том, что воздействие ТПМ, полученной с помощью МОЦАО, согласуется с климатологией МОЦА высокого разрешения. Поскольку это не всегда так, это несоответствие следует оценить с помощью анализа результатов. Основное преимущество моделей МОЦА с временным интервалом – их глобальный охват и способность воспроизводить сопряженность параметров в удаленных друг от друга районах. С другой стороны, МОЦАО – наиболее дорогостоящие средства районирования и поэтому должны выполняться на больших компьютерных платформах, чтобы добиться высокого разрешения.

Подход на основе ПМОЦ состоит в выполнении одного и того же типа воспроизведения, как и в случае МОЦА, но используя при этом глобальную модель с постепенно увеличивающимся горизонтальным разрешением по мере приближения к исследуемому району (Deque and Piedelievre, 1995). Как и в случае МОЦА с временным интервалом, проблемой является потенциальное несоответствие полям ТПМ, хотя этого можно избежать за счет уменьшения полей ПМОЦ по направлению к полям МОЦАО, вынося ТПМ за пределы исследуемой области высокого разрешения. Другой важный момент состоит в том, что физическая параметризация, используемая в ПМОЦ, должна действовать в широком диапазоне пространственных масштабов, что в некоторых случаях может нарушить пределы применимости этих схем. В настоящее время существует несколько ПМОЦ для воспроизведения климата на более высоком региональном

уровне разрешения, достигающем нескольких десятков километров, а недавно был инициирован проект взаимного сравнения ПМОЦ (Fox-Rabinowitz *et al.*, 2006).

Подход на основе РКМ состоит в выполнении таких же экспериментов, как и в случае с ПМОЦ, но при использовании гнездовой РКМ для ограниченной территории (Giorgi and Mearns, 1999). Так как модель охватывает ограниченную территорию, она может достичь очень высокого пространственного разрешения. Для применения РКМ необходимы метеорологические боковые пограничные условия. В гнездовой процедуре эти условия обеспечиваются воспроизведением с помощью соответствующей МОЦАО или полями, полученными на основе глобальных анализов наблюдений. Большинство современных исследований на основе РКМ использовали односторонний гнездовой метод, за счет которого информация, получаемая с помощью РКМ, не возвращается в МОЦ. Однако недавно завершено несколько двусторонних гнездовых экспериментов, которые дали обнадеживающие результаты (Lorenz and Jacob, 2005).

Гнездовая РКМ, возможно, является наиболее широко используемым методом динамического даунскейлинга. Основное допущение, лежащее в основе этого подхода, состоит в том, что МОЦАО воспроизводит реакцию глобальной циркуляции на крупномасштабное воздействие (например, радиационное воздействие парниковых газов), а гнездовая РКМ воспроизводит эффект регионального воздействия масштаба меньше МОЦ (например, топография). Важно подчеркнуть, что при использовании в одностороннем режиме гнездовые РКМ не исправляют грубые ошибки в полях воздействия МОЦ, а главным образом добавляют мелкомасштабную региональную информацию к крупномасштабному климатическому сигналу. Поэтому, прежде чем приступить к эксперименту с использованием РКМ, необходимо сначала проанализировать глобальные поля модели, используемые для боковых пограничных условий.

Несколько десятков систем РКМ разработано в лабораториях всего мира,

и в настоящее время выполняются различные проекты взаимного сравнения для разных территорий (например, Takle *et al.*, 2007). Эти проекты позволили нам лучше разобраться в некоторых технических вопросах, связанных с использованием РКМ, а именно: выбор параметризации области определения и физических параметров; использование различных методов ассимиляции воздействующих боковых пограничных условий; эффект внутренней изменчивости модели относительно бокового пограничного воздействия; разрыв в оптимальном разрешении между воздействующими полями и модельным решением; и пригодность моделей для разных районов. Показано, что РКМ лучше воспроизводят климатические пространственные детали (например, при воздействии сложной топографии и береговой линии) (см. рис. 2) и экстремальные явления, по сравнению с глобальными моделями (Giorgi, 2006). Кроме того, воспроизведение на основе РКМ периодов от нескольких десятилетий до ста лет проводилось с расстоянием между линиями сетки, составляющим несколько десятков километров и менее, показывая тем самым, как мелкомасштабное воздействие может существенно повлиять на сигнал изменения климата (Gao *et al.*, 2006). Проводятся многочисленные исследования, цель которых – связать атмосферные РКМ с моделями других компонентов климатической системы (например, региональные модели океанского и морского льда, химии/аэрозолей и биосферы суши). Последняя сфера применения РКМ – исследования сезонных прогнозов (Wang *et al.*, 2004). Имеется ряд обзорных статей относительно разработки и применения РКМ (Giorgi and Mearns, 1991, 1999; McGregor, 1997; Leung *et al.*, 2003; Wang *et al.*, 2004; Giorgi, 2006).

В методе статистического даунскейлинга (например, Hewitson and Crane, 1996) основная стратегия состоит в том, чтобы разработать статистические взаимосвязи между интересующими прогнозируемыми элементами (например, осадки в определенной точке) и предикторами, которые могут быть получены при воспроизведении с помощью глобальной модели (например,

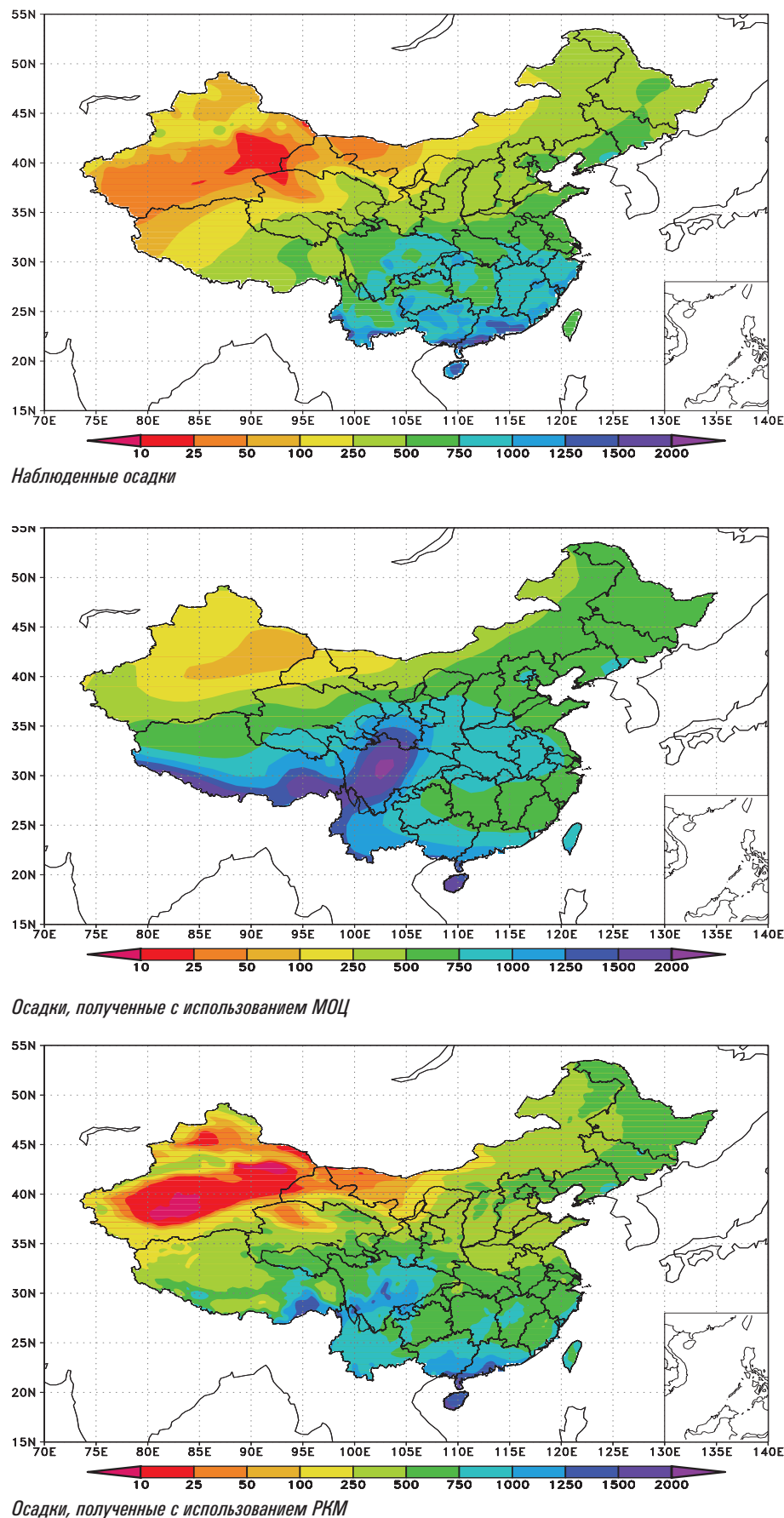


Рисунок 2 – Наблюдаемые и смоделированные муссонные осадки над территорией Китая (май–сентябрь) в РКМ и МОЦ. Осадки получены как средняя величина за 30-летний период, шаг сетки РКМ составляет 20 км. Единицы измерения – мм/сутки. Этот рисунок служит примером усовершенствования РКМ по сравнению с МОЦ (Gao *et al.*, 2008)

высота 500 гПа). Эти взаимосвязи строятся на основе наблюдений и затем применяются к результатам воспроизведения будущего климата с помощью МОЦАО, чтобы получить местную информацию об изменении климата. Хотя это является базовой философией, лежащей в основе статистического даунскейлинга, здесь существует много различных вариантов (например, Giorgi *et al.*, 2001; Christensen *et al.*, 2007).

Методы статистического даунскейлинга основаны на главном допущении о том, что статистические взаимосвязи, разработанные с использованием современной климатической информации, действительны при разных климатических условиях (Hewitson and Crane, 1996). Это допущение трудно проверить, поскольку условия повышенного воздействия парниковых газов могут существенно отличаться от условий, отмеченных в исторических данных, используемых для разработки моделей статистического даунскейлинга. Второе основное допущение состоит в том, что предикторы, используемые в этих моделях, абсолютно типичны для сигнала изменения климата, что может потребовать комбинированного использования разных предикторов, исходя из конкретной цели того или иного исследования. С точки зрения расчетов, методы статистического даунскейлинга недороги, что позволяет их легко применять к результатам разных МОЦ. Еще одним преимуществом этих моделей является то, что они могут предоставлять местную информацию или информацию, подобранную для конкретных случаев применения, которую нельзя получить с помощью численных моделей. Для разработки надежных статистических взаимосвязей необходим достаточно качественный массив данных наблюдений за длительный период.

В настоящее время существует множество подходов статистического даунскейлинга, включая модели регрессионного типа, схемы генератора и классификации погоды, нейронные сети, аналоговые методы (Giorgi *et al.*, 2001; Christensen *et al.*, 2007). В силу наличия такого широкого диапазона методов статистического даунскейлинга, оценить

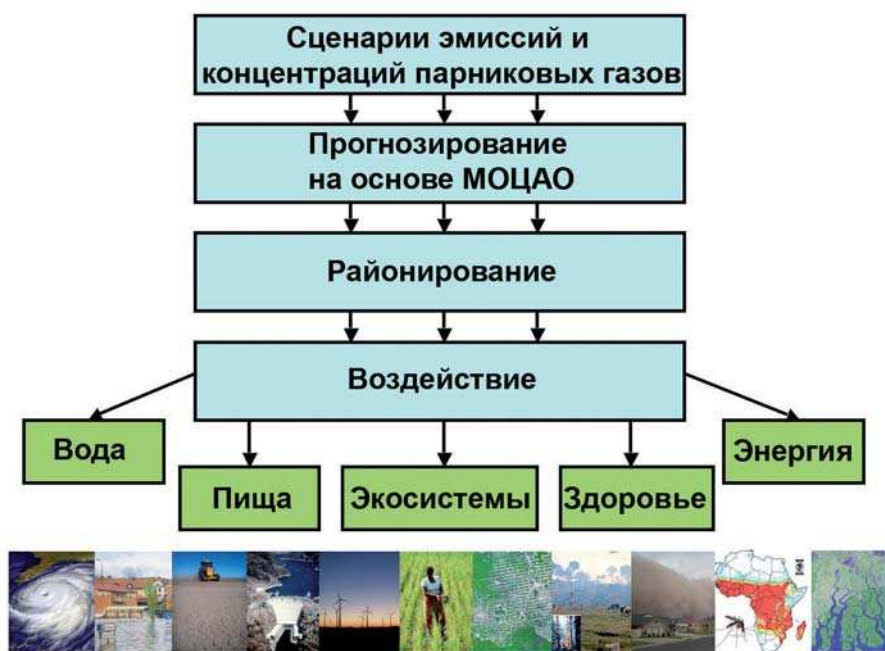


Рисунок 3 – Схематическое изображение этапов получения информации об изменении климата, которую можно использовать для оценки воздействия с помощью методов районирования

их крайне трудно, поскольку модели часто связаны с конкретными случаями применения. Однако эти методы стали настолько совершенными, что используются сегодня в разнообразных и всесторонних исследованиях воздействия от регионального до локального масштабов (Christensen *et al.*, 2007). Wilby *et al.* (2004) предлагают исчерпывающую дискуссию вопросов, связанных с применениями.

Использование средств районирования для предоставления климатической информации, необходимой для оценки воздействий и исследования адаптации

Все методы районирования подвергались существенной разработке и все больше используются в самых разных случаях – от исследований процесса до моделирования палеоклимата и изменения климата.

На рис.3 показана последовательность шагов, которые необходимо предпринять, чтобы получить сценарий «районированного» измене-

ния климата для использования в исследованиях оценок воздействия (Giorgi, 2005). Сначала составляются сценарии эмиссий и концентраций парниковых газов на основе допущений социально-экономического развития или целевых сценариев стабилизации. Затем эти сценарии вводятся в сопряженные МОЦАО для выполнения промежуточных моделирований изменений климата в XXI веке и, возможно, позднее. Поля, полученные на основе этих моделирований, вводятся в средства районирования, которые затем производят информацию, поступающую в модели воздействия и в конечном счете используемую в планировании адаптации.

Каждый этап в этом процессе характеризуется определенным уровнем неопределенности. Наибольшая неопределенность обусловлена использованием различных сценариев эмиссий парниковых газов, различных конфигураций глобальных моделей и различных моделей и методов районирования (Giorgi, 2005). В результате этого неопределенность, связанная с региональным прогнозированием, очень высока, и сегодня доверие вызывают модельные прогнозирование изменения климата лишь в некоторых регионах (Giorgi *et al.*, 2001; Christensen *et al.*, 2007).

Пользователи методов районирования сталкиваются с двумя неприятными моментами – добавленной стоимостью использования средства районирования и необходимостью выбора метода районирования. Что касается первого: для конкретного случая применения необходимо выполнить тщательную оценку, чтобы решить, даст ли использование средства даунскейлинга дополнительную полезную информацию. Например, это касается районов со сложной топографией или исследований экстремальных явлений. Однако возможно, что в некоторых случаях применения информация, полученная на основе МОЦАО, может использоваться напрямую.

Что касается второго момента, разные методы районирования имеют разные преимущества и ограничения, и выбор подхода зависит от конкретного применения и наличия ресурсов. По результатам взаимного сравнения методов, модели динамического и статистического даунскейлинга показывают сопоставимые характеристики при воспроизведении современного климата. Однако воспроизведенный сигнал изменения климата может быть совсем другим, главным образом из-за использования конкретных предикторов и допущений в методах статистического даунскейлинга.

Конечный пользователь методов районирования, использующих

модели, может получить временные ряды основных климатических переменных (например, температуру, осадки, ветер) в масштабе времени менее суток с соответствующими разрешениями модели для всего XXI века или отдельных его периодов. В настоящее время типичное разрешение, которое можно получить с помощью физической модели районирования, составляет несколько десятков километров. Если необходимо более высокое разрешение, средство статистического даунскейлинга должно уменьшить масштаб информации, получаемой с помощью климатической модели, до локального масштаба и образовать временные ряды соответствующих климатических переменных.

Исходя из этих соображений, можно утверждать, что оптимальный подход состоит в комбинированном использовании различных методов даунскейлинга. Например, МОЦА с временным интервалом можно было бы использовать для получения информации промежуточного разрешения в качестве связующего звена МОЦАО и ПМОЦ или РКМ, которые затем могут дать климатические поля более мелкого масштаба. Они в свою очередь могут дать более детальные и внутренне согласованные предикторы для моделей статистического даунскейлинга, предназначенных для предоставления специализированной информации для исследований оценок воздействий.

Пример такого подхода (за исключением последнего – этапа статистического даунскейлинга) приведен на рис.4 (взято у Diffenbaugh *et al.*, 2007). На этом рисунке представлено изменение частоты явлений с тепловым индексом высокой опасности (степень теплового стресса, основанная на температуре и относительной влажности) в бассейне Средиземного моря за период 2071–2100 гг., по сравнению с периодом 1961–1990 гг., в соответствии со сценарием эмиссий A2 МГЭИК (2000). Он был получен при использовании МОЦА с временным интервалом по данным ТПМ сопряженной МОЦАО. Затем поля МОЦА использовались в качестве боковых пограничных условий для моделирования с помощью гнездовой РКМ с масштабом сетки 50 км. Поля этого моделирования, в свою очередь, использовались, чтобы обеспечить боковые пограничные условия для дальнейшего выполнения гнездовой РКМ с интервалом сетки 20 км. Ключевым аспектом рис.4 является способность этого подхода множественного даунскейлинга обеспечить очень подробную информацию о тепловом стрессе, которая затем может быть использована при разработке соответствующих мер адаптации.

Еще один пример применения даунскейлинга показан на рис.5, на котором модель статистического даунскейлинга используется, чтобы показать изменения осадков в июне, июле и августе в Африке, согласно результатам различных МОЦАО. В частности, на этом примере показано, как модели статистического даунскейлинга могут легко применяться к результатам воспроизведения с помощью различных глобальных моделей.

Перспективы и необходимость будущего использования методов районирования в исследованиях изменения климата

В настоящее время средства районирования являются важным аспектом исследований изменения

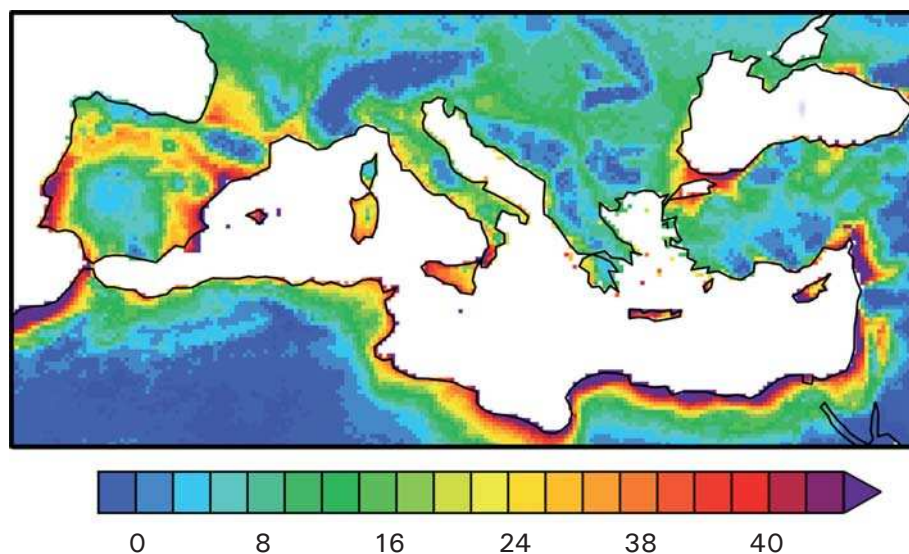


Рисунок 4 – Смоделированное увеличение количества дней с тепловым стрессом высокой опасности на основе системы множественной гнездовой РКМ (см. текст) (Diffenbaugh *et al.*, 2007)

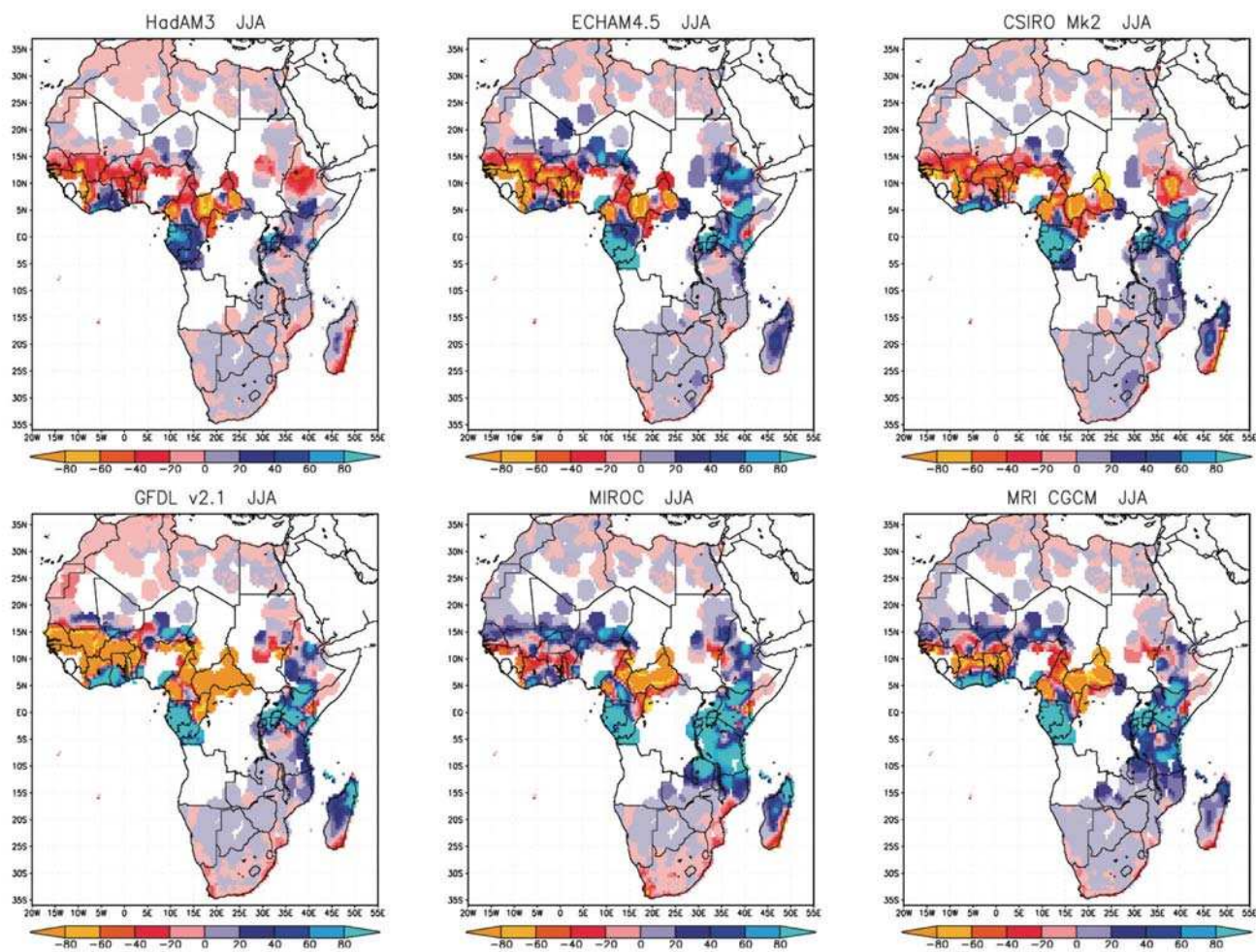


Рисунок 5 – Воспроизведенное изменение осадков в июне, июле и августе в Африке по данным модели статистического даунскейлинга, применяемой к результатам воспроизведения на основе разных глобальных моделей (В. Hewiston, личный контакт)

климата. Большинство методов районирования могут выполняться на сравнительно недорогих компьютерных платформах (например, персональных компьютерах), а это значительно расширяет базовый контингент пользователей. С одной стороны, этот процесс «быстрого распространения» помогает лучше понять и оценить применимость моделей, а с другой, он требует большой осторожности, чтобы применять их надлежащим образом.

Каковы наиболее насущные потребности, связанные со столь широким применением методов районирования? Одной из них, безусловно, является наличие усовершенствованных массивов данных наблюдений для проверки и калибровки динамических и статистических моделей. Современные РКМ могут выполняться в масштабах сетки 10 км и менее, а модели статистического даунскейлинга могут достигать локального масштаба. Кроме того, растет пот-

ребность применения этих моделей во всех регионах мира, включая отдаленные и горные районы. Для этого потребуются массивы высококачественных мелкомасштабных данных наблюдений, охватывающих весь земной шар, чтобы можно было их использовать для валидации и проверки динамических моделей и калибровки моделей статистического даунскейлинга. В этом отношении ГСНК может служить фундаментальной основой для повышения качества современных данных наблюдений.

Целевое горизонтальное разрешение физических моделей быстро приближается к 10 км и менее. При таком разрешении необходимо усовершенствовать как динамические, так и физические составляющие многих современных систем. Например, многие МОЦА, ПМОЦ и РКМ используют гидростатическое допущение и конвективные схемы, основанные на четком разделении

масштабов между масштабом облака и масштабом сетки модели. Ни одно из этих допущений не остается в силе, когда горизонтальное разрешение приближается к 10 км и менее. Схемы пограничного слоя, возможно, также потребуют подобного усовершенствования. Поэтому в ближайшие годы будут непременно предприняты усилия в области разработки моделей.

Понимание источников неопределенности, связанной с прогнозированием регионального изменения климата, является важным аспектом информации, чтобы дать количественную оценку воздействию изменения климата (Giorgi, 2005). Как указано выше, основным источником неопределенности является использование разных моделей или средств районирования. Оценка такой неопределенности требует скоординированного завершения операций моделирования с различными сценариями изменения

климата, моделями и методами. Эту координацию нелегко осуществить в рамках региональных исследований, поскольку разные партнеры часто заинтересованы в разных проблемах и регионах. В этом отношении ВМО может помочь наладить взаимосвязь между различными сообществами, занимающимися моделированием, и создать общую основу для взаимного сравнения и комбинированного использования моделей и методов.

И, наконец, благодаря средствам районирования ученые из развивающихся стран могут принимать непосредственное участие в моделировании изменения климата (Huntingford and Gash, 2005). Эти страны считаются наиболее уязвимыми к изменению климата и, следовательно, им крайне необходимо выработать меры адаптации. Поэтому важно, чтобы они создали свое ноу-хау относительно разработки информации о региональном и локальном изменении климата, которая имеет прямое отношение к их конкретным нуждам. Необходимо повышать свой образовательный уровень, чтобы понимать и использовать все описанные здесь средства моделирования, а также использовать информацию, полученную по результатам модели при выполнении международных проектов. Этого можно добиться путем регулярного проведения учебных семинаров, обмена визитами и выполнения совместных научных проектов. Хотя некоторые мероприятия такого рода проводятся в настоящее время (Pal et al., 2007; <http://www.aiaccproject.org/>; <http://precis.metoffice.com/>), важную роль здесь будет по-прежнему играть ВМО.

Литература

- CHRISTENSEN, J.H. *et al.*, 2007: Regional Climate Projections. Chapter 11 of: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (S. Solomon *et al.*, eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 847–940.
- CUBASCH, U., *et al.*, 1995: Regional climate changes as simulated by time-slice experiments. *Climatic Change*, 31, 273–304.
- DEQUE, M. and J.P. PIEDELIEVRE, 1995: High resolution climate simulation over Europe. *Climate Dynamics*, 11, 321–339.
- DIFENBAUGH, N.S., J.S. PAL, F. GIORGI and X. GAO, 2007: Heat stress intensification in the Mediterranean climate change Hot-Spot. *Geophysical Research Letters*, 34, L11706.
- FOX-RABINOWITZ, M. *et al.*, 2006: Variable resolution general circulation models: stretched grid model intercomparison project (SGMIP). *Journal of Geophysical Research*, 111, D16104.
- GAO, X., J.S. PAL and F. GIORGI, 2006: Projected changes in mean and extreme precipitation over the Mediterranean region from high resolution double nested RCM simulations. *Geophysical Research Letters*, 33, L03706.
- GAO, X. *et al.*, 2008: Reduction of future monsoon precipitation over China: comparison between a high resolution RCM simulation and the driving GCM. *Meteorology and Atmospheric Physics* (in press).
- GIORGI, F., 2005: Climate change prediction. *Climatic Change*, 73, 239–275.
- GIORGI, F., 2006: Regional climate modeling: status and perspectives. *Journal de Physique*, IV, 139, 101–118.
- GIORGI, F. and L.O. MEARN, 1991: Approaches to the simulation of regional climate change: a review. *Reviews of Geophysics*, 29, 191–216.
- GIORGI, F. and L.O. MEARN, 1999: Introduction to special section: regional climate modeling revisited. *Journal of Geophysical Research*, 104, 6335–6352.
- GIORGI, F., *et al.*, 2001: Regional climate information—evaluation and projections. Chapter 10 of: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (J.T. Houghton *et al.*, eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 583–638.
- HEWITSON, B.C. and R.G. CRANE, 1996: Climate downscaling: techniques and application. *Climate Research*, 7, 85–95.
- HUNTINGFORD, C. and J. GASH, 2005: Climate equity for all. *Science*, 309, 1789.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2000: Special Report on Emission Scenarios, N. Nakicenovic *et al.* (eds), Cambridge University Press, New York, 599 pp.
- LEUNG, L.R., L.O. MEARN, F. GIORGI and R.L. WILBY, 2003: Regional climate research: needs and opportunities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82, 89–95.
- LORENZ, P. and D. JACOB, 2005: Influence of regional scale information on the global circulation: a two-way nesting climate simulation. *Geophysical Research Letters*, 32, L14826.
- MCGREGOR, J.L., 1997: Regional climate modeling. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 63, 105–117.
- MEEHL, G.A., *et al.*, 2007: The WCRP CMIP3 multimodel ensemble—a new era in climate change research. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88, 1383–1394.
- PAL, J.S. *et al.*, 2007: Regional climate modeling for the developing world: the ICTP RegCM3 and RegCNET. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88, 1395–1409.
- TAKLE, E.S. *et al.*, 2007: Transferability intercomparison—an opportunity for new insight on the global water cycle and energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88, 375–384.
- WANG, Y. *et al.*, 2004: Regional climate modeling: progress, challenges and prospects. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 82, 1599–1628.
- WILBY, R.L. *et al.*, 2004: *Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods*. IPCC Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Analysis (TGICA), http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/guidelines/StatDown_Guide.pdf.

Выражение признательности

Выражаю благодарность Рупа Кумар Колли за редакторские замечания и Е. Коппола за техническую помощь.

Адаптация к изменчивости и изменению климата: процесс проведения форумов по ориентировочным прогнозам климата

Лабан Огалло¹, Пьер Бессемулен², Жан-Пьер Сэрон², Саймон Мейсон³, Стивен Дж. Коннор³

Введение

Экстремальные явления погоды и климата ассоциируются с человеческими жертвами, разрушением собственности и разнообразными социально-экономическими бедствиями по всему миру. Они создают угрозу для жизнедеятельности и самого существования человечества. Кажется, что уязвимость общества растет год от года во многих развивающихся странах, особенно в Африке. Недавно вышедший Четвертый доклад об оценках Межправительственной группы экспертов по изменению климата подтверждает, что деятельность человека изменяет климат, так как в результате этой деятельности в атмосферу попадают парниковые газы (IPCC, 2007). Таким образом, преодоление негативных последствий текущих экстремальных явлений климата и адаптация к будущим его изменениям являются одними из самых крупных задач, стоящих перед человечеством.

В последние 10 лет ВМО, национальные метеорологические и гидрологические службы (НГМС), региональные климатические учреждения и другие международные организации осуществляют инновационный процесс, известный как региональные форумы по ориентировочным прогнозам климата (РКОФ) с целью предоставления

подготовленной на основе консенсуса информации, содержащей заблаговременные предупреждения о сезонном климате, для уменьшения связанных с климатом рисков и поддержки устойчивого развития в определенных регионах. РКОФ объединяют усилия климатологов, политиков и широкого сообщества пользователей по подготовке предупреждений о потенциальном влиянии климата на различные социально-экономические сектора. Темы РКОФ выбираются в зависимости от преобладающих потребностей пользователей в области регионального климата. В настоящей статье рассматривается роль процесса РКОФ в адаптации к изменчивости и изменению климата. Обсуждаются следующие темы:

- Сам процесс РКОФ, включая историю и различные механизмы для разработки и распространения согласованных прогнозов;
- Предсказуемость климата в сезонно-межгодовых временных масштабах;
- Удовлетворение постоянно растущих и разнообразных потребностей пользователей;
- Оценка ценности продукции РКОФ и выгод, получаемых от ее использования;
- Случаи успешного применения продукции РКОФ;
- Ограничения и задачи, связанные с продукцией РКОФ.

Процесс

Идея проведения «форумов по ориентировочным прогнозам климата» возникла на практическом семинаре по сокращению связанной с климатом уязвимости в Южной Африке (Виктория Фолз, Зимбабве, октябрь 1996 г.). Когда было признано, что климатические предсказания могут принести существенную пользу во многих частях планеты для адаптации и смягчения последствий изменения и изменчивости климата, был инициирован процесс планирования организации РКОФ, генеральная задача которого заключалась в подготовке и распространении региональной оценки (преимущественно с использованием метода консенсуса) состояния климата на предстоящий сезон. Процесс налаживания связей между поставщиками климатического обслуживания и представителями секторов пользователей на региональном и национальном уровнях оказался включенным в процесс РКОФ.

Признавая свою уязвимость к экстремальной изменчивости климата, Африка стала первопроходцем процесса РКОФ и активным его участником. Участвующие страны признали предсказание и сезонное прогнозирование климата в качестве мощного средства для развития, помогающего населению и лицам, принимающим решения, справляться с задачами, которые ставят перед ними изменчивость и изменение климата. Национальные и региональные возможности могут быть разные, но они определенно недостаточны, чтобы справиться с

¹ Межправительственный орган по вопросам развития центра климатических предсказаний и применений, Найроби, Кения

² Метеорологическая служба Франции

³ Международный научно-исследовательский институт по климату и обществу, Палисадес, Нью-Йорк, США



этим задачами в одиночку. Начиная с 1997 г., когда был проведен первый форум в Кадоме (Зимбабве), Африка получает пользу как от значительного наращивания потенциала, так и от финансирования, которое позволяет проводить форумы по ориентировочным прогнозам климата для Южной и Западной Африки один раз в год, а форум по ориентировочным прогнозам климата для района Большого Африканского Рога – два раза в год. Параллельно НГМС и некоторые лица, принимающие решения, пришли к пониманию возможности получения потенциальных выгод и стали играть в процессе более активную роль. Ответственность за проведение форумов сегодня большей частью лежит на региональных и национальных органах, но имеется постоянная необходимость в их поддержке на всех уровнях, чтобы сохранить набранный темп.

ВМО с помощью Программы по обслуживанию климатической информацией и прогнозами и Региональной программы внесла важный вклад в развитие и деятельность форумов наряду с другими вкладами в денежной и не денежной формах, сделанными на двусторонней и многосторонней основе. В число организаций, которые внесли свой вклад в этот процесс, входят: Бюро глобальных программ Национального управления США по исследованию океанов и атмосферы, Европейский союз, Международный научно-исследовательский институт по климату и обществу, Метеорологическое бюро Соединенного Коро-

левства, Метеорологическая служба Франции, Всемирный банк, многие НГМС и некоторые другие организации, включая университеты и научно-исследовательские институты.

Один из важных аспектов форумов заключается в том, чтобы свести вместе экспертов в различных областях, местных метеорологов и конечных пользователей прогнозов в обстановке, стимулирующей взаимодействие и готовность к обучению. Впоследствии процесс РКОФ распространился на Южную, Центральную Америку, Азию и острова Тихого океана. Несмотря на то, что механизмы проведения РКОФ в разных частях мира были разными и зависели от местных условий, основная идея оставалась одной и той же и распространялась на все регионы. Она состояла в том, чтобы предоставлять подготовленную на основе консенсуса и необходимую для пользователей продукцию по ориентировочным прогнозам климата в реальном масштабе времени посредством регионального сотрудничества и партнерства.

Среди задач, определенных в рамках процесса на сегодняшний день, одна из ключевых связана с подготовкой и предоставлением продукции в виде климатической информации и предсказаний, которая удовлетворяет потребности пользователей. Для выполнения этой задачи потребуются сконцентрированные усилия, которые помогут показать выгоды от использо-

вания такой продукции. Эта задача, а также задача по обеспечению устойчивости свидетельствуют о постоянной потребности в улучшении научной основы прогнозов для стабильной поддержки наращивания потенциала.

Процесс подготовки предсказаний на основе консенсуса, являющийся отличительной чертой РКОФ, состоит из следующих элементов:

- Определение предельного времени для разработки климатического прогноза по рассматриваемому региону;
- Формирование группы экспертов в следующем составе:
 - специалисты по предсказаниям в больших временных масштабах;
 - специалисты по применениям и прогнозированию регионального и местного климата/уменьшению охвата моделей с глобального до регионального уровня;
 - представители секторов, зависящих от климата;
- Обзор текущих крупномасштабных (глобальных и региональных) климатических аномалий и самых последних климатических прогнозов с целью их развития;
- Обзор текущих климатических условий и их влияния на местном, национальном и региональном уровнях и прогнозов общенационального масштаба;
- Рассмотрение всех факторов, подготовка прогноза на основе консенсуса и связанной с ним выходной продукции (например, карт аномалий температуры и осадков), которая будет использоваться и адаптирована (например, на основе методов уменьшения охвата моделей с глобального до регионального уровня) НГМС в регионе для удовлетворения национальных потребностей;
- Обсуждение применений прогноза и связанной с ним климатической информации в секторах региона, зависящих от климата; рассмотрение видов практической продукции, которые будут разрабатываться НГМС;
- Разработка стратегий эффективной передачи информации лицам, принимающим решения во всех задействованных секторах;
- Оценка сессии и ее результатов;

- Документальное фиксирование достигнутых улучшений процесса и проблем, с которыми пришлось столкнуться;
- Разработка действий для дальнейшего улучшения процесса ко времени следующих сессий;
- Обеспечение по мере необходимости последующих обновлений.

РКОФ стимулируют развитие потенциала НГМС в области климата. Они в значительной степени содействуют принятию решений и осуществлению действий, которые смягчают неблагоприятное влияние климата и помогают обществу адаптироваться к его изменчивости. Можно также отметить, что, помимо прямой поддержки РКОФ, ВМО вместе с другими партнерами предпринимает согласованные усилия, чтобы создать ряд глобальных и региональных механизмов для дальнейшего укрепления деятельности РКОФ. ВМО учредила назначенные глобальные центры подготовки долгосрочных прогнозов, которые выпускают в реальном режиме времени глобальные сезонные прогнозы, доступные для всех стран-членов ВМО. ВМО с помощью своих региональных ассоциаций близка к учреждению региональных климатических центров для удовлетворения особых потребностей регионов в климатическом обслуживании.

Процесс РКОФ, который был начат в Африке, включает учебный компонент для укрепления потенциала региональных климатологов с помощью проведения регионального учебно-практического семинара по сезонному предсказанию климата при поддержке региональных, а также международных экспертов. После этого семинара проходит совещание региональных и международных экспертов, на котором достигается консенсус для подготовки ориентировочного прогноза регионального климата. Однако сам форум предполагает еще и взаимодействие между климатологами и пользователями для разработки стратегий реагирования. РКОФ также обеспечивает форум для рассмотрения затруднений в использовании климатической информации, накопленного опыта и успешно усвоенных уроков, ка-

сающихся применения продукции последнего РКОФ и разработки новых стратегий для отраслевых применений. После последних РКОФ проводились национальные форумы по выпуску для конечных пользователей детальной информации о рисках, связанных с климатом на национальном уровне.

Предсказуемость климата в сезонно-межгодовых временных масштабах

В предыдущем разделе отмечалось, что процесс РКОФ предполагает согласованную подготовку ориентировочных прогнозов сезонного климата для конкретных регионов на основе продукции, касающейся сезонного предсказания, получаемой из различных климатических центров. В этой связи важно рассмотреть вопросы предсказуемости климата в сезонном масштабе, чтобы понять ограничения и проблемы, связанные с продукцией РКОФ. В этом контексте последний Документ с изложением позиции Всемирной программы исследований климата (ВПИК) в отношении сезонного предсказания (WCRP, 2007) также представляет интерес для более подробного рассмотрения соответствующих вопросов.

Предсказуемость климата в сезонном временном масштабе

Численные прогнозы погоды теряют практически всю свою успешность, когда срок их действия выходит за пределы 15 дней, и все же численные прогнозы климата на следующие несколько месяцев выпускать можно. Что делает возможным предсказания климата в сезонном временном масштабе, когда погоду в таком масштабе предсказать не возможно? Развитие атмосферы зависит от ее первоначального состояния, а также от воздействия, оказываемого на нее внешними источниками, такими как солнце или поверхности океанов и континентов. Чтобы дать прогноз погоды на следующие несколько дней, основной акцент должен быть сделан на прогнозировании изменения состояния атмосферы по сравнению с первоначальным. Чтобы дать прогноз климата на следующие несколько месяцев, основной акцент должен быть сделан на прогнозировании влияния, которое окажут на атмосферу внешние механизмы воздействия. В связи с тем, что развитие этих внешних факторов обычно идет медленно и, как правило, предсказуемо в диапазоне нескольких месяцев (что особо касается температуры поверхности моря), воздействие, которое будет

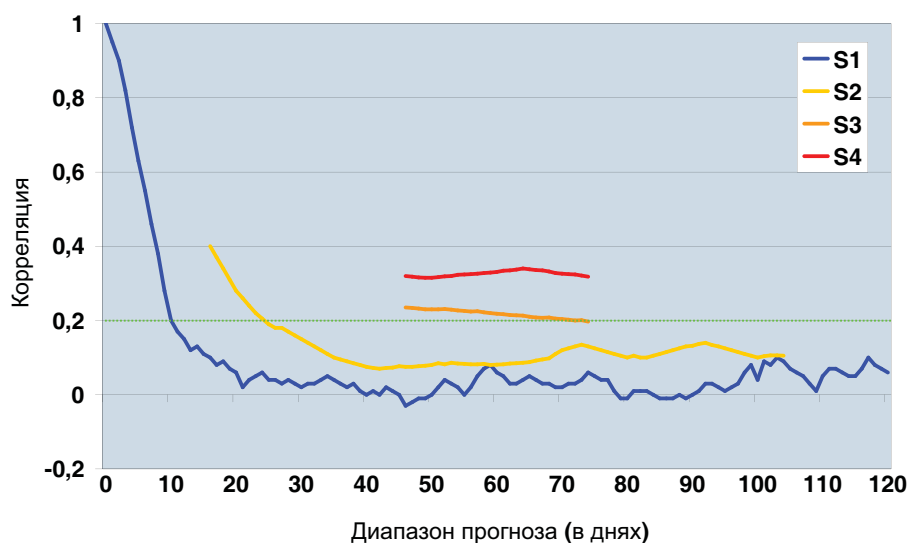


Рисунок 1 – Коэффициенты корреляции аномалии суточных прогнозов (S1) на уровне изобарической поверхности 500 гПа (Z500) для Северного полушария (эталонный комплект данных ERA 40), подготовленных по модели общей циркуляции с пространственным разрешением 300 км, а также месячных прогнозов (S2), сезонных прогнозов (S3) и сезонных ансамблевых прогнозов (S4), показывающие постепенное увеличение успешности. Зеленая горизонтальная линия показывает 95% уровень статистической значимости для корреляций.

оказано на атмосферу, в определенной степени можно предвидеть.

Успешность прогнозов в этих более крупных временных масштабах является результатом их осреднения по времени (рис.1). Цель заключается не в том, чтобы дать точный прогноз погоды в какой-то конкретный день, но скорее в том, чтобы дать прогноз осредненных условий погоды на несколько дней. По сути, именно крупномасштабное поведение атмосферы подвергается воздействию внешних механизмов и прогнозируется именно оно, а не мелкомасштабные особенности атмосферы, которые претерпевают быстрые изменения, и их не возможно точно предсказать.

Принятие во внимание и информирование о неопределенности прогноза

В связи с тем, что заблаговременность сезонных прогнозов климата большая, они имеют значительную неопределенность по сравнению с прогнозами погоды, и поэтому важно указать степень неопределенности прогноза. Чтобы сделать это достоверно, необходимо понимать источники неопределенности. Первый источник связан с несовершенным знанием текущего состояния климатической системы.

Прогноз предполагает предсказание будущего развития текущего состояния атмосферы; если текущее состояние атмосферы нам неизвестно, прогноз, без сомнения, будет несовершенным. Наше несовершенное знание о текущем состоянии атмосферы частично объясняется неадекватностью сетей наблюдений, а также ошибками при производстве измерений. Далее ошибки появляются, когда данные наблюдений используются для создания картины текущего состояния климатической системы с помощью систем усвоения данных. Чтобы учесть эти неопределенности в исходных условиях, делается несколько прогнозов, подразумевающих различные оценки исходного состояния климатической системы. В результате этой процедуры появляется ансамбль прогнозов, а отдельные члены ансамбля обычно

указывают на различные условия сезонного климата.

Во-вторых, неопределенность появляется в связи с несовершенством моделей, которые используются для предсказаний. При использовании моделей приходится упрощать реальную климатическую систему, например, с помощью дискретизации и параметризации и таким образом вводить неопределенности в предсказания. Эти неопределенности лучше всего можно представить посредством использования выходных результатов нескольких моделей ансамбля, состоящего из многих моделей. В-третьих, климатической системе самой по себе внутренне присущ компонент непредсказуемости. В связи со всеми этими неопределенностями если прогноз единственный, то он будет представлять собой только одно из одинаково пригодных предсказаний. Ансамбли предсказаний обычно обобщаются в форме вероятностного прогноза. Несмотря на то, что имеется ряд методов обобщения выходных результатов, наиболее широко распространенный метод состоит в указании вероятности того, что наблюдаемый климат будет находиться в рамках любой из трех категорий, определяемых посредством использования терцилей климатических данных, а именно: выше нормы, около нормы, ниже нормы. Такой формат принимается во всех РКОФ.

Продукция сезонного прогнозирования и уровни успешности прогнозов

Самой распространенной продукцией сезонного прогнозирования являются прогнозы средней сезонной температуры и прогнозы общего количества осадков, хотя климатические центры во всем мире выпускают и другие виды продукции. В качестве примеров можно назвать прогнозы активности тропических циклонов в основных океанских бассейнах, предсказания неклиматических переменных, таких как речной сток в некоторых районах РКОФ и прогнозы опасности возникновения эпидемии малярии (Guofa *et al.*, 2004; Thomson *et al.*, 2005) в южных и восточных районах Африки. Прогнозы тропических циклонов выпускаются с

использованием статистических и численных моделей, при этом особенно эффективными оказываются методы, предполагающие использование нескольких моделей.

Так как сезонные предсказания имеют вероятностный характер, оценку предсказуемости следует проводить с использованием комплекта прогнозов за длительный период. Для статистических моделей эти оценки рассчитываются с использованием процедуры перекрестной проверки с целью получения предсказаний для предыдущих лет; для численного моделирования формируются ретроспективные прогнозы. Для статистических процедур относительно просто сформировать предсказания с перекрестной проверкой, если имеются данные наблюдений, но очень трудно обеспечить, чтобы эти предсказания не выглядели лучше предсказаний, фактически сделанных в реальном времени. Для численных моделей сформировать ретроспективные прогнозы значительно труднее из-за расходов на вычисления и в связи с необходимостью иметь более обширные данные наблюдений, но проще, чем для статистических моделей, получить реальную оценку успешности прогнозов в реальном времени. В настоящее время уровни успешности прогнозов, сделанных с использованием статистических и численных моделей, одинаковы. Однако при наличии более качественных наблюдений за климатической системой, более совершенных систем усвоения данных и более совершенного представления компонентов климатической системы численные модели имеют более высокий потенциал для улучшения сегодняшних уровней успешности. В таблице на с. 97 (взята из Palmer *et al.*, 2008) представлена успешность по Брайеру (BSS) сезонных прогнозов основных параметров (температура и осадки) с заблаговременностью один месяц для основных регионов земного шара, выпущенных в рамках эксперимента DEMETER. BSS рассчитывается отдельно для прогнозов климатических условий выше нормы (выше верхней терцили) и ниже нормы (ниже нижней терцили). Положительные цифры показывают успешность значительно «выше средней климатологической

Качество сезонных прогнозов приземной температуры и осадков в июне, июле и августе (ИИА) и декабре, январе и феврале (ДЯФ) в показателях успешности по Брайеру (BSS умноженная на 100), полученных в рамках эксперимента DEMETER для 21 типового региона и категорий ниже нормы ($E_T^-(X)$) и выше нормы ($E_T^+(X)$). Показатели были рассчитаны для периода 1980–2001 гг. с использованием средних сезонных величин ансамблей прогнозов с заблаговременностью один месяц, начинающихся 1 мая (ИИА) и 1 ноября (ДЯФ). Приведенные цифры представляют показатели (положительные и отрицательные) значительной успешности с вероятностью выше 90 % (Palmer et al., 2008).

Регионы	Приземная температура				Осадки			
	ИИА		ДЯФ		ИИА		ДЯФ	
	$E_T^-(X)$	$E_T^+(X)$	$E_T^-(X)$	$E_T^+(X)$	$E_P^-(X)$	$E_P^+(X)$	$E_P^-(X)$	$E_P^+(X)$
Австралия	10.7	10.1	1.3	-0.4	-1.3	-2.5	-3.1	-3.6
Бассейн Амазонки	14.4	9.1	23.4	25.7	2.2	2.1	9.5	8.9
Южная часть Южной Америки	8.5	8.2	-1.2	1.8	7.8	5.0	-0.7	-2.8
Центральная Америка	12.1	9.9	14.8	6.3	2.6	-0.7	8.7	8.5
Западная часть Северной Америки	6.5	7.7	3.9	2.3	3.2	5.5	-0.6	0.0
Центральная часть Северной Америки	-4.1	-3.6	-7.5	0.3	-1.8	-7.0	3.7	5.3
Восточная часть Северной Америки	0.6	5.7	4.1	9.5	-4.5	-8.3	9.2	6.0
Аляска	3.0	2.1	0.0	-0.7	-0.1	0.3	2.4	4.9
Гренландия	3.6	4.2	8.0	5.8	-1.4	-0.5	-2.1	-2.0
Средиземноморский бассейн	7.6	10.7	3.2	3.2	-0.5	0.1	1.6	-0.9
Северная Европа	-4.4	-4.2	4.8	2.9	-1.0	1.9	-1.1	-0.9
Западная Африка	10.4	11.8	18.1	17.2	-1.6	-2.0	-4.9	-3.5
Восточная Африка	12.6	5.8	13.3	10.3	0.1	-0.3	1.2	0.6
Южная Африка	5.6	-1.1	15.9	15.7	0.7	-1.2	5.4	3.6
Сахара	7.6	7.4	6.9	3.9	-2.6	-4.8	-2.7	-2.7
Юго-Восточная Азия	10.7	5.9	8.7	18.1	14.7	10.3	3.4	2.5
Восточная Азия	4.7	7.9	10.8	10.0	0.6	-1.0	-1.6	-0.9
Южная Азия	4.9	13.1	7.6	8.6	-1.6	-3.0	2.0	0.5
Центральная Азия	0.8	3.8	1.3	-0.4	0.5	0.1	-3.1	-3.6
Тибет	10.7	10.1	23.4	25.7	-1.1	0.0	9.5	8.9
Северная Азия	14.4	9.1	-1.2	1.8	-1.3	-2.5	-0.7	-2.8

величины», а отрицательные цифры показывают успешность значительно «ниже средней климатологической величины». Следует отметить, что отрицательные цифры не обязательно означают, что прогнозы плохие, но означают, что ошибки в достоверности вероятностей превышают разрешение предсказаний.

В отношении успешности прогнозирования можно сделать некоторые общие выводы. Во-первых, температура более предсказуема, чем осадки. Большинство моделей не смогли зафиксировать изменчивость осадков в большинстве районов (за исключением нескольких районов, таких как бассейн Амазонки). Осадки особенно трудно предсказать, потому что они носят крайне локализованный

характер. Несмотря на то, что это не показано в таблице, результаты недавних исследований предполагают, что повторяемость осадков может быть более предсказуемой, чем сумма осадков. Во-вторых, атмосфера в тропических широтах в сезонном масштабе более предсказуема, чем атмосфера в умеренных широтах (опять за некоторыми исключениями, такими как высокая предсказуемость атмосферы над Тибетским плато). Это объясняется более высокой чувствительностью атмосферы в тропиках к внешнему воздействию, чем атмосферы в средних широтах. В-третьих, имеется определенный фактор сезонности в предсказуемости сезонного климата в сезонном масштабе, при этом климат более предсказуем в период с декабря

по февраль (ДЯФ), чем в период с июня по август (ИИА). Разница более всего заметна при прогнозировании осадков в тропиках. Более высокая предсказуемость в период ДЯФ частично связана с сезонностью явления Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНКО), которое является основным источником предсказуемости и пик которого обычно приходится на это время. По тем же причинам в восточной Африке отмечается более высокая предсказуемость в период с октября по декабрь, чем в период с марта по май.

В настоящее время проведено лишь несколько оценок качества сезонных прогнозов, которые РКОФ выпустили для широкой общественности, в первую очередь, потому что в большинстве случаев прогнозы выпускались



в оперативном порядке на период только около 10 лет. С недавних пор под эгидой Комиссии ВМО по климатологии, в рамках совместного проекта под руководством Африканского центра по применению метеорологии для целей развития (АКМАД) при сотрудничестве с Международным научно-исследовательским институтом по климату и обществу (ИРИ), Центром мониторинга засухи Сообщества по вопросам развития юга Африки (ЦМЗ-САДК) и Центром климатических применений и прогнозирования Межправительственного органа по вопросам развития (ЦКПП ИГАД) проводится определенный анализ с целью проверки оправдываемости продукции РКОФ и определяются стандарты для проверки оправдываемости оперативных прогнозов. Стандарты для проверки оправдываемости ретроспективных прогнозов имеются, они детализированы в рамках Стандартной системы проверки оправдываемости долгосрочных прогнозов (ССПОДП). Результаты проверки оправдываемости прогнозов, полученные с помощью ССПОДП для всех глобальных центров подготовки долгосрочных прогнозов, размещаются на Web-сайте ведущего центра ССПОДП (<http://www.bom.gov.au/wmo/lrfvs/>). На этом Web-сайте также показаны уровни успешности для ретроспективных прогнозов, полученных с помощью моделей.

Научные исследования с целью повышения оправдываемости сезонных прогнозов осуществляются на постоянной основе, но значительные успехи уже достигнуты посредством сочетания численных и статистических методов. Например, используя методы изменения охвата моделей с глобального уровня до регионального, можно откорректировать некоторые систематические странственные ошибки в выходной продукции численных моделей, что позволит достигнуть значительного повышения оправдываемости прогнозов. Дальнейшего повышения можно достигнуть, используя статистические процедуры, которые учитывают зависимость успешности модели от условий прогноза. Например, над Новой Каледонией успешность выше в условиях Ла-Нинья по сравнению с условиями Эль-Ниньо или нейтральными условиями.

Рост количества и разнообразия потребностей пользователей

Потребности пользователей в климатической информации в значительной степени зависят от предполагаемых областей ее применения и могут существенно различаться в разных секторах: строительной промышленности может потребоваться простая карта

климатических рисков; для сбора стока воды с крыш может потребоваться только информация о риске, связанном с тем, что водосборник не наполнится в течение данного сезона; фермеру может потребоваться не только информация о риске, связанном с выпадением определенных сумм осадков, но также информация о распределении во времени определенных пороговых величин, которое бы удовлетворяло потребности в воде на различных стадиях роста сельскохозяйственных культур; руководитель работ по обеспечению готовности к стихийным бедствиям может интересоваться информацией о риске, связанном с прохождением глаза циклона над городом и т.д.

В предыдущих разделах отмечалось, что в основном продукция РКОФ носит вероятностный характер, и многие пользователи сталкиваются с трудностями в использовании этой продукции, особенно в развивающихся странах. Были попытки сравнить выпущенные ориентировочные прогнозы климата с аналогами прошлых лет из той же категории прогнозов. Это дало возможность некоторым пользователям связать продукцию РКОФ с воздействием, оказанным на конкретные сектора в прошлом. Однако было отмечено, что подобного рода сравнения иногда могут ввести в заблуждение, если отсутствуют хорошие базовые данные.

Ряд последних обзоров процесса РКОФ показал, что они сыграли важную роль в наращивании потенциала во многих частях земного шара (IRI, 2006; Patt *et al.*, 2007; Berri *et al.*, 2000). Форумы также помогли в налаживании связей между климатологами, конечными пользователями и другими партнерами, особенно в Африке. Они стимулировали интерес к климатической продукции и привели к признанию ее необходимости при решении региональных задач по преодолению трудностей, связанных с изменчивостью климата, и по адаптации к его изменению. Однако был отмечен ряд ограничений, среди которых следующие:

- Трудности в использовании вероятностной продукции;
- Низкий уровень понимания пользователями сезонно-межгодовых прогнозов климата;

- Ограниченная способность многих пользователей определить собственные конкретные потребности в климатических прогнозах и информации;
- Некоторые пользователи не знают о продукции и обслуживании, которое можно получить по линии РКОФ и национальных форумов по ориентировочным прогнозам климата;
- Ненадежность некоторых доступных видов обслуживания и несвоевременное внимание пользователей к вопросам, связанным с климатом, уязвимостью и чувствительностью, включая вопросы обновления, развития и последующих действий в отношении предложенных изменений и улучшений обслуживания;
- Существующие способы распространения продукции и информации не доступны для многих пользователей.

В некоторых регионах предпринимаются попытки разработать междисциплинарные экспериментальные проекты, чтобы дать возможность климатологам и ученым рассмотреть, как лучше интерпретировать и адаптировать продукцию РКОФ для использования в конкретных секторах, а также рассмотреть вопросы, связанные с ее рентабельностью. Некоторые уроки, полученные в рамках этих экспериментальных проектов, а также некоторые правильные методы использования продукции РКОФ рассматриваются ниже.

Оценки рентабельности сезонных климатических предсказаний

Не трудно показать, что успешные прогнозы не обязательно полезны в смысле предоставления пользователям возможностей получения пользы от этих прогнозов в том или ином конкретном виде. Частично трудность состоит в том, что при преобразовании климатического прогноза в прогноз последствий его успешность снижается, но, кроме того, различные ограничения в отношении принятия решений (включая связанные с ними расходы, их целесообразность и эффективность) могут сделать ус-

пешные климатические прогнозы бесполезными (или еще более того). Поэтому, помимо оценки полезности прогнозов, необходимо определить их ценность. Существуют два общих подхода к оценке ценности прогнозов: оценка фактической ценности и оценка ожидаемой ценности. При оценке фактической ценности рассчитывается польза, полученная от использования уже выпущенных прогнозов, принимая во внимание фактически принятые решения, и, по существу, дается ответ на вопрос о том, какая польза была фактически получена. Напротив, при оценке ожидаемой ценности рассчитывается польза от прогнозов, которая могла бы быть получена при их использовании, если бы в ответ на содержащуюся в прогнозах информацию был принят ряд рациональных решений, и, таким образом, дается ответ на вопрос о том, какая польза может быть получена.

Значительно больше внимания уделяется оценке ожидаемой ценности. Метеорологи разработали определенные уровни оправдываемости прогнозов, с помощью которых делается попытка оценить потенциальную экономическую ценность прогнозов. Наиболее широко используемым показателем является уровень экономической ценности, который рассчитывается на основе модели затраты/потери. Модель затраты/потери сравнивает экономию, полученную посредством смягчения воздействия климатического явления с помощью принятия мер предосторожности, с затратами на принятие этих мер. Таким образом, модель позволяет провести эффективное сравнение экономии, полученной от использования точных прогнозов, с затратами и потерями, понесенным в связи с неточностью прогнозов. Так как относительные величины затрат и потерь однозначно не определены, для интеграции потенциальной ценности прогнозов по всем возможным соотношениям между затратами и потерями используется такой показатель, как уровень экономической ценности.

Модель затраты/потери проста и дидактически полезна для демонстрации потенциальной экономической ценности прогнозов, но слишком идеализирована, чтобы реально по-

казать фактическую ценность прогнозов для многих пользователей. В качестве первоочередной задачи метеорологам необходимо работать в тесном контакте с пользователями, чтобы иметь возможность оценить фактическую пользу прогнозов. Однако как концентрация внимания на успешности прогнозов РКОФ без учета их ценности приносит лишь ограниченную пользу, так же и акцент на экономической ценности прогнозов РКОФ на сегодняшний день не позволяет в полной мере оценить полезность процесса РКОФ.

Начнем с того, что экономические оценки ценности прогноза не учитывают социальную пользу, которую прогноз может принести: как, например, оценить ценность жизней, спасенных в результате предотвращения эпидемии малярии? Однако независимо от того, как наличие прогнозов может улучшить управление климатическими рисками, необходимо признать пользу от развития процесса РКОФ как такового. Даже если бы сегодня было показано, что успешность прогнозов РКОФ равна нулю, процесс РКОФ все равно полезен с точки зрения укрепления возможностей климатических служб многих НГМС в развивающихся странах и создания потенциала для предоставления более качественной климатической информации (прогностической и другой) в будущем. Он также помог укрепить диалог между теми, кто выпускает прогнозы, и пользователями и поможет осуществлять более эффективное управление климатическими рисками в будущем.

Применение продукции РКОФ

Процесс РКОФ способствовал более глубокому пониманию связей между климатической системой и социально-экономической деятельностью. В результате этого во многих местах планеты отмечается повышенный спрос на климатическое обслуживание. Общество было в достаточной мере информировано о том, что климатическая информация, включая краткосрочные предсказания климата, является необходимым элементом в преодолении последствий колеба-

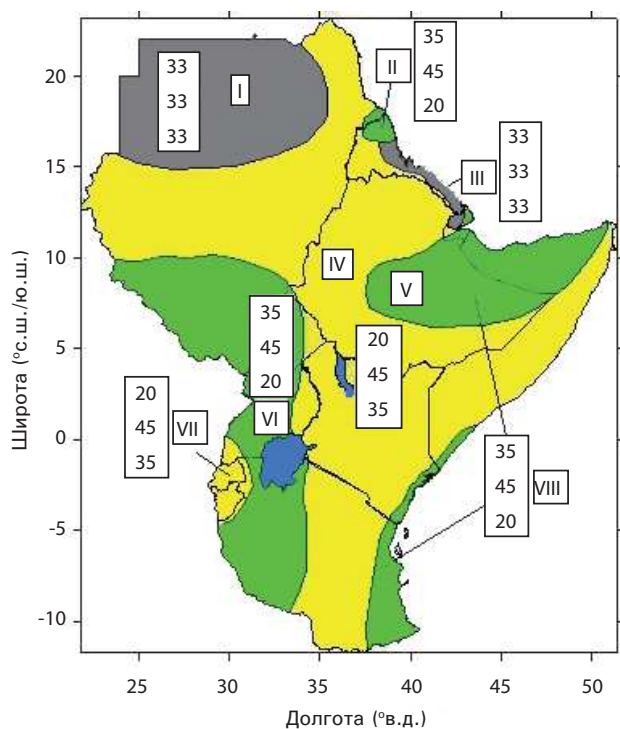


Рисунок 2(а) – Ориентировочный прогноз климата для района Большого Африканского Рога на период с марта по май 2008 г., подготовленный на основе консенсуса ЦИКПП с партнерами, включая ВМО и ИРИ

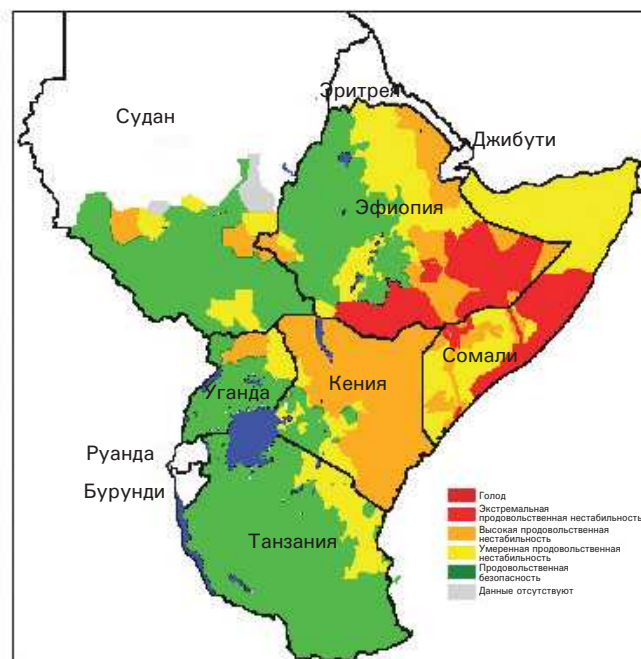


Рисунок 2(б) – Ориентировочный прогноз продовольственной безопасности на период с марта по июль 2008 г., подготовленный с помощью сети систем заблаговременного предупреждения о наступлении голода (FEWSNET)

ний климата. РКОФ способствовали развитию взаимодействия и обмена информацией между климатологами и пользователями климатической информации. Более того, они способствовали активизации регионального сотрудничества и объединения усилий и эффективно продемонстрировали огромную взаимную выгоду от обмена информацией и опытом.

РКОФ внесли значительный вклад в повышение качества сезонных ориентировочных прогнозов осадков, а также в их доведение до пользователей. Взаимодействие между климатологами и пользователями из различных секторов улучшили распространение и применение климатической информации и прогностической продукции в регионе. С самого начала форумы продемонстрировали, что стратегии управления рисками, связанными с климатом, могут внести огромный вклад в устойчивое развитие региона посредством оптимального использования климатической информации и продукции. Тесное взаимодействие между поставщиками и пользователями климатической информации и прогностической продукции сделало более эффективной обратную связь

между пользователями и климатологами. Такое взаимодействие выступило в качестве катализатора разработки многих видов продукции для конкретных пользователей.

Экстремальные климатические явления в некоторых регионах связаны с ЭНСО. Продукция, касающаяся прогнозирования ЭНСО и заблаговременного предупреждения о нем, продолжает приносить пользу различным социально-экономическим секторам, позволяя осуществлять своевременные мероприятия для смягчения последствий экстремальных климатических явлений. На основе информации об ЭНСО и другой информации РКОФ проводятся оценки уязвимости, и было сделано несколько попыток ввести в работу планы действий в чрезвычайных ситуациях для конкретных секторов. В некоторых местах эти попытки послужили причиной новых дискуссий по вопросам политики, направленной на уменьшение бедствий.

Сельское хозяйство и продовольственная безопасность

После проведения форумов по ориентировочным прогнозам климата в

некоторых районах в настоящее время выпускают региональные ориентировочные прогнозы, касающиеся сельского хозяйства и продовольственной безопасности. В странах Большого Африканского Рога такие учреждения, как Система заблаговременного предупреждения о наступлении голода США, Мировая продовольственная программа, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, а так же национальные эксперты выпускают ориентировочные прогнозы, касающиеся продовольственной безопасности на основе ориентировочных прогнозов РКОФ (рисунки 2(а) и 2(б)).

Водные ресурсы

Климатическая информация имеет критическое значение во всех компонентах оценки, развития и планирования водных ресурсов, включая заблаговременное предупреждение о гидрологических экстремальных явлениях. На рис. 3 представлен прогноз естественного стока реки Сенегал у города Бакель (Сенегал) в сентябре и октябре. Организация работы плотины Манантали (Мали) до конца следующего сезона дождей

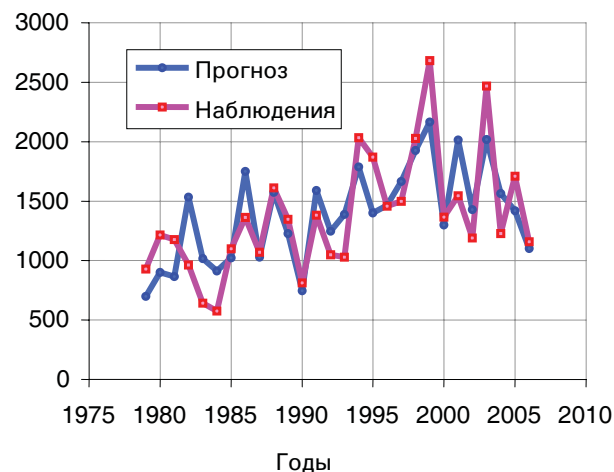
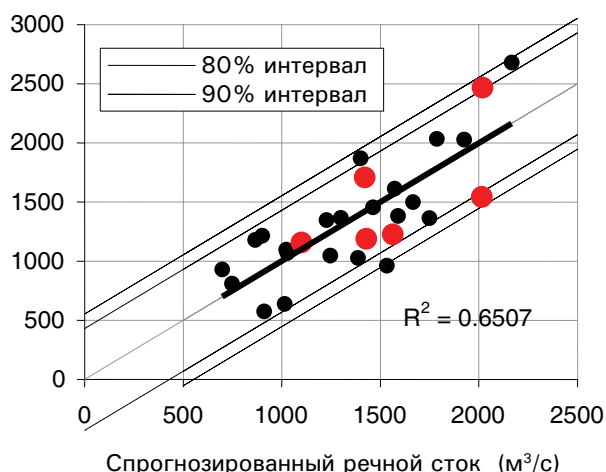


Рисунок 3 – Прогноз естественного стока реки Сенегал у города Бакель (Сенегал) на период с сентября по октябрь. На левом графике даны спрогнозированные величины стока относительно величин по данным наблюдений (черные точки показывают период калибровки 1979–2000 гг., а красные точки – период оперативных наблюдений 2001–2006 гг.). На правом графике даны временные периоды спрогнозированных и наблюдаемых величин естественного стока для всего периода 1979–2006 гг.

основывается на прогнозах стока, полученных на основе масштабированных прогнозов осадков, подготовленных с помощью французской модели общей циркуляции ARPEGE. Эта информация в сочетании с программным обеспечением для оптимизации управления дает возможность оптимизировать производство электроэнергии на 35–40% и провести искусственное затопление, которое позволяет гарантировать возделывание сельскохозяйственных земель в период спада воды каждые три из четырех лет, а не год из каждых пяти лет, как это происходит, когда прогностическая информация не используется (Julie and Ceron, 2007).

Здоровье людей

Многие болезни прямо или косвенно связаны с климатом. Трансмиссивные болезни зависят от изменений таких метеорологических параметров, как осадки, температура, ветер и влажность. К числу этих болезней относятся малярия, лихорадка денге, лихорадка долины Рифт. Экстремальные климатические явления могут вызвать сильные вспышки передающихся через воду болезней, таких как холера и брюшной тиф, в местах, где они не имеют широкого распространения. В настоящее время предпринимаются попытки выпускать предупреждения об изменениях, связанных с опасностью эпидемий, посредством интеграции данных об осадках, температуре и не-

климатических факторах. Например, в настоящее время в южной части Африки и районе Большого Африканского Рога форумы по ориентировочным прогнозам малярии (МАЛОФ) регулярно проходят совместно с РКОФ (Pascual *et al.* 2006). Информация, которую на этих сессиях совместно готовят эксперты по климату и здравоохранению, в сочетании с информацией об уязвимости населения, продовольственной безопасности, иммунодепрессии и адекватности контроля дает специалистам по здравоохранению больше времени для оптимизации использования ресурсов, выделяемых на борьбу с малярией.

Информационно-просветительская деятельность и связь

В настоящее время образование населения и повышение его информированности в некоторых регионах являются ключевыми элементами РКОФ. В некоторых регионах также признана роль средств массовой информации, которые сделали понятным язык профессиональных терминов, касающихся погоды и климата. В тесном сотрудничестве с РКОФ были проведены национальные и региональные интерактивные семинары с участием представителей средств массовой информации и климатологов. Например, в странах Большого Африканского Рога климатологи и эксперты

из средств массовой информации организовали региональную сеть, которая называется сеть пишущих о климате журналистов стран Большого Африканского Рога.

Выводы

В последние 10 лет РКОФ играют важную роль в наращивании потенциала в области сезонного предсказания климата во многих частях планеты. Форумы также помогли катализировать связи между метеорологами, пользователями, правительствами, НПО, университетами и международными учреждениями, занимающимися вопросами климата. РКОФ пробудили интерес к последствиям изменчивости и изменения климата. На некоторых форумах целевым образом были определены конкретные пользователи, в сотрудничестве с которыми можно разрабатывать конкретные виды продукции и с помощью которых можно собирать конкретные данные о выгодах, получаемых от использования климатического обслуживания и продукции. Они также продемонстрировали, что, если климатическая продукция успешно используется в процессах принятия решений, это может улучшить результаты деятельности пользователей. Однако по-прежнему остается нерешенным ряд задач, касающихся не только своевременного предоставления необходимой продукции РКОФ

в удобной для пользователей форме, но также исследования региональных процессов для улучшения местной прогностической продукции. Выгоды от использования продукции РКОФ также еще не получили должной оценки.

НГМС, регионы и пользователи продукции должны содействовать устойчивости РКОФ (например, демонстрировать полезность форумов и ценность продукции тем, кому нужна соответствующая информация). Необходимо наращивать научные исследования для оценки успешности прогнозов, а также для ее повышения. Важную роль в процессе РКОФ, который необходимо укреплять и активно развивать, должны сыграть средства массовой информации.

Несмотря на то, что первоначально РКОФ задумывались так, чтобы основной акцент был сделан на сезонном прогнозировании, действие механизмов РКОФ можно эффективно расширить с тем, чтобы удовлетворять потребности в разработке и распространении информационной продукции, касающейся изменения регионального климата. Такие инициативы уже были предприняты некоторыми РКОФ (например, для района Большого Африканского Рога). Региональные оценки наблюдаемого и прогнозируемого изменения климата, включая разработку масштабированной продукции, касающейся сценария изменения климата, могут быть включены в портфель продукции РКОФ. Эти моменты уже были отмечены Вспомогательным органом Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций по изменению климата для консультирования по научным и техническим аспектам и явились ключевыми элементами вклада ВМО в Найробийскую программу работ по воздействиям, уязвимости и адаптации к изменению климата.

РКОФ, показавшие свой потенциал для предоставления регионально-унифицированной и предназначенной для конкретных пользователей климатической информации, которая в настоящее время большей частью касается изменчивости климата, но постепенно будет касаться и его изменения, являются уникальным

механизмом для содействия принятию решений на региональном, национальном, а также ведомственном уровнях по вопросам адаптации к изменчивости и изменению климата. Расширенные научные исследования, специализированные людские и технические ресурсы и связь с пользователями на региональном уровне необходимо укреплять для более глубокого понимания региональных климатических процессов и связи климата с конкретными региональными социально-экономическими последствиями, уязвимостью и разработкой стратегий адаптации. Для этой деятельности крайне необходима согласованная поддержка на местном, национальном, региональном и глобальном уровнях, чтобы укреплять и поддерживать процессы РКОФ и прокладывать путь для адаптации к климату.

Литература

BERRI, G.J., P.L. ANTICO and L. GODDARD, 2005: Evaluation of the Climate Outlook Forums' seasonal precipitation forecasts of southeast South America during 1998–2002. *International Journal of Climate*, 25, 365–377.

GUOFA ZHOU, NOBORU MINAKAWA, ANDREW K. GITHEKO and GUIYUN YAN, 2004: *Association between climate variability and malaria epidemics in the East African highlands*

IPCC, 2007: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

JULIE, A. and J-P. CÉRON, 2007 : Seasonal forecasting in West Africa: a strategic partnership for a sustainable development of a cross boundary river catchment, *Elements for Life*, Tudor Rose and WMO, 70–71.

HELLMUTH M., A. MOORHEAD, M.C. THOMSON and J. WILLIAMS (Eds), 2007: *Climate*

Risk Management in Africa: Learning from Practice. International Research Institute for Climate and Society, Columbia University, New York, USA.

PALMER, T.N., 1999: *Predicting uncertainty in forecasts of weather and climate* (also published as ECMWF Technical Memorandum No. 294).

http://www.ecmwf.int/newsevents/training/rcourse_notes/pdf_files/Predicting_uncertainty.pdf

PALMER, T.N., F.J. DOBLAS-REYES, A. WEISHEIMER and M. RODWELL, 2008: Towards seamless prediction: calibration of climate-change projections using seasonal forecasts. *Bulletin of the American Meteorological Society* (in press).

PATT, A.G., L. OGALLO and M. HELLMUTH, 2007: Learning from 10 years of climate outlook forums in Africa, *Science*, Vol. 318, No. 5847, 49–50.

PASCUAL, M., J.A. AHUMADA, L.F. CHAVES, X. RODO and M. BOUMA, 2006: Malaria resurgence in the East African highlands: temperature trends revisited. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 11, April 2006; 103(15): 5829–5834.

THOMSON, M.C., S.J. MASON, T. PHINDELA and S.J. CONNOR, 2005: Use of rainfall and sea surface temperature monitoring for malaria early warning in Botswana, *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 1 July 2005; 73(1): 214–221.

WCRP, 2007: The First WCRP Seasonal Prediction Workshop. *CLIVAR Exchanges*, Vol. 12, No. 4 (October 2007), 2–5.

WMO, 2007: WMO Conference on Living with Climate Variability and Change: Understanding the uncertainties and managing the risks, 17–21 July 2006, Espoo, Finland. Final report. http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/meetings/documents/LWCVCFinalReportDraft_may07.pdf

WMO, 2007: *Manual on the Global Data-Processing and Forecasting System*. WMO-No. 485, Vol. 1—Global aspects (revised edition).

Императив адаптации: готова ли климатическая наука?

Сюебин Жанг¹, Френсис У. Цвиерс², Томас К. Петерсон³

Улучшение понимания изменения климата

Ставшая лауреатом Нобелевской премии мира Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) заключает, что «потепление климатической системы неоспоримо» и что «весьма вероятно, что наблюдаемое с середины XX века повышение средней глобальной температуры вызвано большей частью деятельностью человека» (IPCC, 2007 (a)). Эта оценка является результатом работы мирового научного сообщества в течение многих десятилетий. МГЭИК опубликовала свой *Первый доклад об оценках* в 1990 г. В докладе были сделаны следующие выводы:

- В результате деятельности человека значительно повысилась концентрация парниковых газов в атмосфере;
- Уровень глобального потепления в целом соответствует предсказаниям моделей климата, а также одинаков по масштабам с природной климатической изменчивостью;
- Бесспорное обнаружение влияния повышенной концентрации

парниковых газов маловероятно в течение десятилетия или около этого.

Во *Втором докладе об оценках* (IPCC, 1996) был сделан вывод, что итоговые данные однозначно подтверждают влияние антропогенной деятельности на глобальный климат и что климат будет изменяться в будущем, хотя по-прежнему имеется много неопределенностей.

Затем в 2001 г. появился *Третий доклад об оценках*, в котором утверждалось, что имеются новые и более веские свидетельства того, что потепление, наблюдаемое во второй половине XX века большей частью, вероятно, обусловлено деятельностью человека.

Через семнадцать лет после выпуска *Первого доклада об оценках* МГЭИК в своем *Четвертом докладе об оценках* четко оценила роль антропогенных парниковых газов в потеплении климатической системы в глобальном и континентальном масштабах.

Сегодня глобальное потепление очевидно не только в наблюдаемом увеличении средней глобальной температуры воздуха и океана, но

также и в широко распространенном таянии снега и льда, подъеме глобального среднего уровня моря, росте экстремальных температур. Кроме того, влияние человека на температуру обнаруживается на континентальном, субконтинентальном и даже региональном уровнях. Поддающиеся обнаружению изменения, обусловленные потеплением, также наблюдаются в других компонентах климатической системы, таких как глобальная атмосферная циркуляция (Gillett *et al.*, 2003), глобальное распределение осадков по территории земного шара (Zhang *et al.*, 2007), влажность (Willett *et al.*, 2007; Santer *et al.*, 2007), региональный гидрологический цикл (Barnett *et al.*, 2008). Свидетельства также предполагают, что широко распространенные изменения в температуре и других аспектах климатической системы в настоящее время оказывают влияние на многие физические и биологические системы на всех континентах (IPCC, 2007 (b)).

Несмотря на очень значительные успехи, которые были сделаны, многое еще нужно сделать. По-прежнему необходимо дать количественную оценку роли влияния человека на климатическую систему на более мелких уровнях и на характеристики климатической системы, не связанные непосредственно с потеплением. Кроме того, для глобального сообщества становится все более важным наличие качественной информации о прошлом, настоящем и будущем

1 Научный сотрудник, Отдел исследования климата, Министерство охраны окружающей среды Канады, Торонто, Онтарио, Канада, Xuebin.Zhang@ec.gc.ca, член Совместной группы экспертов ККл/КЛИВАР/СКОММ по обнаружению и индексам изменения климата

2 Директор, Отдел исследования климата, Министерство охраны окружающей среды Канады, Торонто, Онтарио, Канада, Zwiers@ec.gc.ca, сопредседатель Совместной группы экспертов ККл/КЛИВАР/СКОММ по обнаружению и индексам изменения климата

3 Научный сотрудник-метеоролог, Национальный центр климатических данных НУОА, Ашвилл, Северная Каролина, США, Thomas.C.Peterson@noaa.gov, председатель ОГПО ККл по мониторингу и анализу изменчивости и изменения климата

климате для адекватной адаптации к изменяющемуся климату.

Смягчение последствий и адаптация

Становится все более очевидным, что необходимо предпринимать определенные действия для ограничения масштабов и последствий изменения климата, вызванного деятельностью человека. Для того чтобы уменьшить бремя последствий в грядущие десятилетия, задержать их наступление или избежать их, необходимо смягчать последствия и уменьшать антропогенное воздействие на климат посредством сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу и других мер. Однако эффект от смягчения не будет немедленным, так как парниковые газы, выпущенные в атмосферу в прошлом, остаются там в течение длительного периода времени, что ведет к неизбежному потеплению в ближайшие 30–40 лет и последующий период (IPCC, 2007 (a)). Таким образом, независимо от того, какие меры по смягчению последствий будут приняты, требуется адаптация к условиям изменяющегося климата, и эта неизбежность была определена как «императив адаптации».

Адаптация не сможет вмешаться в ход изменения климата, но она нужна, чтобы свести к минимуму его неблагоприятные последствия. Например, железнодорожные рельсы могут деформироваться при экстремально жаркой погоде. Однако можно принять меры во время укладки рельсов, чтобы поднять порог температуры, при которой они деформируются (Peterson *et al.*, 2008). Если такие меры приняты, это будет примером адаптации к ожидаемому изменению климата. Отчасти запланированная адаптация уже осуществляется на ограниченной основе. Например, при проектировании моста Конфедерации длиной 13 км, который был открыт в 1997 г. и соединяет Остров Принца Эдуарда с

самой Канадой, учитывалась возможность подъема уровня моря на 1 м вследствие изменения климата. Тем не менее для того чтобы уменьшить уязвимость к изменению климата, нужна значительно более обширная адаптация, чем та, что осуществляется в настоящее время.

Ключевой вопрос, который задают лица, принимающие решения перед тем, как приступить к адаптации, заключается в том, к какому климату они должны адаптироваться. К сожалению, простого ответа на этот вопрос нет, так как по-прежнему имеются неопределенности и много неизвестного в связи с изменениями в климате и климатических экстремальных явлениях, которые имеют непосредственное отношение к последствиям изменения климата, и, следовательно, к адаптации. Сюда же можно отнести и ограниченность наших возможностей осуществлять мониторинг изменения климата в глобальном и региональном масштабах, т.е. осуществлять наблюдение климата и документально фиксировать изменения, которые уже произошли и происходят в настоящий момент. Последствия, вызванные изменением климата, обычно наступают в региональном или локальном масштабах и очень часто являются результатом экстремальных явлений погоды и климата. Например, засуха 2006 г. в Китае была самой суровой за последние 50 лет, затронув десятки миллионов людей. Смертельная волна жары в Европе в 2003 г. привела к тому, что из-за нее и загрязнения воздуха умерло много людей, 14 800 из которых умерли только во Франции (Pirard *et al.*, 2005). Лето 2007 г. было самым влажным за весь период наблюдений в Соединенном Королевстве, вызвав наводнения, которые причинили большой ущерб. При увеличении глобальной температуры изменения в региональных и глобальных экстремальных явлениях погоды и климата, которые вызывают неблагоприятные последствия, будут происходить чаще. Для эффективной адаптации к изменяющейся погоде

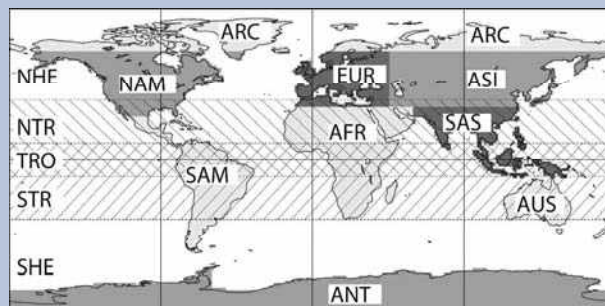
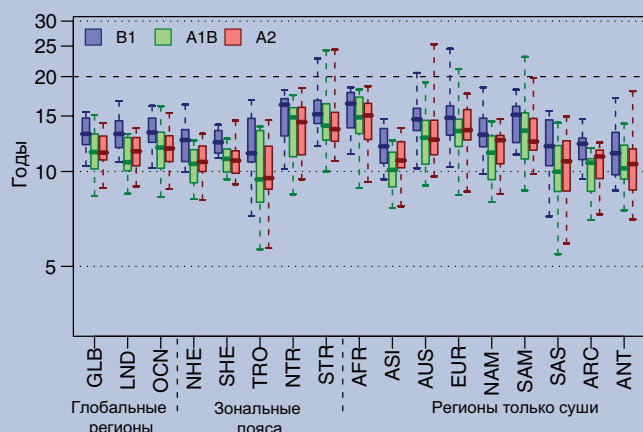
и экстремальным явлениям нужна не только более подробная и качественная информация об изменении климата, получаемая посредством использования улучшенных моделей климата, но и улучшенный мониторинг текущего климата, а также больший объем информации об изменении климата в прошлом.

Для адаптации необходима надежная информация об изменении климата

К сожалению, климатическая наука пока еще не предоставляет всю информацию, необходимую для адаптации. Наше понимание изменения климата на тех уровнях, на которых мы можем принять меры по адаптации, вероятно, не лучше, чем наше понимание глобального изменения климата во времена Первого доклада об оценках (IPCC, 1990). Определенным кажется то, что деятельность человека изменила глобальный климат, что изменение климата будет продолжаться и связанные с ним изменения на региональном и местном уровнях будут вызывать неблагоприятные последствия. Экстремальные явления могут иметь положительные или отрицательные последствия. Однако в конечном итоге в связи с тем, что системы адаптировались к исторически сложившемуся диапазону экстремальных явлений, ожидается, что большая часть последствий явлений, выходящих за пределы этого диапазона, будет отрицательной.

Наличие больших неопределенностей в нашем понимании прошлых и текущих изменений регионального и локального климата связано с несколькими факторами. Из Четвертого доклада об оценках очевидно, что необходимо улучшить климатические модели, особенно региональные и локальные. Необходимо также выполнить большой объем работ для повышения наших возможностей осуществлять мониторинг и документально фиксировать изменение

Построение деятельности на основе знаний о прошлом климата



Прогнозируемые промежутки повторяемости (слева) выпадения максимальных суточных сумм осадков, наблюдавшихся в последние 20 лет XX века, к середине XXI века, по данным 14 глобальных моделей, которые внесли свой вклад в Четвертый доклад об оценках МГЭИК, для различных регионов (справа) в соответствии с различными сценариями выбросов (адаптировано из Kharin *et al.*, 2007). Рассматриваются также три глобальных сферы (GLB: весь земной шар; LND: вся территория земного шара, занятая сушей; OCN: вся территория земного шара, занятая океанами).

Прогнозируемые изменения в промежутках повторяемости обобщены для каждого региона в диаграммах в виде «ящика с усами». Каждый «ящик с усами» состоит из окрашенных разным цветом прямоугольников и линий (усов), идущих вверх и вниз от прямоугольника. Протяженность усов по вертикали в обоих направлениях иллюстрирует диапазон изменений, прогнозируемых всеми 14 климатическими моделями, которые использованы в исследовании. Прямоугольники показывают центральные 50% изменений, прогнозируемых моделями, а горизонтальная линия в середине прямоугольника показывает среднее значение прогноза для 14 моделей (7 моделей прогнозируют более длительные по сравнению со средним значением промежутки повторяемости, а 7 моделей прогнозируют более короткие по сравнению со средним значением промежутки повторяемости). Несмотря на большой диапазон неопределенности прогнозируемого изменения в экстремальных осадках, все модели предполагают, что промежутки повторяемости выпадения экстремальных сумм осадков, наблюдавшихся в последние 20 лет XX века, к середине XXI века существенно сократятся, что указывает на увеличение экстремальных осадков в континентальном и субконтинентальном масштабах по всем трем сценариям выбросов.

Вооруженные такой информацией инженеры, проектирующие системы для управления ливневым стоком и другую гидрологическую инфраструктуру, смогут включить в рекомендации по проектированию необходимость адаптации. В таких рекомендациях следовало бы определить золотую середину между возможным увеличением опасности, связанной с более частым повторением экстремальных явлений, и дополнительными расходами на строительство систем, способных справиться с более значительным объемом воды, чем предполагал анализ экстремальных значений, проводившийся только на основе текущих климатических и гидрологических данных. Общий риск, связанный с такими мерами по адаптации, относительно не велик, особенно если дополнительные расходы на то, чтобы справиться с увеличившейся опасностью, связанной с прогнозируемым изменением климата, небольшие. Если связанная с экстремальными явлениями опасность не увеличится (что, учитывая текущие прогнозы, маловероятно (IPCC, 2007)), то инфраструктура просто обеспечит более высокий уровень защиты от сегодняшних экстремальных явлений и будет более долговечной, чем ожидалось, так как экстремальные явления, превышающие ее расчетные возможности, будут повторяться не так часто, как ожидалось.

текущего и прошлого климата, чтобы сократить разрыв между информацией, которая необходима для эффективной адаптации и имеющимися научными данными. Например, прогноз увеличения будущего риска, связанного с определенным типом экстремального явления, таким как экстремальная суточная сумма осадков за 20-летний период (Kharin *et al.*, 2007; см. вставку на с. 105), становится более полезным при проектировании новой инфраструктуры, если мы в состоянии с уверенностью оценить масштаб такого явления в условиях текущего климата.

Непрерывные научные исследования и мониторинг климата имеют критически важное значение для лучшего понимания причин изменения текущего климата, его последствий и для предоставления информации, необходимой для принятия обоснованных решений по адаптации. Как следует из способности МГЭИК оценить изменение климата и его последствия в различных частях планеты (см. например, Christensen *et al.*, 2007), наука движется вперед наиболее эффективно на благо всех пользователей, когда осуществляется открытый обмен информацией и знаниями на международном уровне. Это требует улучшенного мониторинга климата, новой решимости осуществлять на международном уровне обмен текущими и историческими метеорологическими данными и данными о составе атмосферы в соответствии с резолюцией 40, а также подготовки нового поколения климатологов во всем мире, особенно в развивающихся и наименее развитых странах. Улучшенный мониторинг и научные исследования дадут нам возможность иметь более глубокое понимание изменения прошлого и текущего климата и его причин, подготовить более точные предсказания климата и уменьшить неопределенности в прогнозируемом изменении климата.

Непрерывное накопление основных климатических данных жизненно необходимо для понимания изменения прошлого и текущего климата, для

Практические семинары по обнаружению и индексам изменения климата

В семинарах, организованных Группой экспертов по обнаружению и индексам изменения климата (ГЭ-ОИИК), участвуют представители соседних государств региона и ряд высококвалифицированных экспертов со всего мира для обеспечения методического руководства по анализу климатических данных. ГЭ-ОИИК предоставляет программное обеспечение для анализа данных. В некоторых случаях спонсирующие организации также предоставляли компьютеры для участников семинаров. Обычно семинар начинается с того, что каждый участник представляет информацию о климате своей страны, а также данные о суточных суммах осадков и температуре. Затем участники изучают процедуры контроля качества и обеспечения однородности данных и проводят расчет и анализ климатических индексов. В конце участники представляют краткий доклад о своих результатах, а эксперт сводит результаты воедино и дает обзор трендов и изменчивости экстремальных явлений по всему региону. Польза от работы без учета национальных границ становится очевидной, когда проведенный анализ проходит проверку с использованием результатов, полученных соседними странами. Семинары расширяют возможности стран в выборке важной информации об изменении климата из их долгосрочных рядов суточных данных, а также способствуют развитию регионального сотрудничества в области анализа климата.



Участники семинара, организованного Группой экспертов по обнаружению и индексам изменения климата для центральной части Африки (23–27 апреля 2007 г., Браззавиль, Конго), совершенствуют свои возможности в обработке данных по изменению климата и интерпретации результатов.

улучшения прогнозов, которые весьма ограничены недостатком наблюдений за изменениями в прошлом, и для разработки стратегий адаптации, которые в первую очередь должны обеспечивать хорошую адаптацию новых инфраструктур и систем к изменению текущего климата. Таким образом, согласно Второму отчету ГСНК об адекватности глобальных систем наблюдений за климатом в поддержку Рамочной конвенции ООН об изменении климата (ВМО/ТД № 1143),

мониторинг климата абсолютно необходим. Он обеспечивает получение важной информации по мере того, как мы пытаемся найти в режиме, близком к реальному времени, правильный путь в очень неопределенном мире изменения климата и эффективно адаптироваться к этим изменениям с наименьшими затратами.

Однако во многих местах земного шара сегодняшние сети мониторинга климата недостаточны для

того, чтобы документально фиксировать изменение регионального и местного климата. Более того, во многих местах с начала 1990-х годов сети мониторинга подвергаются сокращению. Принимая во внимание настоятельную необходимость в адаптации, нужно срочно развернуть этот процесс в обратном направлении. К тому же в некоторых странах архивы основных климатических данных, содержащие такие важные параметры, как суточное количество осадков и суточная температура, весьма уязвимы для постоянных потерь и порчи, потому что они все еще хранятся на бумажных носителях. Кроме того, даже там, где архивы оцифрованы, они не всегда должным образом проконтролированы и организованы. Эти основополагающие проблемы в сочетании с ограниченным доступом препятствуют использованию данных в анализе климата для общей пользы. Опыт показывает, что вложение средств в оцифровку, контроль качества и открытое распространение климатических данных неизбежно увеличивают ценность и полезность этих данных. Практически невозможно разработать эффективную стратегию адаптации, не обладая в достаточной степени знаниями о прошлом климате, так как прошлое служит в качестве основы для сравнения при подготовке прогнозов климатических изменений.

Для адаптации необходимы местные высококвалифицированные кадры, информация о региональном климате и открытый обмен знаниями и данными

Адаптация на региональном и местном уровнях часто осуществляется специалистами, которые не имеют подготовки по климатологии. Климат, изменение климата и уязвимость к изменению климата разные в разных

регионах, и поэтому для адаптации необходима информация об изменении климата по конкретному региону или местности. Адаптация – это процесс медленный, требующий значительного объема информационно-просветительской и образовательной деятельности, нацеленной на обеспечение включения информации об изменении климата в процесс принятия решений, касающихся адаптации. По мере развития климатической науки и растущего влияния человека на климат регулярная оценка изменения регионального и местного климата должна обеспечить более глубокое понимание регионального климата и как результат – меньше неопределенности в будущих прогнозах и сделать меры по адаптации более эффективными. Поэтому НГМС должны стать в своих странах составной частью процесса обеспечения обоснованных решений по адаптации, так как у них самые лучшие возможности для предоставления информации об изменчивости и изменении прошлого и текущего климата в соответствующих регионах. Опыт, накопленный во всем мире, показывает, что НГМС получают огромную помощь для выполнения этой задачи, когда осуществляется открытый обмен данными, информацией, знаниями и опытом.

Адаптация к изменению климата имеет решающее значение во всех частях планеты, но особенно в развивающихся и наименее развитых странах, которым часто не хватает возможностей, чтобы осуществлять меры по адаптации и справиться с другими многочисленными стрессами. Это происходит частично потому, что у них нет необходимого потенциала для мониторинга и исследования климата. В этой связи наращивание научного потенциала в развивающихся странах имеет ключевое значение для успешной адаптации к изменению климата. Наращивание потенциала должно непременно включать подготовку местных экспертов, а также передачу научных данных и технологических достижений, таких как средства, необходимые для

проведения научных исследований. Региональные климатические центры ВМО могут играть определенную роль в передаче научных данных и технологических достижений, необходимых для обеспечения профессиональной компетенции на местном уровне.

ВМО и ее страны-члены играют большую роль в углублении понимания изменения климата и адаптации посредством ряда координируемых на международном уровне программ, которые связывают научные исследования, мониторинг, предсказания, применения и наращивание потенциала с нуждами пользователей. Всемирная программа исследований климата, совместно поддерживаемая ВМО, МСНС и МОК, Всемирная программа метеорологических исследований, Глобальная система наблюдений за климатом, программа по химии атмосферы Глобальной службы атмосферы и Всемирная климатическая программа обеспечивают подготовку научной информации для МГЭИК и других прочно связанных с МГЭИК научных оценок, а также предоставление применений пользователям.

Группа экспертов по обнаружению и индексам изменения климата (ГЭ-ОИИК) является одним из примеров многочисленных совместных усилий, предпринимаемых программами, в которых на добровольной основе участвуют ученые из НГМС и организаций-партнеров. ГЭ-ОИИК внесла значительный вклад в улучшение понимания изменений в экстремальных климатических явлениях (Alexander *et al.*, 2006). ГЭ-ОИИК смогла организовать практические семинары (см. вставку на предыдущей странице) по индексам экстремальных явлений климата во многих различных частях планеты. Эти и другие программы ВМО по наращиванию потенциала следует продолжать поддерживать и расширять, так как это необходимо для безотлагательного предоставления научных данных о климате в каждый уголок земного шара.

Выпуск Четвертого отчета об оценках, в котором наблюдаемое глобальное потепление связывается с антропогенным влиянием более определенно, чем когда-либо, четко указывает на то, что адаптация к изменяющемуся климату неизбежна. Императив адаптации, настоятельная необходимость в принятии решений по будущей инфраструктуре и системам с учетом влияния изменяющегося климата, приведет к еще большей потребности в устойчивом осуществлении и расширении мониторинга климата и в получении научных данных, чем было в прошлом. По-прежнему имеются большие неопределенности и много пробелов в понимании изменения климата, особенно на региональном и местном уровнях, где сегодня климатические научные данные не удовлетворяют многие, связанные с адаптацией потребности. Новые усилия, необходимые в области климатологии, должны включать следующее: поддержку функционирования и расширение систем мониторинга климата, решимость осуществлять обмен климатическими данными и информацией на международном уровне; непрерывное наращивание потенциала занимающегося климатом сообщества во всех странах для получения и передачи соответствующих климатических научных данных заинтересованным сторонам и лицам, принимающим решения.

Литература

- ALEXANDER, L.V., X. ZHANG, T.C. PETERSON, J. CAESAR, B. GLEASON, A.M.G. KLEIN TANK, M. HAYLOCK, D. COLLINS, B. TREWIN, F. RAHIMZADEN, A. TAGIPOUR, K. RUPA KUMAR, J. REVADEKAR, G. GRIFFITHS, L. VINCENT, D.B. STEPHENSON, J. BURN, E. AGUILAR, M. NRUNET, M. TAYLOR, M. NEW, P. ZHAI, M. RUSTICUCCI, J.L. VAZQUEZ-AGUIRRE, 2006: Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J.G.R.—Atmosphere*, doi: 10.1029/2005JD006290.
- BARNETT, T.P., D.W. PIERCE, H.G. HIDALGO, C. BONFILS, B.D. SANTER, T. DAS, G. BALA, A.W. WOOD, T. NOZAWA, A.A. MIRIN, D.R. CAYAN, M.D. DETTINGER, 2008: Human-induced changes in the hydrology of the Western United States, *Science*, doi:10.1126/science.1152538.
- GILLETT, N.P., F.W. ZWIERS, A.J. WEAVER, P.A. STOTT, 2003: Detection of human influence on sea-level pressure. *Nature*, doi:10.1038/nature01487.
- CHRISTENSEN, J.H., B. HEWITSON, A. BUSUIOC, A. CHEN, X. GAO, I. HELD, R. JONES, R.K. KOLLI, W.-T. KWON, R. LAPRISE, V. MAGAÑA RUEDA, L. MEARNES, C.G. MENÉNDEZ, J. RÄISÄNEN, A. RINKE, A. SARR and P. WHETTON, 2007: Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR and H.L. MILLER (eds)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 1990: *Scientific Assessment of Climate Change—Report of Working Group I* (J.T. HOUGHTON, G.J. JENKINS, J.J. EPHRAUMS (eds)). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 365 pp.
- IPCC, 1996: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (J.T. HOUGHTON, L.G. MEIRA FILHO, B.A. CALLANDER, N. HARRIS, A. KATTENBERG and K. MASKETT (eds)). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 572 pp.
- IPCC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (J.T. HOUGHTON, Y. DING, D.J. GRIGGS, M. NOGUER, P.J. VANDERLINDEN, X. DAI, K. MASKELL and C.A. JOHNSON (eds)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 944 pp.
- IPCC, 2007(a): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. SOLOMON, D. QIN, M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR and H.L. MILLER (eds)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2007(b): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (M.L. PARRY, O.F. CANZIANI, J.P. PALUTIKOF, P.J. VAN DER LINDEN and C.E. HANSON (eds)), Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- KHARIN V.V., F.W. ZWIERS, X. ZHANG and G.C. HEGERL, 2007: Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations. *J. Climate*, 20, 1419–1444.
- PETERSON, T. C., M. MCGUIRK, T. G. HOUSTON, A. H. HORVITZ and M. F. WEHNER, 2008: *Climate Variability and Change with Implications for Transportation*, National Research Council, in press.
- PIRARD, P., S. VANDENTORREN, M. PASCAL, K. LAADI, A. LE TETRE, S. CASSADOU and M. LEDRANS, 2005: Summary of the mortality impact assessment of the 2003 heat wave in France. *Euro Surveill*, 10, 153–6.
- SANTER, B.D. et al., 2007: Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content. *Proceedings of the National Academy of Science*, 104, 15248–15253.
- STOTT, P.A., D.A. STONE and M.R. ALLEN, 2004: Human contribution to the European heatwave of 2003. *Nature*, doi:10.1038/nature02089.
- WILLETT, K.M., N.P. GILLETT, P.D. JONES and P.W. THRONE, 2007: Attribution of observed surface humidity changes to human influence. *Nature*, doi:10.1038/nature06207.
- ZHANG, X., F.W. ZWIERS and P. STOTT, 2006: Multi-model multi-signal climate change detection at regional scale. *J. Climate*, 19, 4294–4307.
- ZHANG, X., F.W. ZWIERS, G.C. HEGERL, F.H. LAMBERT, N.P. GILLETT, S. SOLOMON and T. NOZAWA, 2007: Detection of human influence on twentieth-century precipitation trends. *Nature*, doi:10.1038/nature06025.

Мониторинг климата Земли

Сяолян Л. Ванг¹, Томас К. Петерсон², Джей Лоримо², Манола Брунет-Индия³,
Рэндолл Сервени⁴, Крейг Донлон⁵, Фатима Дриох⁶, Ван А. Ван Хассан⁷,
Рейнер Холлманн⁸, Марк Д.Шварц⁹, Зукьянь Зянь¹⁰

Введение

Мониторинг изменений климата Земли основан на десятилетних и столетних наблюдениях атмосферы и океана. Эти наблюдения включают столетние инструментальные измерения приземных температур и осадков и регистрацию суточных данных, которые необходимы для понимания изменений частоты и опасности экстремальных явлений, таких, как интенсивные осадки, засуха и волны тепла.

Наблюдаемые изменения климата Земли нашли широкое отражение в многочисленных национальных и международных исследованиях. По сравнению с палеоклиматическими данными, средняя температура в Северном полушарии во второй половине XX века, по-видимому, была выше температуры в любой другой 50-летний период, по крайней мере,

за последние 1300 лет. В начале XXI века глобальная температура продолжала повышаться. Активизация явления Эль-Ниньо в 1997–1998 гг. способствовала повышению глобальной температуры до рекордно высоких значений. К другим изменениям, наблюдавшимся в XX веке, относятся увеличение частоты сильных и экстремальных осадков во многих регионах мира, повышение уровня моря, сокращение площади арктического морского льда, таяние в районах вечной мерзлоты и более частые засухи. По прогнозам, эти и другие тенденции, по-видимому, будут иметь место и в будущем, а в некоторых случаях скорость таких изменений в XXI веке даже увеличится.

Комиссия по климатологии (ККл) ВМО стимулирует и координирует деятельность по мониторингу климата во всем мире и способствует наращиванию потенциала в этой области в развивающихся и наименее развитых странах.

Для решения различных проблем в этой области ККл на 14 сессии, состоявшейся в ноябре 2005 г. в Пекине (Китай), создала Группу экспертов по мониторингу климата, включая использование спутниковых и морских данных и продукции (ГЭ2.2) (http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/opags/documents/ET2_2.pdf). Это одна из двух групп экспертов Группы по программной области по мониторингу и анализу изменчивости и

изменения климата, председателями которой являются Томас Петерсон (США) и Манола Брунет-Индия (Испания). Она осуществляет руководство, а также стимулирует и координирует деятельность по мониторингу климата во всем мире и помогает наращивать потенциал в этой области в развивающихся странах.

На первом совещании по планированию (сентябрь 2006 г., Таррагона, Испания) ГЭ2.2 определила план работы на период 2006–2009 гг., в котором много внимания уделялось повышению эффективности использования спутниковых и морских данных и продукции при осуществлении деятельности в области мониторинга климата.

Цель мониторинга климатических и метеорологических явлений

Климат Земли изменяется в разных временных масштабах, влияя тем самым на различные социально-экономические и экологические аспекты, включая безопасность, здоровье, качество продуктов питания, туризм и энергетику. Необходимость адаптации к этим изменениям влечет за собой необходимость понимания их причин, интенсивности и распространения для того, чтобы можно было прогнозировать последствия таких изменений. Благодаря мониторингу климата пользователи по-

1 Отдел исследований климата, Министерство охраны окружающей среды Канады, Канада.

2 Национальный центр климатических данных НУОА, США.

3 Университет Ровира и Виргили, Испания.

4 Университет штата Аризона, США.

5 Метеорологическое бюро Соединенного Королевства, Соединенное Королевство.

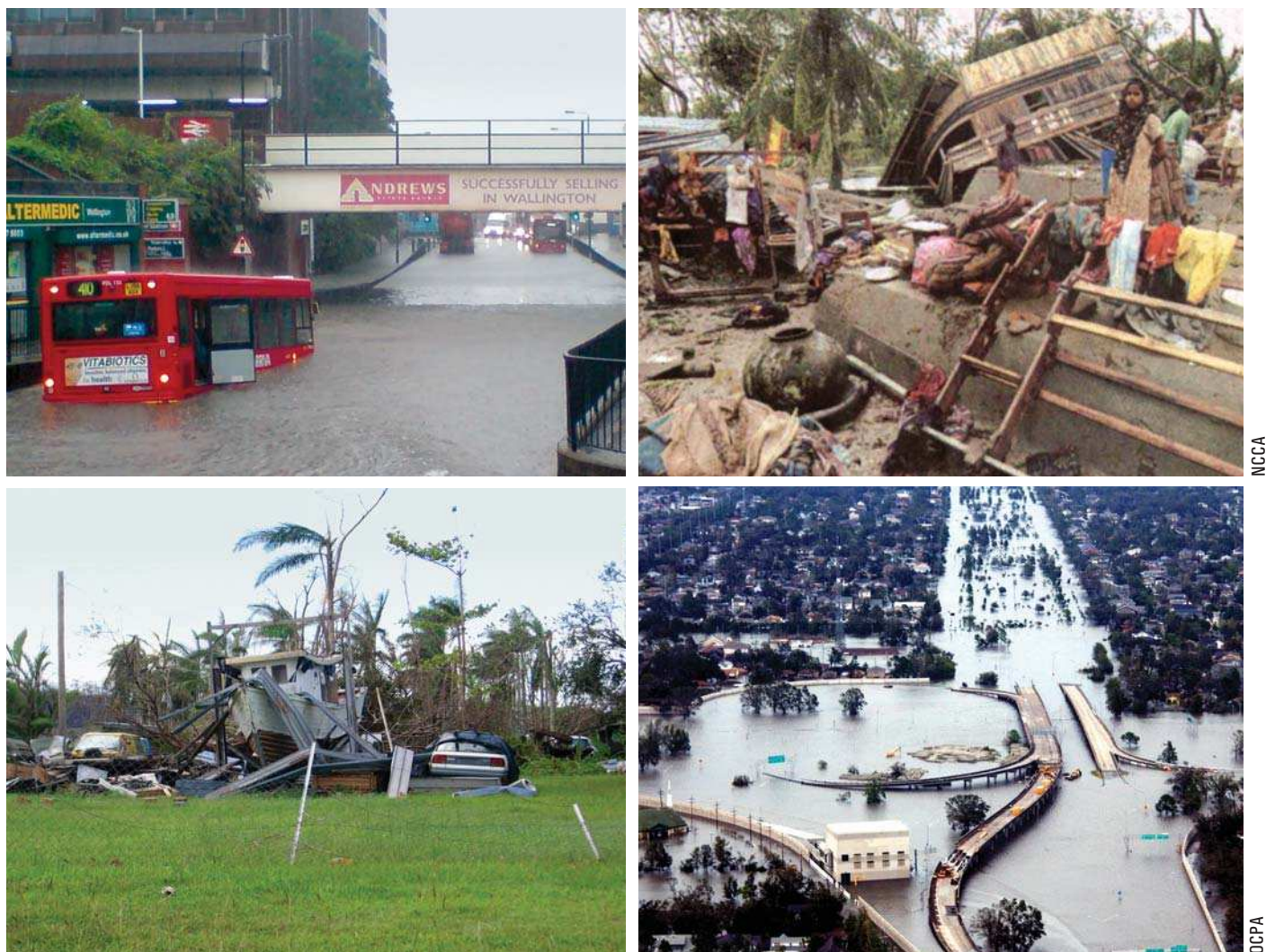
6 Национальное метеорологическое управление, Марокко.

7 Метеорологическое управление, Малайзия.

8 Немецкая метеорологическая служба, Германия.

9 Университет Висконсин-Милуоки, США.

10 Национальный климатический центр, Китай.



NCCA

OSPA

Рисунок 1 – С верхнего фото по часовой стрелке: последствия наводнения в Англии в июле 2007 г.; циклон Сидр в Бангладеш (2007 г.); ураган Катрина в США (2005 г.); циклон Парри в Австралии (2006 г.)

лучают информацию, необходимую для осуществления эффективного планирования и принятия ответных мер на изменение климата с учетом частоты, интенсивности и локализации экстремальных метеорологических и климатических явлений. Это особенно касается волн тепла, засух, сильных осадков, наводнений и тропических циклонов (включая ураганы и тайфуны), поскольку они часто оказывают разрушительное воздействие на экосистему (рис.1).

Например, засуха может привести к резкому понижению уровня воды в водохранилищах и озерах, вплоть до их полного высыхания (рис.2). Могут сильно сократиться урожайность и поголовье племенного скота, что приведет к повышению

цен на продукты питания, их дефициту, голоду и даже политическим конфликтам. В то же время засуха приводит к ухудшению качества и уменьшению количества питьевой воды, что пагубно сказывается на здоровье человека. В период засухи растет количество сильных лесных пожаров и пыльных бурь, которые представляют угрозу для жилища людей, сельскохозяйственных культур, а также для жизни людей и скота. Засухи усугубляют проблему дефицита водных ресурсов, которые все больше истощаются по мере роста населения и развития общества, что влечет за собой увеличение потребности в пище и воде.

Помимо засухи, сильное воздействие на общество и экономику оказывают и другие экстремальные явления,

такие, как тропические циклоны, волны тепла и сильные осадки. Предполагают, что в условиях глобального потепления частота и опасность таких экстремальных явлений будет расти. Мониторинг климата чрезвычайно необходим для того, чтобы понять, насколько быстро происходят изменения климата и насколько серьезны их последствия. Например, когда город охвачен засухой или сильной волной тепла, власти города хотят знать, редкое это явление (например, происходит раз в 100 лет) или более частое (происходит, скажем, раз в 10 лет), а также возможны ли в ближайшие 20 лет еще более экстремальные явления, с тем чтобы учесть их при разработке плана мероприятий (например, увеличить емкость водохранилищ или повысить

эффективность и изменить правила водопользования).

Четыре приоритетных направления, выработанные Группой экспертов ККл

В свете все более очевидных данных об изменении климата за последние десятилетия и с учетом прогноза увеличения скорости этих изменений в ближайшие десятилетия повышается значение мониторинга всех областей климатической системы Земли. Необходимость мониторинга и понимания изменения состояния климата становится еще более очевидной благодаря росту уязвимости общества вследствие его развития и изменения (например, все больше людей зависят от одной и той же материально-сырьевой базы, увеличивается плотность населения в существующих и развивающихся городских центрах и в уязвимых районах, таких, как прибрежная зона).

В последние десятилетия, благодаря успехам в области технологий и систем наблюдения, научное сообщество получает все больше данных *in situ*, а также спутниковых и морских данных. Эти данные используются в программах оперативного мониторинга климата во всех регионах; они

позволили расширить возможности получения глобальных данных о климатических условиях в реальном времени. Увеличение объема новой продукции, в сочетании с международным сотрудничеством и обменом данными, позволяют ученым всего мира обеспечивать органы государственной власти и частный сектор более качественной информацией за более короткие сроки, чем когда-либо в прошлом. Однако у развитых и развивающихся стран возможности неодинаковые.

Эксперты ГЭ2.2 вместе с Рэндаллом Сервени, докладчиком ККл по экстремальным климатическим явлениям, и Марком Шварцем, приглашенным экспертом по фенологии, включили в план работы на 2006–2009 гг. следующие четыре приоритетных направления мониторинга климата:

- использование спутниковых и морских данных, а также других массивов данных *in situ* с целью дальнейшего развития использования данных дистанционного зондирования и данных *in situ* для мониторинга климата и обнаружения изменения климата в морской среде, на суше и в атмосфере;
- повышение эффективности мониторинга глобальных и кон-

тинентальных экстремальных явлений с целью создания и ведения доступной базы данных о глобальных и континентальных экстремальных явлениях под руководством докладчика по климатическим экстремальным явлениям;

- стимулирование и координация фенологических экспериментов, а также поддержка использования фенологических данных в деятельности по мониторингу климата;
- расширение возможностей мониторинга климата в развивающихся странах.

В процессе осуществления этих приоритетных направлений разработан Web-сайт мониторинга климата (<http://www.omm.urv.cat/>) для того, чтобы облегчить обмен данными, информацией и продукцией. Он разработан в университете Ровира и Виргили (Испания). В будущем этот Web-сайт будет служить порталом, позволяющим найти продукцию, касающуюся мониторинга климата, которая необходима национальным метеорологическим службам и их пользователям. Этот портал будет также поддерживать и обеспечивать доступ к материалам и программам электронного обучения, разработанным экспертами, а также к специализированным программам ВМО и другим международным программам.

Основные проекты мониторинга климата ККл

Для рассмотрения четырех вышеупомянутых приоритетных направлений ГЭ2.2 разработала 17 пунктов плана мероприятий, которые включают следующие три проекта:

Проверка возможностей

Рассматривается проект «проверки возможностей» спутниковых данных и продукции и данных *in situ*. Цель этого проекта – разработать каталог, включающий:



Рисунок 2 – Пастух со своим стадом на дне высохшей реки на севере Китая



Рисунок 3 – Web-сайт Группы экспертов ВМО/ККл (ГЭ2.2) по мониторингу климата, включая использование спутниковых и морских данных и продукции (www.senamhi.gob.pe)

- Описание массивов данных
- Примеры вывода графических данных
- Известные проблемы и вопросы
- Точки доступа к данным
- Пункты контакта с разработчиками и специалистами по обслуживанию соответствующих массивов данных
- Требования к записям климатических данных Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК)
- Сводка отсутствующих климатических данных (массивы данных, которые предстоит разработать в соответствии с требованиями ГСНК).

разные группы осуществляют мониторинг климата, а также различные индексы (например, индекс засухи Палмера);

- Поддержка работ по фенологическим наблюдениям за растениями и пополнение имеющихся знаний за счет публикации соответствующих технических документов ВМО. На основе этого проекта эксперты будут давать рекомендации Комиссии по проблемам, стоящим перед фенологической сетью и предлагать стратегию их решения.

Усовершенствование обзора мониторинга климата ВМО

Глобальный мониторинг климата

Цель этого проекта – расширить возможности стран всего мира в области мониторинга климата за счет обеспечения учебными материалами и обмена оперативной продукцией между НГМС. Это осуществляется с помощью Web-страницы ВМО по мониторингу климата, на которой имеется информация о методах и методологии мониторинга климата, а также Web-сайты различных НГМС, выпускающих стандартную продукцию мониторинга и климатические бюллетени.

- Нарращивание потенциала посредством демонстрации: на Web-сайте ГЭ2.2 будет размещена информация о том, как

ГЭ2.2 будет также работать над совершенствованием научных знаний о состоянии глобального климата, используя ежегодные отчеты ВМО о состоянии климата. В этих отчетах подчеркивается выгода совместной работы стран-членов ВМО в области мониторинга климата для повышения качества научных знаний о глобальном климате. Они содержат информацию о текущих климатических условиях и изменениях в прошлом свыше 20 важных климатических переменных. Эти вопросы рассматриваются в главах, касающихся глобальных атмосферных условий, поверхностного и подповерхностного слоя океана, активности тропических циклонов во всех бассейнах и условий в полярных районах.

В этих отчетах содержатся подробные дискуссии в отношении метеорологических и климатических условий и экстремальных явлений во всех регионах ВМО. Эти отчеты составляет большая группа ученых во всех регионах ВМО под руководством Национального центра климатических данных (НЦКД) НУОА. Они публикуются в июньских номерах Бюллетеня Американского метеорологического общества, а также ВМО.

Несмотря на огромные достижения в области подготовки этих отчетов, содержащих материалы, предоставляемые учеными всего мира, ГЭ2.2 выделила три области, которые следует рассмотреть для дальнейшего повышения качества отчетов, а именно:

- Перевод этих отчетов на все официальные языки ООН, т.е. арабский, китайский, французский, русский и испанский; впервые это было предложено в Отчете о состоянии климата за 2005 г., который опубликован в июне 2006 г.
- Внести ясность в процедуру выбора авторов отчетов и выяснить, необходима ли дополнительная квалификация для выпуска будущих изданий отчета; учитывая их растущую важность, а также дискуссии на последней сессии ККл (Пекин, ноябрь 2005 г.). Необходимо уведомлять заинтересованные стороны о процедуре отбора авторов, чтобы обеспечить соответствующий уровень квалификации и широкое участие на международном уровне. ГЭ2.2 запросила информацию о процедуре отбора авторов.

Эта информация поможет выяснить процедуру составления отчетов и выделить области знаний, которые помогли бы повысить их качество. Обзорная статья с такой информацией должна быть размещена на Web-сайте состояния климата Национального центра климатических данных США и связана с Web-сайтом мониторинга климата ВМО.



Рисунок 4 – Информация, получаемая в процессе международной деятельности по мониторингу климата, служит основой для расширения научных знаний об изменчивости и изменении климата и играет большую роль в смягчении последствий и предотвращении бедствий, охране окружающей среды и устойчивом социально-экономическом развитии

В результате этой деятельности по увеличению количества международных ученых, участвующих в составлении ежегодных отчетов, число авторов отчета за 2006 г. выросло более чем на 50 человек, в результате чего общее количество авторов составило свыше 150 человек.

- Включение новой фенологической информации в будущие отчеты: выявлены и уведомлены европейские ученые, которые могли бы стать потенциальными авторами. Планируется включить новую фенологическую информацию в отчет за 2007 г.

Чтобы добиться успеха в этой деятельности и проектах, необходима координация с другими международ-

ными программами и подготовка научных обзоров и рекомендаций по мониторингу климата, обучению, образованию и наращиванию потенциала. Подробную информацию, и предполагаемую продукцию, предоставляемую ГЭ2.2, можно найти на сайте <http://www.omm.urv.cat/work-plan2.html>. Дополнительные меры будут приняты по мере возникновения других потребностей.

Информация, получаемая в процессе международной деятельности по мониторингу климата, служит основой для расширения научных знаний об изменчивости и изменении климата и играет большую роль в смягчении последствий и предотвращении бедствий, охране окружающей среды и устойчивом социально-экономическом развитии.

Выражение признательности

Авторы выражают благодарность Пьеру Бессемолину (президенту ККл), Хама Контонгмоде (Секретариат ВМО), Энрику Агуйлару (университет Ровира и Виргили, Испания) и Хосе Антонио Лопесу (начальнику Отдела климатологии Государственного метеорологического агентства Испании) за участие в первом совещании ГЭ2.2, вклад в разработку рабочего плана ГЭ2.2 и активное участие в деятельности ГЭ2.2. Выражаем также признательность Омару Баддоуру, начальнику Отдела управления данными, за рецензирование этой статьи, разработку Web-портала ГЭ2.2 и участие в работе ГЭ2.2.

Агрометеорологическое обслуживание в условиях меняющегося климата: «старое вино в новых мехах»

Кис Стиггер*

Введение

Считается, что вся агрометеорологическая и агроклиматологическая информация, которую можно использовать для обеспечения и повышения доходов фермеров при производстве сельскохозяйственной продукции, относится к агрометеорологическому обслуживанию. Такое обслуживание обеспечивает увеличение и повышение качества урожая, защищая при этом сельскохозяйственные ресурсы от деградации (Stigter, 2007a).

В развивающихся странах и странах с переходной экономикой обязанность помогать бедным фермерам возложена на государство. Однако государственные и негосударственные организации могут работать вместе. Как показывает опыт, необходимо во что бы то ни стало ликвидировать разрыв в уровне жизни фермеров. Чтобы обеспечить успех агрометеорологического обслуживания, процесс ликвидации разрыва следует финансировать, организовывать и постоянно оценивать путем обучения посредников. Климатические полевые школы (КПШ) являются наиболее перспективным средством решения проблемы из-

менения климата, что само по себе делает вышесказанное еще более необходимым (Stigter, 2007b).

Сотрудники НГМС, НИИ и университетов могут сделать свою метеорологическую «рекомендательную» продукцию более доступной для понимания пользователей. Будут ли другие стороны, как посредники, государственными служащими или работниками внебюджетной сферы, зависит от политики, проводимой лицами, принимающими решения, т.е. государственными чиновниками, представителями институтов и негосударственных организаций и фермерами.

Обучение посредников, создание КПШ и выпуск доступной для пользователей продукции являются так называемыми «новыми мехами» для агрометеорологического обслуживания. «Старое вино» находилось на полке, и теперь наступило время, когда его необходимо представить иначе, с учетом существующего неравенства между фермерами (Stigter, 1999; Lemos and Dilling, 2007), новых и более качественных оценок потребностей (Stigter, 2007c), а также стратегий готовности (Rathore and Stigter, 2007).

Эта статья основана на докладе, представленном на форуме «Изменение климата – агрометеорологические альтернативы» (30 ноября 2007 г.) в период Первого венесуэльского конгресса по агрометеорологии и Пятого латиноамериканского совещания по агрометеорологии, состоявшихся в г. Маракай (Венесуэла) при финансовой поддержке ВМО. Общая тема мероприятий – «Социализация содержания агрометеорологии в Латинской Америке».

Фермерство с учетом метеорологических условий

Возникновение

Фермерство с учетом полученной метеорологической информации как первый комплекс агрометеорологических услуг создал Стьюарт в 1980-е годы при поддержке Гоммеса (2004 г. для ФАО), Стиггера (Olufayo *et al.*, 1998; Stigter, 1999; KNMI, 2006 для ВМО/КСХМ) и Вейсса (2000). Гоммес предложил связать анализ современных данных с коммуникационными методами обслуживания.

Организация

Организация своевременного предоставления информации и услуг в дифференцированной форме

* Учредитель и директор консультативной фирмы «Агромет вижн» и президент Международного общества сельскохозяйственной метеорологии (cjstiger@usa.net)

становится решающим фактором их использования при принятии стратегических и тактических решений. Традиционные методы могут быть более подходящими в силу их доступности для заинтересованных фермерских хозяйств. Предоставление другой информации в сфере агрометеорологического обслуживания зачастую недостаточно хорошо организовано (Stigter *et al.*, 2005).

Может ли развитие быть устойчивым при неустойчивом климате? Изменение климата и его растущая изменчивость могут серьезно осложнить устойчивое развитие. В этих условиях необходимо разработать новые или адаптировать существующие стратегии готовности, отличающиеся от фермерских систем. Принципы, организация и роль научной и коммуникационной

инфраструктуры, а также подходы к расширению образования не будут отличаться, но могут осложняться изменением климата.

Подгонка уборочных периодов к разным сезонам

Самый старый способ решения проблемы изменчивости климата – попытаться подогнать сбор урожая к текущему сезону. Регулярные попытки использования любых местных прогнозов в стратегиях преодоления трудностей или при адаптации к происходящему в текущий сезон определяют гибкость и устойчивость фермерских систем к скорости изменения климата.

Существует множество примеров постоянных, медленных и быстрых

адаптаций к сезонной изменчивости для стратегий преодоления трудностей и продовольственной безопасности. В сущности, эти адаптации могут рассматриваться как старейшие примеры ситуационного фермерства в самом прямом понимании этого термина (Stigter *et al.*, 2005). Однако при текущих быстро меняющихся условиях не ожидается, что эти традиционные методы «подгонки» будут усовершенствованы. Единственным выходом из создавшейся ситуации представляется их сочетание с более научными метеорологическими и климатологическими подходами.

Методология

Фермерство с учетом полученной информации – это метод иденти-



Kees Stigter

Кочевники со своими животными и оседлые фермеры на одной земле, окруженной лесозащитной полосой, на севере Нигерии. Лишь дифференциация между их потребностями и постоянной взаимодополняемостью их образа жизни в условиях изменения климата позволит предотвратить борьбу за ресурсы.



Подземное хранение зерна сорго в Сеннаре (центральный район Судана). Изменение климата вызвало необходимость проведения исследований с целью увеличения продолжительности хранения. При этом разные типы почвы дали неодинаковые результаты, а использование фермерами различных нововведений было весьма успешным.

кации и количественного выражения (статистическими или иными средствами) изменчивости и предсказуемости/непредсказуемости сезонных осадков и связанных с ними фермерских рисков. Гипотеза состоит в том, что решения проблем фермерства могут быть найдены за счет усовершенствованного прогнозирования характеристик ожидаемых осадков в уборочный период. Фермерство с учетом полученной информации означает адаптацию сбора урожая к текущему дождливому сезону за счет проведения агрономических мероприятий с использованием прошлого опыта, полученного на основе интерпретации метеорологических наблюдений осадков, при привлечении знаний специалистов, если это возможно.

Здесь мы говорим о начале дождей, общем количестве осадков, их продолжительности (включая засушливые периоды в отдельных районах и их продолжительность) и интенсивности, частоте дождливых дней, среднесуточном количестве выпадения осадков, распределении осадков по сезонам, прекращении осадков и т.д. Все это представляет

интерес для фермеров. С учетом признаков увеличения изменчивости и изменения климата с точки зрения осадков все вышеуказанное необходимо будет адаптировать к новым условиям, ограничивая прошедший период, в течение которого можно использовать накопленный опыт, и адаптируя информацию к местной почве и топографии (Stigter *et al.*, 2005).

Применение

По мнению многих организаций, климатические прогнозы необходимо предоставлять мелким фермерам. Такие прогнозы стали учитываться в стратегиях готовности к бедствиям, подготовленных как государственными, так и негосударственными организациями. Большой интерес вызывает определение их экономической ценности. Однако, как показывают последние полевые исследования результатов использования прогнозов, существует значительный разрыв между информацией, необходимой мелким фермерам, и информацией, предоставляемой метеорологическими службами. Стратегии неприятия

риска в производственных системах LEISA порождают проблему адаптации прогностической информации (Stigter *et al.*, 2005).

Расширение определения

В данной статье фермерская деятельность на основе полученной метеоинформации пока ограничивается лишь осадками, однако другой формой реагирования на метеорологическую и климатическую действительность является обуздание метеорологических и климатических бедствий (например, Rathore and Stigter, 2007).

Такие услуги, как рекомендации относительно правил проектирования систем регулирования микроклимата в надземных и подземных сооружениях, относятся к следующим видам агрометеорологического обслуживания: затенение, защита от ветра, мульчирование, другие изменения поверхности почвы, высушивание, хранение, защита от заморозков и т.д. (Stigter, 2007d).

В этой статье я говорю об агрометеорологических альтернативах. Изменение климата осложняет организованное ведение фермерского хозяйства с учетом получаемой информации, но дифференциация систем фермерства и фермеров представляет собой реальную проблему агрометеорологических альтернатив в сценариях агрометеорологического обслуживания в условиях изменения климата.

Заключение

Для агрометеорологического обслуживания необходимы «новые меха». «Старое вино» фермерства с учетом полученной информации в его самом широком смысле уже давно пребывает на полке и сейчас должно быть представлено иначе. Мы должны учитывать существо-

вавшее ранее неравенство между фермерами, новые и более совершенные оценки потребностей, а также сосредоточенность на стратегиях готовности. Изменение климата осложняет организованное ведение фермерского хозяйства с учетом получаемой информации, но дифференциация систем фермерства и фермеров представляет собой реальную проблему агрометеорологических альтернатив в сценариях агрометеорологического обслуживания в условиях изменения климата.

Литература

- GOMMES, R., 2004: Applications of FAO agrometeorological software in response farming. WMO/Commission for Agricultural Meteorology expert meeting on weather, climate and farmers. <http://www.wamis.org/agm/meetings/etwcf/Gommes/pps>
- KNMI (for Netherlands Government compiled by Kees Stigter), 2006: Capacity building in the area of agrometeorological services through roving seminars. Document distributed and presented as CAgM-XIV/INF. 4 at the 14th session of the WMO Commission for Agricultural Meteorology, New Delhi, October/November, 13 pp.
- LEMONS, M.C. and L. DILLING, 2007: Equity in forecasting climate: can science save the world's poor? *Science and Public Policy* 34: 109–116.
- OLUFAYO, A.A., C.J. STIGTER and C. BALDY, 1998: On needs and deeds in agrometeorology in tropical Africa. *Agr. For. Meteorol.* 92: 227–240.
- RATHORE, L.S. and C.J. STIGTER, 2007: Challenges to coping strategies with agrometeorological risks and uncertainties—Regional Perspectives: Asia. In: *Managing Weather and Climate Risks in Agriculture*, M.V.K. Sivakumar and R. Motha (Eds.), Springer, Berlin/Heidelberg, 53–69.
- STEWART, J.I., 1980s: WHARF: World Hunger Alleviation through Response Farming. Currently: <http://responsefarming.org/>
- STIGTER, C.J., 1999: The future of agrometeorology: perspectives in science and services. *WMO Bulletin* 48: 353–359.
- STIGTER, K., 2006: Scientific research in Africa in the 21st century, in need of a change of approach. *African J. Agric. Res.* 1: 4–8.
- STIGTER, C.J., 2007(a): From basic agrometeorological science to agrometeorological services and information for agricultural decision makers: a simple conceptual and diagnostic framework. A Guest Editorial. *Agric. For. Meteorol.* 142: 91–95.
- STIGTER, K., 2007(b): Addressing climate change in agriculture. Opinion news feature and Editorial, *Jakarta Post*, 15 October 2007, p. 7.
- STIGTER, K., 2007(c): Agrometeorology from science to extension: assessment of needs and provision of services. Invited lecture at the 50th anniversary of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing. Also: *Agric. Ecosyst. Environ.*, in press.
- STIGTER, K., 2007(d). Available drafts for “Applied Agrometeorology”. To be published in 2009 by Springer, New York/Berlin/Heidelberg.
- STIGTER, C.J., DAWEI ZHENG, L.O.Z. ONYEWOTU and XURONG MEI, 2005: Using traditional methods and indigenous technologies for coping with climate variability. *Climate Change* 70: 255–271.
- WEISS, A., L. VAN CROWDER and M. BERNARDI, 2000: Communicating agrometeorological information to farming communities. *Agric. For. Meteorol.* 103: 185–196.

Смягчение последствий стихийных бедствий в условиях изменения климата

Хизер Олд*

Введение

Данные по всему миру свидетельствуют о росте расходов, связанных с бедствиями, особенно со стихийными. В период с 1950-х до 1990-х годов прямые годовые убытки от природных катастроф возросли с 3,9 до, по меньшей мере, 40 млрд долларов США по курсу на 1999 г. (Munich Re, 2007), тогда как численность населения выросла лишь в 2,4 раза. В действительности же размер этих убытков, связанных в основном с бедствиями метеорологического и гидрологического характера, в 2 раза больше, если учитывать потери от менее опасных явлений (Munich Re, 2007). Согласно другим последним исследованиям, предполагаемые потери еще выше (IPCC, 2007(a)). Хотя число жертв стихийных бедствий снизилось за последние 30 лет благодаря более эффективным программам подготовки к стихийным бедствиям и предотвращения их последствий, количество пострадавших от стихийных бедствий (увечья, лишение крова, голод) значительно возросло и в среднем составило свыше 211 млн человек в год (по данным Красного Креста, 2006 г.). Наиболее серьезные последствия отмечались в развивающихся странах.

Большинство стихийных бедствий приходится на бедствия, связанные с метеорологическими, климатическими и гидрологическими явлениями

(рис.1). Действительно, с гидрометеорологическими опасными явлениями связано почти 90% жертв всех стихийных бедствий за последние 10 лет (WMO, 2004 (a)). Растущее воздействие стихийных бедствий свидетельствует о том, что национальные гидрометеорологические службы (НГМС) должны играть более значительную роль в деятельности по обеспечению готовности и ликвидации последствий бедствий (далее – «управление в условиях бедствия»).

Наряду с тем, что увеличение количества опасных явлений способствует росту убытков в конкретном регионе, известно также, что изменение социально-экономических и демографических тенденций способствует повышению степени уязвимости (IPCC, 2007(a)). К некоторым изменя-

Эта статья основана на научной лекции «Смягчение последствий стихийных бедствий в условиях изменения климата: важная роль национальных гидрометеорологических служб», представленной автором на 15-м Всемирном метеорологическом конгрессе (Женева, 24 мая 2007 г.).

ющимся социально-экономическим факторам можно отнести рост численности населения, урбанизацию, освоение зон повышенного риска (например, прибрежных зон), рост численности бедного населения в бедных районах и рост благосостояния в развитых странах, повышение

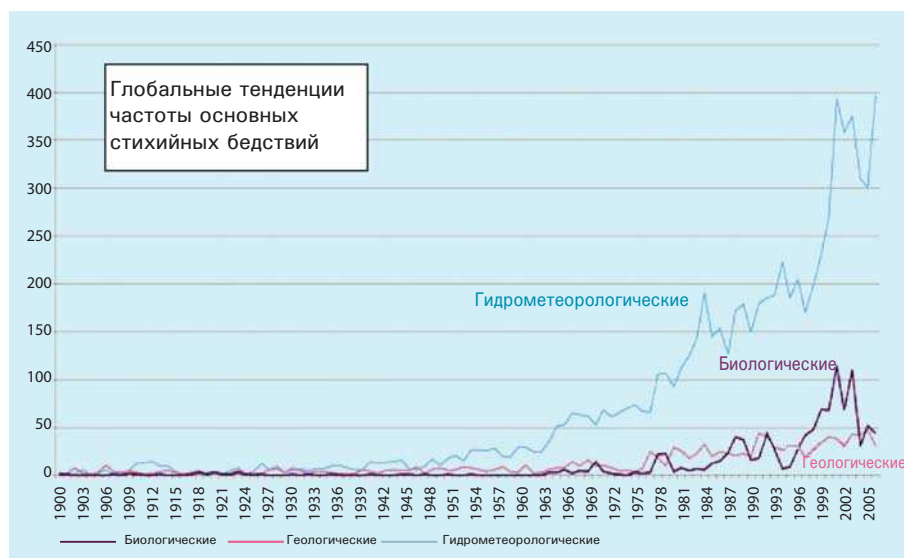


Рисунок 1 – Количество серьезных гидрометеорологических бедствий за каждый год в базе данных EM-DAT за период 1900–2005 гг. (по данным EM-DAT, (2006 г.): Международная база данных о стихийных бедствиях OFDA/CRED (www.em-dat.net), Католический университет Louvain, Брюссель, Бельгия)

* Отдел исследований последствий и адаптации к стихийным бедствиям, Министерство охраны окружающей среды Канады, Торонто, Канада МЗН 5Т4

степени зависимости от инфраструктуры и обслуживания, изношенность инфраструктуры, неспособность разработать хорошие климатические рекомендации для технических норм, экологически не обоснованные разработки и региональное ухудшение окружающей среды.

Естественно ожидать больших межгодовых изменений количества и интенсивности метеорологических и гидрологических опасных явлений, но недопустимо позволять расти убыткам от этих явлений. То, что как застрахованные, так и незастрахованные убытки от метеорологических и гидрологических бедствий быстро растут в денежном выражении, отражает неспособность отдельных сообществ и общества в целом достаточно успешно адаптироваться к текущей изменчивости климата и экстремальным явлениям.

Роль НГМС в управлении в условиях бедствия

Как показано на рис.2, НГМС играют многообразные роли в управлении в условиях бедствия. Эти роли можно свести к двум направлениям:

- Мероприятия до начала бедствия или мероприятия по управлению в условиях риска, проводимые на основе:
 - предотвращения и смягчения опасности стихийных бедствий,

- готовности в условиях чрезвычайной ситуации;
- Мероприятия, проводимые непосредственно перед бедствием, во время и после него – управление в условиях кризиса – на основе:
 - реагирования на чрезвычайную ситуацию и смягчения последствий,
 - восстановительных работ после бедствия.

Эффективное сквозное управление в условиях бедствия требует координированных действий по всем указанным направлениям.

В большинстве стран политика в отношении стихийных бедствий традиционно сосредоточена на мероприятиях по управлению в условиях кризиса (например, готовность к чрезвычайной ситуации), которые сводят к минимуму последствия бедствия и предоставляют срочную помощь пострадавшим. По оценке Всемирного банка, каждый доллар, потраченный на обеспечение готовности к стихийному бедствию, экономит семь долларов (World Bank, 2004).

НГМС имеют большие возможности, позволяющие снизить убытки от метеорологических и гидрологических бедствий в условиях современного изменения климата, проводя мероприятия по управлению в условиях риска и кризиса. К этим мероприятиям относятся:

- Предоставление информации об опасных явлениях для оценки риска и планирования операций землепользования;
- Повышение качества климатической и гидрологической проектной информации для обеспечения безопасности инфраструктуры и сообщества;
- Разработка экологических прогнозов и продукции о рисках для интерпретации надвигающейся опасности;
- Мониторинг с целью обнаружения опасных явлений и надвигающейся угрозы;
- Прогнозы и заблаговременные предупреждения для оперативного принятия ответных мер и проведения восстановительных операций;
- Оказание помощи в обучении для управления в условиях риска и в наращивании потенциала.

Меры по управлению в условиях риска: выявление рисков

Есть такая поговорка: «Кто предупрежден, тот вооружен». Когда мы знаем о грозящей опасности, мы можем лучше подготовиться к ней (Клаус Тепфер, исполнительный директор Программы ООН по окружающей среде). Хотя стихийные бедствия не всегда можно предсказать, их часто можно предвидеть и, следовательно, подготовиться к ним. Многие опасные природные явления можно предвидеть, руководствуясь прошлым опытом, климатологическими анализами опасных атмосферных явлений, анализом уязвимости, ретроспективными анализами и данными о климате в будущем.

Роль НГМС в разработке информации об опасных атмосферных явлениях

Важной частью стратегии управления в условиях бедствия является осуществление процесса идентификации уязвимости или опасного явления и оценки рисков (HIRA), в котором вероятность опасных явлений объединена с оценками уязвимости



Рисунок 2 – Потенциальная роль НГМС в системах управления в условиях бедствия/чрезвычайной ситуации; мероприятия по управлению в условиях риска: предотвращение, смягчение последствий, готовность и мероприятия по управлению в условиях кризиса: реагирование на чрезвычайную ситуацию, восстановление и реконструкция

важной инфраструктуры и рисков. Например, в Канаде, в провинции Онтарио, в апреле 2003 г. принят закон об управлении в условиях чрезвычайной ситуации и защите гражданского населения, согласно которому все муниципальные и региональные органы власти должны идентифицировать и определить приоритеты всех опасных явлений и рисков, представляющих угрозу безопасности населения (Government of Ontario, 2004). Этот закон предусматривает осуществление процесса HIRA, идентификацию уязвимых групп и инфраструктуры, расстановку приоритетов возможных рисков, планирование потенциального вмешательства и широкое планирование мероприятий по управлению в условиях бедствия (Auld *et al.*, 2006(c)). Другие провинции уже приняли или собираются принять подобные законы.

Согласно процессу HIRA, опасные явления и риски в разных муниципалитетах неодинаковы. Этот процесс оценивает частоту опасных явлений и их суммарное воздействие как функцию вероятности и последствий опасных явлений (воздействие и уязвимость). Поскольку у разных муниципалитетов разные возможности, процесс HIRA провинции Онтарио использует упрощенную систему для оценки вероятности и последствий опасного явления. Возможности принятия ответных мер у разных муниципалитетов также различны. Система HIRA классифицирует риски в соответствии со следующими параметрами (Emergency Management Ontario, 2004):

- Частота или вероятность опасного явления классифицируется от 1 до 4, где 1 отражает низкую частоту, а 4 – высокую частоту опасного явления за последние 15 лет;
- Воздействия или последствия классифицируются от 1 (пренебрежимо малые) до 4 (высокие). Степень воздействия можно определить по мнению специалистов или на основе консультаций с ними. «Высокое» последствие отражает вероятность опасных последствий, включая гибель людей и разрушение важной инфраструктуры;

- Способность принятия сообществом ответных мер или возможность адаптации: способность принятия ответных мер классифицируется от 1 (отличная) до 4 (очень низкая); она может изменить оценку воздействий маловероятных явлений, которые, однако, имеют разрушительные последствия – в этом случае возможности и опыт принятия ответных мер могут быть ограниченными.

В поддержку системы HIRA Метеорологическая служба Канады разработала Web-сайт атмосферных опасных явлений (www.hazards.ca) для региональных управляющих в условиях чрезвычайной ситуации (Auld *et al.*, 2002, 2006(c)). Этот Web-сайт содержит информацию о вероятности опасных явлений и дает возможность провести пространственно-временное сравнение опасных явлений в разных районах.

На Web-сайте «Опасные явления» содержатся отрецензированные карты и базы данных о различных гидрометеорологических опасных явлениях и их тенденциях, приводятся документы о прошлых явлениях разрушительной силы. На рис.3 показан образец карты опасных явлений с Web-сайта. К опасным явлениям относятся экстремальная жара или холод, засуха, экстремаль-

ные осадки, снежные бури, ураганы, торнадо, штормовой ветер, смог, ультрафиолетовая радиация и др. Карты и базы данных содержат информацию о частоте опасных явлений в отдельные периоды наблюдений, среднем количестве дней в году с условиями, превышающими пороговые, экстремальных осадках и температурах, вероятности опасного явления в данном месте, самых последних случаях экстремальных явлений, оценках периодичности, климатических расчетных значениях для строительных работ, а также метеорологических критериях предупреждений и потенциальных воздействиях конкретных опасных явлений (Auld *et al.*, 2006(c)). Все материалы должны быть защищены в научном отношении (например, журнальные публикации и данные, удовлетворяющие международным и национальным стандартам).

Этот Web-сайт также позволяет оценить риск возникновения многих опасных явлений с помощью программного обеспечения для опознавания, способного скомпоновать карты различного формата, даже если они имеют разные масштабы и проекции. Форматы карт на Web-сайте варьируются от сканирования простой твердой копии (например, gif) до более сложных выходных данных Географической информа-

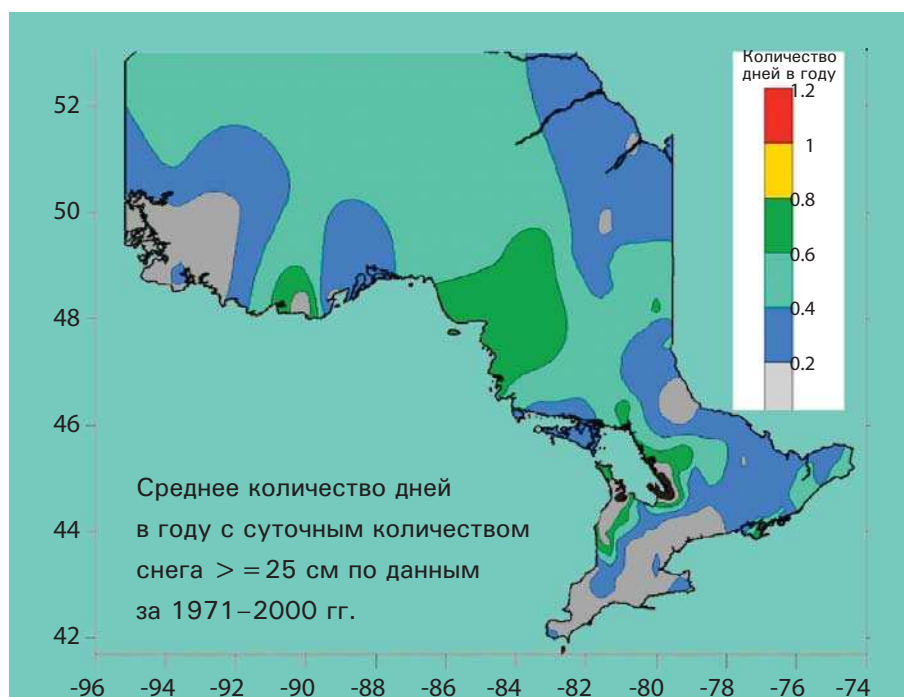


Рисунок 3 – Среднее количество дней в году с суточным количеством снега ≥ 25 см по данным за 1971–2000 гг. (Министерство охраны окружающей среды Канады, 2006 г.)

ционной системы (ГИС). Это программное обеспечение подходит для муниципалитетов с самыми разными возможностями и может использоваться как на старых и медленных компьютерах, так и на современном оборудовании. Поскольку технические возможности разных муниципалитетов далеко не одинаковы, для передачи информации об опасных явлениях выбирались самые разные форматы и носители (например, публикации для политиков, принимающих решения, материалы на CD-ROM для отдаленных регионов, Web-страницы и др.).

Процесс HIRA должен также учитывать новые возникающие угрозы (например, изменение климата, пандемии). В этом случае учитываются исторические тенденции и составляются сценарии изменения климата, чтобы подчеркнуть изменения и возрастающий риск гидрометеорологических опасных явлений. Чтобы определить вероятность и тенденции, власти должны использовать наиболее качественную информацию (Emergency Management Ontario, 2004).

НГМС должны делать все возможное для лучшего понимания и предвидения опасных явлений. Необходимо лучше оценивать информационные потребности лиц, принимающих управленческие решения в условиях бедствия, определять пробелы в научных знаниях, противоречия и приоритеты для повышения качества гидрометеорологической продукции. Например, оценка карт вероятности торнадо для центральной части Канады выявила несовместимость продукции с течением времени из-за изменения методологии, допущений и процедур сбора данных. Этот процесс также обнаружил значительные пробелы в информации об опасности засухи в центральной части Канады, в результате чего с участием пользователей были разработаны и откалиброваны новые индексы реагирования на засуху и дефицит влаги. Новая информация о засухе в большей степени удовлетворяет новому закону в отношении планирования и проведения ответных мероприятий в условиях дефицита влаги.

Задача создания Web-сайта об опасных явлениях – удовлетворить

потребности широкого круга пользователей от хорошо подготовленного проектировщика до простого пользователя, соблюдая баланс между точностью и полнотой. В сущности, точная научная информация об опасных явлениях не представляет ценности, если ее не может понять служащий сельского муниципалитета, в обязанности которого входит планирование мероприятий по управлению в условиях бедствия. Точно так же научная информация об опасных явлениях, которая настолько упрощена, что не может точно передать фактическую угрозу, бесполезна для профессиональной консультативной службы, которая должна дать рекомендации муниципалитету относительно риска и приоритетов. Задача состоит в том, чтобы передать комплексную научную информацию об опасных явлениях всем пользователям и обеспечить ее защиту с научной точки зрения, несмотря на упрощения.

Роль НГМС в защите инфраструктуры и снижении риска бедствий

Говорят, что «дом – это первая линия обороны от опасных явлений». Как показывают ретроспективные анализы, повреждение инфраструктуры (домов, электрических

распределительных сетей, коммуникационных сооружений, плотин) происходит, когда климатические экстремальные явления приближаются к критическим расчетным значениям сооружения, а затем превышают предел безопасности (Auld *et al.*, 2006(a)). Ретроспективные исследования показывают, что выше критического порога даже небольшое увеличение интенсивности метеорологических и климатических экстремальных явлений может нанести значительно более высокий ущерб инфраструктуре. Согласно этим исследованиям, ущерб от экстремальных метеорологических явлений продолжает значительно расти, превышая критический порог, даже если сила разрушительных циклонов, вызвавших этот ущерб, не намного превышает интенсивность ежегодно наблюдающихся циклонов (Munich Re, 2005; Swiss Re, 1997; Coleman, 2002). Во многих случаях критические пороги, вероятно, отражают интенсивность циклонов, которая превышает средние расчетные условия для самых разных сооружений разного возраста.

Исследования претензий, проведенные австралийской страховой компанией (рис.4), показывают, что увеличение силы порыва ветра на 25% выше критического порога может вызвать увеличение количества строительных претензий на 650% (Coleman, 2002). Как показывают

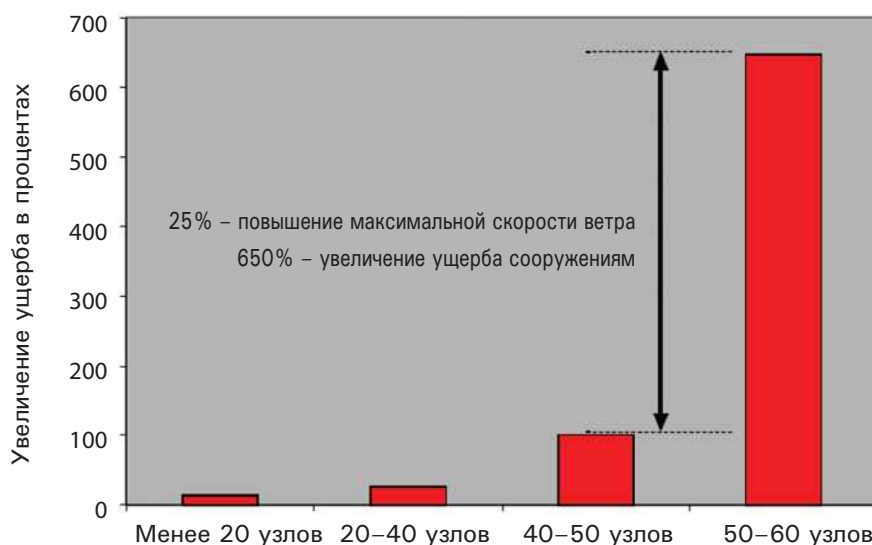


Рисунок 4 – Претензии, относящиеся к строительным сооружениям, как функция максимальной скорости ветра в Австралии (Источник: Coleman, 2002)

подобные исследования, как только порывы ветра достигают или превышают определенный уровень, часто срываются крыши домов и дополнительный ущерб наносится от поваленных деревьев. Ниже этого порога ущерб обычно минимален (Munich Re, 2005; Swiss Re, 1997; Freeman and Warner, 2001; Coleman, 2002). Такие же результаты получены для ущерба от наводнений и града (Freeman and Warner, 2001; Munich Re, 2005; Swiss Re, 1997). Безусловно, размер ущерба в значительной мере зависит также и от качества конструкции.

Климатические расчетные значения, используемые для расчета надежной и экономичной инфраструктуры, включают такие величины, как наивысшая скорость штормового ветра и сильнейшие осадки в виде снега и дождя с периодичностью 10, 50 и 100 лет. Их обычно получают на основе исторических климатических данных. Почти вся современная инфраструктура спроектирована на основе исторической климатической информации, допуская, что прошлое будет хорошо представлять будущие условия в течение срока службы сооружения. Хотя это допущение и действовало ранее, по мере изменения климата оно становится непригодным. В тех регионах, где тенденции климата представляют опасность для проектных пределов, необходимо повысить климатические расчетные значения для новых сооружений и укрепить существующие, состояние которых определяется как «опасное» (Auld *et al.*, 2006(b)).

Управление в условиях кризиса: на пути от прогноза погоды к прогнозу рисков

Одной из наиболее эффективных мер обеспечения готовности к бедствию и реагирования на чрезвычайную ситуацию является хорошо функционирующая система заблаговременного предупреждения, которая надежно и своевременно передает точную информацию. Предупреждения дают время на эвакуацию людей, укрепление инфраструктуры, снижение потенциального ущерба и подготовку

ответных мероприятий. Однако для того чтобы системы предупреждения должным образом выполняли свои функции, необходимы эффективная политика и мероприятия по реагированию на опасное явление.

Зачастую предупреждения, выпускаемые со стороны НГМС, не содержат оценки опасности и потенциальных воздействий прогнозируемого опасного явления. В результате предупреждения не оправдываются как в развивающихся, так и в развитых странах по одной из нижеприведенных причин (UNISDR, 2001). Вот эти причины:

- Неудача в прогнозировании, т.е. неспособность распознать опасное явление или правильно локализовать его во времени и пространстве;
- Пренебрежение признаками уязвимости, определенными на основе физической или социально-экономической неадекватности;
- Неспособность точно и своевременно сообщить об угрозе;
- Неспособность получателей предупреждения понять его, поверить в него или принять соответствующие меры.

Успех заблаговременного предупреждения зависит от того, насколько быстро будут приняты эффективные ответные меры. В предупреждениях должны предлагаться соответствующие меры для тех, кому грозит опасность. Это трудно осуществить, если информация неполная или рекомендации противоречат друг другу.

Ретроспективный анализ часто показывает, что связь с общественностью не была достаточно эффективной, а научно-техническая информация (например, порывы ветра >140 км/ч) неправильно интерпретировалась властями и населением с точки зрения опасности. Те, кому предназначены предупреждения, должны их получать и понимать. Необходимо установить связь между теми, кто выпускает прогнозы, и лицами, принимающими решения. Поскольку организаторы ответных мероприятий и население не могут соотнести содержащуюся в предуп-

реждениях научную информацию о прогнозируемых опасных явлениях с уровнем опасности, необходимо в будущем идентифицировать общие воздействия, установить приоритеты наиболее опасных явлений, оценить потенциальный вклад совокупных и отдельных явлений в риски и идентифицировать пороговые значения, связанные с повышением риска для инфраструктур и сообществ.

Многоуровневые и оперативные системы предупреждения

Несколько НГМС исследуют многоуровневые системы предупреждения, которые способны отличить метеорологические явления разрушающей силы, требующие широких мер реагирования, от других опасных явлений, которые подпадают под категорию, требующую принятия обычных ответных мер. Например, Метеорологическая служба Франции инвестировала средства в метеорологическую систему оперативного предупреждения, использующую четыре уровня предупреждений об опасных явлениях и учитывающую новые опасные явления (например, предупреждения о волнах тепла).

Программа Европейского метеорологического оповещения (ЭММА), составленная по данным нескольких служб и основанная на системе оперативных предупреждений Метеорологической службы Франции, использует подобный четырехцветный код, включающий зеленый, желтый, оранжевый и красный цвета (Gérard, 2002). Зеленый цвет указывает на то, что неблагоприятных погодных условий не ожидается; желтый свидетельствует о прогнозе потенциально опасной погоды, которая, однако, не является необычной; оранжевый предупреждает о потенциально опасных и необычных явлениях; красный свидетельствует об опасных и исключительно интенсивных метеорологических явлениях.

В Китае используется многоцветная система предупреждений для 11 экстремальных метеорологических условий. Предупреждения помечаются голубым, желтым, оранжевым, красным и иногда черным цветом

по степени возрастания опасности и необходимости принятия срочных мер (Yongping You, личный контакт, 2007). Например, магазины в Китае должны оставаться закрытыми, если оранжевый сигнал предупреждения о тайфуне меняется на красный. Красный сигнал предупреждения в отношении интенсивности осадков означает, что спасательные группы должны быть готовы к проведению спасательных операций, поскольку ожидается, что за три часа осадки достигнут отметки 100 мм и выше. Во Флориде (США) НУОА инициировала экспериментальный проект по графическому отображению суточных прогнозов опасных явлений в соответствии с относительной «степенью угрозы» (Sharp *et al.*, 2000).

Признавая то, что отдельные опасные явления и их комбинации (например, чрезмерная жара и плохое качество воздуха) могут осложнить проведение ответных мероприятий, ВМО, НГМС и партнеры со стороны ООН приняли решение создать системы заблаговременного предупреждения о многих опасных явлениях. Установлено сотрудничество с Всемирной организацией здравоохранения в области разработки систем предупреждения об опасной для здоровья жаркой погоде, которые позволили бы повысить степень адаптации к смертельным волнам тепла и малярии, а в центре внимания другой совместной работы с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН – мониторинг и разработка системы заблаговременного предупреждения о нашествии саранчи (WMO, 2007; WMO, 2004(b)).

Надвигающиеся бедствия

Некоторые бедствия впервые возникают в виде «медленно надвигающихся» опасных явлений, которые развиваются от нескольких дней до нескольких месяцев. Эти сроки дают различные возможности для мероприятий по предотвращению, планированию, готовности и реагированию. Надвигающиеся наводнения и засухи часто вызваны совокупными или последовательными опасными явлениями, усугубляющимися уязвимостью. Например, наводнение мо-

жет быть вызвано не очень обильными осадками, если до этого дожди шли несколько суток и почва насытилась влагой. Поэтому критерии выпуска предупреждений об осадках должны учитывать предыдущие осадки, а также условия насыщенной или замерзшей почвы. Проблемой, усложняющей прогнозирование риска наводнений с учетом предшествующих осадков, является неопределенность при моделировании и прогнозировании предшествующих условий по почвенной влаге.

Засуха относится к мощным опасным явлениям, способным нанести серьезный ущерб на больших территориях. Меры, предпринимаемые для мониторинга и обнаружения надвигающейся засухи, должны учитывать район, пользователя и последствия. Руководящие специалисты в области водных ресурсов, сельскохозяйственные производители, операторы гидроэлектростанций и управляющие в области экосистем могут нуждаться в разных индексах мониторинга засухи для характеристики ее степени и необходимых ответных действий. Поэтому системы заблаговременного предупреждения о засухе действуют наиболее эффективно, когда они могут обнаружить совокупный дефицит осадков, используя региональные критические пороговые значения условий водоснабжения (WMO, 2006).

Заблаговременные предупреждения и реагирование на чрезвычайную ситуацию

Независимо от того, насколько быстро или медленно надвигается опасное явление, системы заблаговременного предупреждения наиболее эффективны в том случае, когда они обеспечивают достаточную заблаговременность для того, чтобы привести в действие планы реагирования на чрезвычайную ситуацию. В настоящее время Метеорологическая служба Великобритании предоставляет заблаговременные предупреждения о потенциальных катастрофических метеорологических явлениях лицам, организующим

ответные мероприятия, за пять дней до бедствия. Поскольку трудно составить точный прогноз опасных метеорологических условий с такой заблаговременностью, эти ранние предупреждения выражены в виде вероятности и выпускаются, если вероятность разрушения в каком-либо районе Великобритании, вызванного опасными метеорологическими условиями, составляет 60% и выше (UK Meteorological Office, 2004).

Предупреждения наиболее успешны в том случае, если их получают жители регионов, находящихся в зоне риска. Например, Метеорологический департамент Бангладеш признал важную роль оповещения населения после массовой гибели людей от циклонов 1970 и 1991 гг. Как показал ретроспективный анализ, предупреждения либо не были разосланы людям, находящимся в опасности, либо не вызвали у них доверия (Monowar, 1998). После этого современная система предупреждения охватила около 33 тысяч добровольцев, живущих в деревнях уязвимой прибрежной полосы и на островах в открытом море, где они распространяют предупреждения о циклонах среди местных жителей. В некоторых глухих деревнях предупреждения о наводнениях распространяются с помощью средств, понятных местным жителям, таких как флаги, барабанная дробь или микрофоны, установленные на мечетях.

Подтверждением успешного функционирования системы распространения предупреждений служит значительное сокращение количества жертв последующего циклона 1997 г. – 127 погибших против 11 069 жертв циклона такой же силы, имевшего место в мае 1985г. (Akhand, 1998).

Восстановление и реконструкция

Стадия реконструкции и восстановления после бедствия требует интеграции разнообразных услуг. К этим услугам относится обслуживание специализированными метеорологическими предупреждениями для защиты пострадавших и предоставление новейшей климатической про-

ектной информации и информации об атмосферных опасных явлениях для создания сообществ, более устойчивых к стихийным бедствиям. К значимым восстановительным операциям относится реконструкция важной инфраструктуры, включая инфраструктуру коммуникаций. Трудно, а иногда и невозможно координировать операции по восстановлению и реагированию на чрезвычайную ситуацию, не имея функционирующей инфраструктуры коммуникаций и транспорта.

Неразбериха во время бедствия может привести к скоропалительным решениям по реконструкции, которые в будущем могут пагубно повлиять на устойчивость сообщества. Чтобы свести к минимуму непредвиденные последствия, необходимо заранее планировать восстановительные операции после бедствия с учетом существующих и меняющихся опасных явлений. Переход от бедствия к нормальной жизни лучше всего заранее предусматривать, разрабатывая план восстановления, который учитывал бы опасные явления и включал анализ основных рисков.

Изменение климата

Одним из наиболее опасных аспектов глобального изменения климата (даже с учетом выдающихся успехов в области снижения концентраций парниковых газов) является вероятность того, что экстремальные метеорологические явления станут более изменчивыми, интенсивными и частыми по мере смещения траекторий циклонов и регионального увеличения их частоты и интенсивности. Согласно отчету финансового отдела Программы ООН по окружающей среде, к 2050 г. глобальные убытки от стихийных бедствий достигнут 300 млрд долларов США (ISDR, 2004; Berz, 2001), если не будут приняты решительные меры по снижению последствий бедствий.

Проводимые в настоящее время мероприятия по уменьшению последствий метеорологических опасных явлений позволяют снизить уязвимость регионов и лучше подго-

товиться к бедствиям, связанным с изменением климата (United Nations Development Programme, 2004).

Планы на будущее

Несмотря на то, что задачей Международного десятилетия по уменьшению опасности стихийных бедствий (МДУОСБ) 1990–1999 гг. являлось уменьшение опасности стихийных бедствий, это десятилетие отличилось большим количеством жертв, связанных с ростом числа бедствий, а также более значительным экономическим ущербом по сравнению с периодом, предшествующим этому десятилетию (ISDR, 2004). Генеральная Ассамблея ООН, будучи правопреемником МДУОСБ, в 2000 г. разработала Международную стратегию по уменьшению опасности бедствий (МСУОБ) с целью продолжения осуществления деятельности в этом направлении. МСУОБ предлагает все усилия к тому, чтобы объединить людей и организации с целью повышения их устойчивости к стихийным, техногенным и экологическим бедствиям, а также снизить связанный с ними экологический и социально-экономический ущерб и количество человеческих жертв.

ВМО как основной партнер МСУОБ взяла на себя ответственность повысить осведомленность заинтересованных сторон в отношении связи между превентивными и профилактическими стратегиями управления в условиях риска и экономическим развитием. ВМО поддерживает цели МСУОБ и цели в области развития Декларации тысячелетия «наполовину сократить количество жертв стихийных бедствий метеорологического, гидрологического и климатического характера». В соответствии с этим ВМО поставила перед собой задачу в ближайшие 15 лет снизить на 50 % (относительно периода 1994–2003 гг.) среднее за 10 лет число жертв всех стихийных бедствий метеорологического, климатического и гидрологического характера (WMO, 2005). Она создала программу уменьшения опасности стихийных бедствий с целью оптимизации глобальных программ ВМО и инфраструктуры и использования

своих научных возможностей и опыта в процессе принятия решений относительно управления в условиях риска возможного бедствия; особенно это касается оценки риска и систем заблаговременного предупреждения (WMO, 2005).

Если не привлекать существующие услуги по предупреждению и профилактике, предоставляемые сетью НГМС ВМО, вполне вероятно, что статистика жертв бедствий в ближайшие 10 лет будет выше той, о которой свидетельствуют тенденции (Golnaraghi, 2004). Кроме того, наблюдаемое изменение климата может вызвать увеличение частоты экстремальных метеорологических явлений в той или иной форме. Если не принять активные действия в области управления в условиях бедствия, не известные до сих пор опасные явления в будущем могут нанести новый неожиданный удар. Поэтому необходимо осуществлять разумное планирование в области управления в условиях риска возможного бедствия, которое позволит адаптироваться к существующим и возникающим опасным явлениям.

Выражение признательности

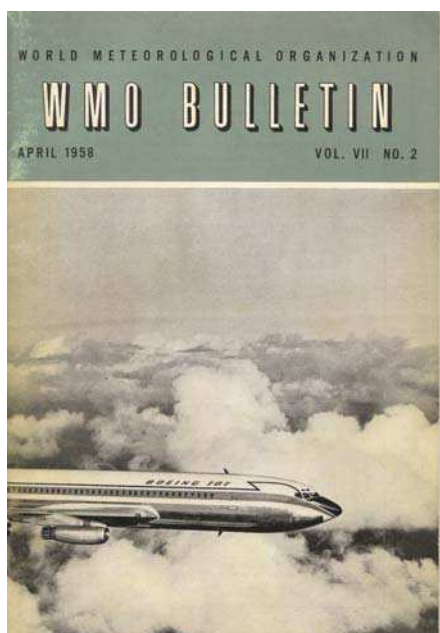
Автор выражает благодарность Шарон Фернандес из Министерства охраны окружающей среды Канады и Йонгпинг Юо из Китайской метеорологической администрации за ценную помощь и рекомендации относительно этой статьи. Автор также благодарит ВМО за любезное предложение представить эту работу на 15-м Всемирном метеорологическом конгрессе в Женеве в мае 2007 г. и Министерство охраны окружающей среды Канады за оказанную поддержку.

Литература

- AKHAND, M.H., 1998: Disaster management and cyclone warning system in Bangladesh. In: *Third International Conference on Early Warning (EWC III)—From Concept to Action*. International Strategy for Disaster Reduction, 27–29 March 1998, Potsdam, Germany.
- AULD, H., D. MACIVER, N. URQUIZO and A. FENECH, 2002: *Biometeorology and*

- Adaptation Guidelines for Country Studies*. Proceedings of the 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology, 28 October-1 November 2002, Kansas City, USA.
- AULD, H. and D. MACIVER, 2006(a): Changing weather patterns, uncertainty and infrastructure risk: emerging adaptation requirements. In: *Proceedings of Engineering Institute of Canada Climate Change Technology Conference*, Ottawa, May 2006. Updated version as Occasional Paper 9, Adaptation and Impacts Research Division, Environment Canada, Toronto, Canada.
- AULD, H., D. MACIVER and J. KLAASSEN, 2006(b): Adaptation options for infrastructure under changing climate conditions. Occasional Paper 10, Adaptation and Impacts Research Division, Environment Canada, Toronto, Canada, 2007.
- AULD, H., D. MACIVER, J. KLAASSEN, N. COMER and B. TUGWOOD, 2006(c): Planning for Atmospheric Hazards and Disaster Management under Changing Climate Conditions. Occasional Paper 12, Adaptation and Impacts Research Division, Environment Canada, Toronto, Canada, 2007.
- BERZ, G. 2001: Insuring Against Catastrophe. Our Planet, Volume 11, No. 3, 2001, United Nations Environment Programme. Available from <http://www.ourplanet.com/>
- COLEMAN, T., 2002: *The Impact of Climate Change on Insurance against Catastrophes*. Insurance Australia Group, Melbourne, Australia.
- EMERGENCY MANAGEMENT ONTARIO, 2004: *Guidelines for Provincial Emergency Management Programs in Ontario*. Government of Ontario, Queens Park, Toronto, Ontario.
- ENVIRONMENT CANADA, 2006: *Atmospheric Hazards in Ontario*. Adaptation and Impacts Research Division, Environment Canada, Toronto, Ontario.
- FREEMAN, P. and K. WARNER, 2001: Vulnerability of Infrastructure to Climate Variability: How Does This Affect Infrastructure Lending Policies? Disaster Management Facility of The World Bank and the ProVention Consortium, Washington DC, USA.
- GÉRARD F., 2002. The EMMA proposal for weather risk management. In: *Proceedings of the Workshop "GMES, meteorology and climate monitoring"*, Paris, France, 15–16 April 2002.
- GOLNARAGHI, M., 2004: Early warning systems. *The Environment Times*, UNEP/GRID-Arendal. <http://www.environmenttimes.net/article.cfm?pageID=129>.
- GOVERNMENT OF ONTARIO, 2004: Emergency Management and Civil Protection Act. Emergency Management. Ontario, Minister of Community Safety and Correctional Services, Toronto, Canada.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007(a): *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 976 pp.
- IPCC, 2007(b): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- ISDR (International Strategy for Disaster Reduction), 2001: Early warning issues: a discussion paper. ISDR Secretariat background paper.
- ISDR, 2002: *Natural Disasters and Sustainable Development: Understanding the Links between Development, Environment and Natural Disasters*. United Nations Publications Centre, Geneva, Switzerland.
- ISDR, 2004: *Progress report on the review of implementation of the Yokohama Strategy and Plan of Action for a Safer World of 1994*. Inter-Agency Task Force on Disaster Reduction, United Nations Publications Centre, Geneva, Switzerland.
- MONOWAR H.A., 1998: Disaster management and cyclone warning system in Bangladesh. In: *Proceedings of the International Conference on Early Warning Systems for Natural Disaster Reduction*, Potsdam, Germany, September 1998.
- MUNICH RE, 2002: *Topics—Annual Review, Natural Catastrophes*, 2002. Munich Reinsurance Group, Munich, Germany.
- MUNICH RE, 2005: *Flooding and Insurance* (1997). Munich Reinsurance Group, Munich, Germany. Updated by Munich Re for UNFCCC COP events, Montreal, December 2005.
- MUNICH RE, 2006: *Topics—Geo Annual review: Natural catastrophes 2005*. Munich Reinsurance Group, Munich, Germany.
- MUNICH RE, 2007. *Topics—Geo Natural catastrophes 2006. Analyses, assessments, positions*. Munich Reinsurance Group, Munich, Germany.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES, 2006: *World Disasters Report 2006*, Geneva, Switzerland.
- SHARP, D.W., D.L. JACOBS, J.C. PENDERGRAST, S.M. SCOTT, P.F. BLOTTMAN and B.C. HAGEMEYER, 2000: Graphically Depicting East-Central Florida Hazardous Weather Forecasts. NOAA Technical Attachment, SR/SSD, pp. 2000–2007.
- SWISS RE, 1997: *Tropical Cyclones*. 201_9678, Swiss Reinsurance Company, Zurich, Switzerland.
- UNITED KINGDOM METEOROLOGICAL OFFICE, 2004: *Forecasting the Nation's Health*. <http://www.met-office.gov.uk/health/nationhealth.html>.
- UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME, 2004: *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development*. New York, 146 pp.
- YUO, Yongping 2007: Personal communication. China Meteorological Administration.
- WMO, 2007. WMO to provide guidance for heat health warning systems. WMO Press Release 781, Geneva, Switzerland.
- WMO, 2004(a): Natural Disaster Prevention and Mitigation: Role and Contribution of the WMO and NMHSs. WMO discussion paper, 13 September 2004.
- WMO, 2004(b): Report of the Expert Meeting on Meteorological Information for Locust Control, 18-20 October 2004, Geneva, Switzerland.
- WMO, 2005: Guidelines for integrating severe weather warnings into disaster risk management. WMO/TD-No. 1292, Geneva, Switzerland.
- WMO, 2006: Drought Monitoring and Early Warning: Concepts, Progress and Future Challenges. WMO-No. 1006, Geneva, Switzerland.
- World Bank, 2004: *Natural Disasters: Counting the Cost*. World Bank, Washington, DC, USA.

50 лет назад *



Апрельский номер Бюллетеня за 1958 год посвящен метеорологическим переносам в Европе, уменьшению испарения с поверхности водохранилищ, авиационным аспектам орографических горных волн, 50-летию Австралийского бюро метеорологии (см. *MeteoWorld/February 2008/Anniversaries*). Кроме того, в этот номер включена вторая часть статьи «Победа над третьим измерением», а также отчеты второй сессии Региональной ассоциации III, второй сессии Комиссии по синоптической метеорологии и обзор деятельности региональных ассоциаций и технических комиссий.

* Полная версия апрельского номера Бюллетеня 50-летней давности имеется в апрельском выпуске *MeteoWorld* за 2008 г. на Web-сайте http://www.wmo.int/pages/publications/meteoworld/index_en.html

Авиационные аспекты орографических горных волн

Для того чтобы полет над горами был более безопасным, в последние годы проведено значительное количество исследований, позволяющих лучше понять воздушный поток над горами. Возможно, наиболее важная с точки зрения авиации информация, которая получена на основе этих исследований, касается стационарных волн, обычно образующихся с подветренной стороны горы. Многие авиакатастрофы в прошлом сейчас можно объяснить с точки зрения этих, так называемых, орографических горных волн, которые в силу создаваемых ими вертикальных потоков, вызываемой ими же сильной турбулентности и их влияния на точность показаний датчиков давления и высоты могут представлять реальную опасность для неосторожного пилота.

Облака над горами

Визуальное представление об орографических горных волнах дают стационарные или квазистационарные чечевицеобразные облака, образующиеся с подветренной стороны горных хребтов и располагающиеся полосами параллельно этим хребтам. Эти облака соответствуют воздушному потоку, который испытывает

вертикальные колебания, связанные со стационарными волнами. Одновременно наблюдали до 10 и более облачных полос, а обычно наблюдают две-три полосы.

Орографические чечевицеобразные облака встречаются на разных высотах, иногда одновременно.

К другим типам облаков, связанных с орографическими горными волнами, относятся облачные шапки и вихревые облака (rotor clouds). Первые – это низко нависающие облака, основание которых находится на уровне или ниже уровня макушки горы, а их довольно ровная верхняя граница располагается лишь в нескольких тысячах футов над горным хребтом. Их основная часть находится на наветренном склоне. Для наблюдателя, находящегося на подветренном склоне, эти облака напоминают насыпь или стену с волокнистыми пальцами, частично достигающими до подветренного склона. Вихревые облака имеют форму стационарных цилиндров, расположенных на разном расстоянии с подветренной стороны хребта. Под гребнями волн они превращаются в стационарные вихри.

Авиационные аспекты орографических горных волн

К наиболее важным аспектам орографических горных волн с точки зрения авиации относятся

вертикальные потоки, связанные с этими волнами. Нисходящие потоки со скоростью 5–10 м/с – нередкое явление. В одном экстремальном случае скорость вертикальных потоков, по оценке пилота, составляла порядка 40 м/с. При формировании орографических горных волн обычно сразу же образуются зоны нисходящих потоков с подветренной стороны горного хребта. Поэтому если самолет, летящий против ветра по направлению к хребту, попадет в один из таких нисходящих потоков, может случиться, что ему не удастся вовремя восстановить необходимую высоту, чтобы не задеть гору.

Известно, что наиболее важным и распространенным местом сильной турбулентности в орографических горных волнах является район вихревых волн. Сильные порывы со скоростью, превышающей 12 м/с, были зарегистрированы в некоторых волнах сьерры, и, как сообщали опытные пилоты, на какое-то время они теряли способность управления самолетом, когда летели в зоне вихревых волн. Вихревая турбулентность, создаваемая более мелкими хребтами, обычно не настолько сильна. Тем не менее она часто является источником дискомфорта и представляет потенциальную опасность для самолета.

К другим аспектам орографических горных волн, которые оказывают пагубное влияние на безопасность полета, относятся аэронавигационные ошибки, вызванные колебаниями горизонтальной скорости ветра между хребтом и впадиной,

погрешностями показаний барометров и альтиметров и повышением вероятности и интенсивности обледенения самолета.

Обнаружение наличия орографических горных волн

Наиболее легко обнаружить те волны, которые сопровождаются типичными волновыми облаками. Однако орографические горные волны могут возникнуть как на ясном, так и на пасмурном небе. В таком случае необходимо использовать другие средства обнаружения волн. Недавно была показана возможность применения для этих целей обычных радиозондов.

Условия образования орографических горных волн

Возможность обнаружения орографических горных волн не исключает необходимости определения метеорологических условий, благоприятных для их образования с тем, чтобы сообщать пилотам о возникновении таких условий и возможности образования волн.

Применение гидродинамической теории

Вышеупомянутые условия хорошо согласуются с теоретическими результатами, полученными при

применении метода пертурбаций к равномерно стратифицированному потоку, пересекающему гору. На сегодняшний день наиболее успешные результаты получены Р. Скорером, который рассматривал свободный от трения стационарный ламинарный изэнтропический поток с учетом изменения вертикального градиента и ветра с высотой. Используя критерий Скорера при запуске репрезентативного радиозонда в условиях спокойного потока, можно легко определить, будут ли формироваться волны в данной воздушной массе.

Эта теория также позволяет понять факторы, влияющие на длину и амплитуду стационарных волн. Показано наличие резонансного эффекта, так что волны с большой амплитудой наблюдаются лишь в том случае, если естественная длина волны воздушного потока соответствует размеру горного хребта. Поскольку первая увеличивается со скоростью ветра, более высоким горам потребуются более сильные ветры для образования волн с большой амплитудой.

Применение в авиационных прогнозах

Используя теоретические данные и результаты наблюдений, которые кратко обсуждались выше, пилоту можно дать много полезной информации в отношении орографических горных волн для уточнения маршрута полета.

Новости Секретариата ВМО

Визиты Генерального секретаря

Генеральный секретарь г-н Мишель Жарро за последнее время посетил с официальными визитами ряд стран-членов ВМО, о чем кратко сообщается ниже. Он хотел бы здесь выразить признательность этим странам за теплый прием и оказанное гостеприимство.

Соединенные Штаты Америки

Президент ВМО, три вице-президента ВМО, Генеральный секретарь, президенты региональных ассоциаций и представители мировых метеорологических центров собрались в Новом Орлеане (Соединенные Штаты Америки) в период с 16 по 18 января 2008 г. по случаю проведения 59 сессии Бюро ВМО, которая состоялась в НУОАА по любезному приглашению правительства США. Бюро рассмотрело и обсудило ряд насущных вопросов в контексте подготовки к 60 сессии Исполнительного Совета ВМО.

Затем по любезному приглашению постоянного представителя США при ВМО Генеральный секретарь принял участие в Международной сессии Национальной метеорологической службы (НМС) и 88-м заседании Американского метеорологического общества (АМО), которые состоялись в Новом Орлеане в период

с 19 по 21 января 2008 г. В ходе Международной сессии 19 января г-н Жарро выступил с докладом под названием «От предотвращения к реагированию: роль ВМО и национальных метеорологических и гидрологических служб», в котором говорилось о необходимости установления надлежащей взаимосвязи между прогнозами, распространяемыми НГМС во время особо опасных гидрометеорологических явлений, и мерами по реагированию принимаемыми соответствующими национальными органами по управлению бедствиями и чрезвычайными ситуациями.

На 88-м заседании АМО в ходе дополнительного мероприятия под названием «Симпозиум Ричарда Холгрена», организованного в честь Ричарда Е. Холгрена, почетного исполнительного директора АМО и бывшего постоянного представителя Соединенных Штатов при ВМО (1979–1988 гг.), г-н Жарро возглавил дискуссию объединенной группы экспертов, посвященную истории и текущему состоянию международного сотрудничества в области наук об атмосфере и океане, а также соответствующему обслуживанию.

Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк

Генеральный секретарь посетил Нью-Йорк для участия в дискуссии Генеральной Ассамблеи ООН по теме

«Рассмотрение вопросов изменения климата: Организация Объединенных Наций и мир в действии». Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун 11 февраля 2008 г. открыл дискуссию и отметил, что ООН необходимо усердно работать, чтобы к концу 2009 г. разработать план соглашения по ограничению глобальных выбросов парниковых газов, адаптации к последствиям изменения климата и получению необходимых для этого ресурсов и технологий. Среди других выступающих были мэр Нью-Йорка Майкл Блумберг и Президент ГА ООН Сргжан Керим.

Г-н Жарро участвовал в этом мероприятии в качестве специального гостя и в своем выступлении подчеркнул, что связанные с изменением климата проблемы очень сложны, так как они существуют на всех уровнях, и что основная обязанность ООН должна заключаться в координации действий, для результативности которых необходимо непрерывно совершенствовать научные знания в связи с существующими многочисленными неопределенностями, и доводить эти знания до лиц, определяющих политику. В этой связи он сделал особый акцент на важности Всемирной климатической конференции-3 (ВКК-3), которая состоится в 2009 г. в Женеве. Генеральный секретарь также провел встречу с ключевыми фигурами по вопросам изменения климата и специальными представителями ООН, цель которой заключалась в обсуждении общих

стратегий и направлении действий после КС-13 РКИК ООН, состоявшейся на о. Бали.

Соединенные Штаты Америки

20 февраля 2008 г. г-н Жарро посетил Вашингтон для участия в 6-й сессии Совета по контролю управления (СКУ) Международной стратегии по уменьшению опасности бедствий (МСУОБ). В настоящее время в состав СКУ входят четыре рабочие группы, одной из которых (РГ1 по вопросам климата и бедствий) руководит ВМО. Генеральный секретарь участвовал в дискуссиях, цель которых заключалась в разработке рекомендаций, касающихся предстоящего исследования Всемирным банком вопросов эффективности управления рисками, объединенного плана работы для системы МСУОБ и 2-го совещания Глобальной платформы для уменьшения опасности бедствий, которое состоится в июне 2009 г. в Женеве.

Генеральный секретарь также принял участие в совещании группы экспертов высокого уровня Глобального фонда Всемирного банка по снижению опасности бедствий и восстановлению (ГФСОВБ), которое состоялось в штаб-квартире Всемирного банка, где он выступил с докладом «Предотвращение бедствий в интересах устойчивого развития: роль ВМО и национальных метеорологических и гидрологических служб». В своем докладе г-н Жарро рассмотрел важность метеорологической, гидрологической и климатической информации для поддержки управления связанными

с бедствиями рисками, роль ВМО в координации климатических исследований и оценок как соучредителя Всемирной программы исследований климата (ВПИК), Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК) и Межправительственной группы экспертов по изменению климата, а также напомнил о возможностях оперативных систем раннего предупреждения, которые позволяют НГМС стран-членов ВМО выпускать предупреждения.

Норвегия

28 и 29 февраля 2008 г. по любезному приглашению Королевского министерства иностранных дел Норвегии, консорциума ProVention и Программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) г-н Жарро участвовал в политическом форуме по теме «Изменение пути развития: решение проблем бедствий и изменения климата». В ходе этого мероприятия г-н Жарро выступил с докладом по вопросам адаптации к изменению климата и уменьшению опасности стихийных бедствий в контексте действий по исполнению решений Сессии КС-13 РКИК ООН и подготовки к КС-15, которая состоится в 2009 г. в Копенгагене (Дания). Генеральному секретарю были заданы вопросы, за которыми последовала оживленная дискуссия.

Кабо-Верде

Генеральный секретарь посетил остров Сал (Кабо-Верде) по случаю

проведения в Санта-Мари Первого Международного практического семинара по теме «Климат и природные ресурсы в португалоговорящих странах: партнерства по вопросам климата и окружающей среды». Основные цели семинара заключались в обсуждении положения дел в связи с изменением и изменчивостью климата, последствий и местных воздействий в каждой из участвующих стран, а также по оказанию содействия созданию партнерств между международными организациями, научными кругами, общественными учреждениями, фондами и другими заинтересованными сторонами в этих странах, в частности, в таких областях, как гражданская оборона и безопасность, здоровье населения, продовольственная безопасность, окружающая среда, водные ресурсы и использование альтернативных источников энергии.

3 марта 2008 г. г-н Жарро участвовал в церемонии открытия семинара и выступил с заявлением ВМО в присутствии старших должностных лиц национальных органов власти. На церемонии также присутствовали г-жа Эстер Араужо де Брито, постоянный представитель Кабо-Верде при ВМО, г-н Мамаду Ламин Бах, президент Региональной Ассоциации I и постоянные представители участвующих стран. Кроме того, после церемонии открытия Генеральный секретарь выступил с основным докладом о перспективном видении ВМО партнерств и сотрудничества в области климата и окружающей среды.

Вопросы персонала

Назначения



Дональд Е. ХИНСМАН назначен 1 января 2008 г. директором Департамента наблюдательных и информационных систем



Роберт О. МАСТЕРС назначен 15 февраля 2008 г. директором Департамента развития и региональной деятельности



Джеффри УИЛСОН назначен 3 января 2008 г. директором Бюро образования и подготовки кадров Департамента развития и региональной деятельности



Бьонг Чоель ЧОЙ назначен 5 марта 2008 г. прикомандированным экспертом Регионального бюро по Азии и юго-западной части Тихого океана Департамента развития и региональной деятельности



Стефан БОДЖИНСКИ назначен 1 января 2008 г. сотрудником по программам Объединенного бюро по планированию Глобальной системы наблюдений за климатом



Джоэль ФЕРНАНДЕЗ назначена 15 февраля 2008 г. административным помощником в Секретариате МГЭИК



София РОДРИГЕС назначена 11 февраля 2008 г. административным помощником в Секретариате Группы наблюдений за Землей

Отставки

Андерс НОРСКЕР ушел на пенсию с поста руководителя Отдела информационных технологий 1 марта 2008 г.

Йонг Гу ПАК, прикомандированный эксперт, вернулся в Кореysкую метеорологическую администрацию 1 марта 2008 г. по истечении срока прикомандирования продолжительностью 2,5 года

Г-н САТРИСНО ушел на пенсию с поста клерка-контроллера 28 февраля 2008 г.

Юбилей

Пьер ДЮМОН, старший клерк по отправке почты, 1 февраля 2008 г. отметил 30-летний юбилей своей службы

Кейт МАКГОНИГЛ, административный помощник, 6 февраля 2008 г. отметила 30-летний юбилей своей службы

Валери МИТЧЕЛЛ, письменный переводчик/корректор, 3 января отметила 30-летний юбилей своей службы

Инесс БРУЛХАРТ, устный переводчик/ письменный переводчик/ корректор, 16 января отметила 30-и летний юбилей своей службы

Леони КАЛЕГАРИ, клерк по терминологии и справкам, 31 января отметила свой 25-и летний юбилей службы

Тереза АЛКОБЕР, административный помощник, 13 января 2008 г. отметила 20-летний юбилей своей службы

Последние публикации ВМО

Руководство по возмещению расходов на авиационное метеорологическое обслуживание – Принципы и рекомендации (ВМО/ТД-№ 1418) [E]

2007 г., v + 35 стр.
Цена: 16 шв.фр.



Будущие исследования и наблюдения изменения климата: ГСНК, ВПИК и МПГБ извлекают уроки из Четвертого доклада об оценках МГЭИК (ВМО/ТД-№ 1418) [E]

2007 г., 58 стр.
Цена: 30 шв.фр.



Руководящие принципы по представлению неопределенности прогнозов (ВМО/ТД-№ 1422) [E]

2007 г., 24 стр.
Цена: 30 шв.фр.



Мировой центр данных о парниковых газах – Руководство по представлению и распространению данных (ВМО/ТД-№ 1416) [E]

2007 г., ii + 24 стр.
Цена: 30 шв.фр.



Календарь

Дата	Название	Место
21–22 апреля	Совещание рабочей группы ВПМИ по научным исследованиям в области проверки оправдываемости прогнозов	Боулдер, США
21–25 апреля	ОГПО–КСН КОС: группа экспертов по потребностям в данных с автоматических метеорологических станций (ГЭ–АМС) – четвертая сессия	Женева
21–25 апреля	Группа экспертов ГСНК/ВПИК по атмосферным наблюдениям в интересах изучения климата – четырнадцатая сессия (ГЭАНК–XIV)	Женева
22 апреля	Второе совещание региональной консультативной группы по планированию (КГП) для центрально-американского проекта по системе заблаговременных предупреждений о многих опасных явлениях	Орlando, США
23–25 апреля	Группа экспертов по оценке систем представления данных (ГЭ–ОСПД) – первая сессия	Вашингтон, США
23–28 апреля	Комитет РА IV по ураганам – тридцатая сессия (совместно с Центрально-американским проектом по системе заблаговременных предупреждений о многих опасных явлениях)	Орlando, США
24–25 апреля	Совещание экспертов по оценке успешности сезонных прогнозов ТЦ	Боулдер, США
24–26 апреля	Первое совещание группы экспертов по картированию наводнений	Женева
5–9 мая	Совещание группы КОС по координации деятельности по реагированию на чрезвычайные ситуации, связанные с ядерными авариями	Мельбурн, Австралия
5–9 мая	Группа экспертов ВМО/ЭСНАТО по тропическим циклонам – тридцать пятая сессия	Манама, Бахрейн
6–9 мая	Третий практический семинар СКОММ по достижениям в области морской климатологии (КЛИМАР–III)	Гдыня, Польша
13–15 мая	Группа экспертов ККл по спасению, сохранению и оцифровке климатических данных	Бамако, Мали
19–21 мая	ОГПО–ИСН КОС: четвертый практический семинар по влиянию различных систем наблюдений на ЧПП	Женева
19–21 мая	Совещание руководителей научных исследований по озону (при совместном спонсировании со стороны ВМО)	Женева
27–29 мая	Семинар по теме «Изменение климата и нефтедобыча на шельфе»	Женева
26–30 мая	Региональный практический семинар РА I по научным исследованиям в области тропических циклонов	Сен-Дени, Ла Реюньон
26–30 мая	Сессия группы экспертов КОС по методам и структуре связи (ГЭ–КТС)	Тулуза, Франция
30 мая	Совещание организационного комитета и группы «CresT» по межотраслевому проекту по экстремальным волнам	Женева
2–6 июня	Группа КОС по координации осуществления системы обработки данных и прогнозирования (СОДП)	Монреаль, Канада
2–6 июня	ОГПО–Аэрологические наблюдения КПМН: совместное совещание Третьей сессии группы экспертов по взаимным сравнениям систем аэрологического зондирования и Третьей сессии Международного организационного комитета по взаимным сравнениям систем аэрологического зондирования	Пайерн, Швейцария
3–6 июня	Совместное совещание Комитета по функционированию РСПМД (КФР) РА VI и руководящей группы по РСПМД	Вена, Австрия
4–5 июня	Конференция «Управление водно–ресурсными системами в экстремальных условиях» (при совместном спонсировании со стороны ВМО)	Москва, Российская Федерация
4–6 июня	Симпозиум ВМО/КОСТ по действиям по проблеме изменения и изменчивости климата: агрометеорологический мониторинг и стратегии решения проблем сельского хозяйства	Аас, Норвегия
9–27 июня	Международный курс по гидрометеорологическому анализу и прогнозированию (при совместном спонсировании со стороны ВМО)	Боулдер, США
11–13 июня	Совещание группы управления КСxМ	Обнинск, Российская Федерация
12–17 июня	Практический семинар СКОММ для специалистов по ледовому анализу	Росток, Германия
16–17 июня	Финансовый консультативный комитет (ФИНАК) – двадцать седьмая сессия	Женева
17 июня	Шестидесятая сессия Бюро ВМО	Женева
18–27 июня	Исполнительный Совет – шестидесятая сессия	Женева

Всемирная Метеорологическая Организация

ВМО является специализированным учреждением ООН. Цели ВМО:

- Облегчать всемирное сотрудничество в создании сети станций, производящих метеорологические наблюдения, а также гидрологические и другие геофизические наблюдения, относящиеся к метеорологии, и способствовать созданию и поддержанию центров, в обязанности которых входит обеспечение метеорологических и других видов обслуживания.
- Содействовать созданию и поддержанию систем быстрого обмена метеорологической и другой соответствующей информацией.
- Содействовать стандартизации метеорологических и других соответствующих наблюдений и обеспечивать единообразное издание данных наблюдений и статистических данных.
- Содействовать дальнейшему применению метеорологии в авиации, судоходстве, при решении водных проблем, в сельском хозяйстве и в других областях деятельности человека.
- Содействовать деятельности в области оперативной гидрологии и дальнейшему тесному сотрудничеству между метеорологическими и гидрологическими службами.
- Поощрять научно-исследовательскую работу и работу по подготовке кадров в области метеорологии и в соответствии с необходимостью в других смежных областях, а также содействовать координации международных аспектов такой деятельности по проведению научных исследований и подготовке кадров.

Всемирный Метеорологический Конгресс

является высшим конституционным органом Организации. Он созывается раз в четыре года для определения общей политики в достижении целей Организации.

Исполнительный Совет

состоит из 37 директоров национальных метеорологических или гидроме-

теорологических служб, выступающих в индивидуальном качестве; он создается не реже одного раза в год для руководства выполнением программ, утвержденных Конгрессом.

Шесть региональных ассоциаций,

каждая из которых состоит из стран-членов, имеющих своей задачей координацию деятельности в области метеорологии и других связанных с ней областях в пределах соответствующих географических районов.

Восемь технических комиссий,

состоящих из экспертов, назначенных странами-членами, ответственны за изучение метеорологических и гидрологических оперативных систем, применения и исследования.

Исполнительный Совет

Президент

А.И. Бедрицкий
(Российская Федерация)

Первый вице-президент

А.М. Нуриан
(Исламская Республика Иран)

Второй вице-президент

Т.В. Сазерлэнд
(Британские Карибские территории)

Третий вице-президент

А.Д. Моура (Бразилия)

Члены Исполнительного Совета

(президенты региональных ассоциаций)

Африка (Регион I)

М.Л. Бах (Гвинея)

Азия (Регион II)

А.М.Х. Иса (Бахрейн)

Южная Америка (Регион III)

Р.Х. Виньяс Гарсиа (Венесуэла)

Северная и Центральная Америка (Регион IV)

С. Фуллер (Белиз)

Юго-Запад Тихого океана (Регион V)

А.Нгари (Острова Кука)

Европа (Регион VI)

В.К. Керлебер-Бурк (Швейцария)

Избранные члены Исполнительного Совета

М.А. Аббас	Египет
О.М.Л. Бехир	Мавритания
Р.К. Бхатия	Индия
П.-Е. Бич	Франция
Й. Будху	Маврикий
С.А. Букхари	Саудовская Аравия
Ф. Кадарсо Гонзалес	Испания
М. Капалдо	Италия
Х.Х. Циापpezони	Аргентина
У. Гамарра Молина	Перу
Д. Граймс	Канада
С.У.Б. Харийоно (г-жа)	Индонезия
Т. Хираки	Япония
В. Куш	Германия
М.-К. Ли	Республика Корея
Г.Б. Лав	Австралия
Л. Макулени (г-жа)	Южная Африка
Дж. Митчелл	Соединенное Королевство
Дж.Л. Хайес	(Соединенные Штаты Америки)
Дж.Р. Мукабана	Кения
М. Остойски	Польша
М.М. Розенгаус Москински	Мексика
Ф. Уйраб	Намибия
К.С. Йап	Малайзия
Г. Женг	Китай
(две вакансии)	

Президенты технических комиссий

Авиационная метеорология

К. Маклеод

Сельскохозяйственная метеорология

Дж. Сэлинджер

Атмосферные науки

М.Беланд

Основные системы

А.И. Гусев

Климатология

П.Бессемоулин

Гидрология

Б.Стюарт

Приборы и методы наблюдений

Дж. Нэш

Океанография и морская

метеорология

П. Декстер и Дж.-Л. Феллоус

Члены Всемирной Метеорологической Организации

на 31 марта 2008 г.



Государства (182)

Австралия	Зимбабве	Марокко	Соломоновы Острова
Австрия	Израиль	Мексика	Сомали
Азербайджан	Индия	Микронезия, Федеративные	Судан
Албания	Индонезия	Штаты	Суринам
Алжир	Иордания	Мозамбик	Сьерра-Леоне
Ангола	Ирак	Монако	Таджикистан
Антигуа и Барбуда	Ирландия	Монголия	Таиланд
Аргентина	Иран, Исламская	Мьянма	Того
Армения	Республика	Намибия	Тонга
Афганистан,	Исландия	Непал	Тринидад и Тобаго
Исламское Государство	Испания	Нигер	Тунис
Багамские острова	Италия	Нигерия	Туркменистан
Бангладеш	Йеменская Республика	Нидерланды	Турция
Барбадос	Кабо-Верде	Никарагуа	Уганда
Бахрейн	Казахстан	Ниуэ	Узбекистан
Беларусь	Камбоджа	Новая Зеландия	Украина
Белиз	Камерун	Норвегия	Уругвай
Бельгия	Канада	Объединенная Республика	Фиджи
Бенин	Катар	Танзания	Филиппины
Болгария	Кения	Объединенные Арабские	Финляндия
Боливия	Кипр	Эмираты	Франция
Босния и Герцеговина	Кирибати	Оман	Хорватия
Ботсвана	Китай	Острова Кука	Центральноафриканская
Бразилия	Колумбия	Пакистан	Республика
Бруней-Даруссалам	Коморские острова	Панама	Чад
Буркина Фасо	Конго	Папуа–Новая Гвинея	Черногория
Бурунди	Корейская Народно-	Парагвай	Чешская Республика
Бутан, бывшая Югославская	Демократическая	Перу	Чили
Республика Македония	Республика	Польша	Швейцария
Вануату	Коста-Рика	Португалия	Швеция
Венгрия	Кот-д’Ивуар	Республика Корея	Шри-Ланка
Венесуэла	Куба	Республика Молдова	Эквадор
Вьетнам	Кувейт	Российская Федерация	Эритрея
Габон	Кыргызстан	Руанда	Эстония
Гаити	Лаосская Народно-	Румыния	Эфиопия
Гамбия	Демократическая	Сальвадор	Южная Африка
Гайана	Республика	Самоа	Ямайка
Гана	Латвия	Сан-Томе и Принсипи	Япония
Гватемала	Лесото	Саудовская Аравия	
Гвинея	Либерия	Свазиленд	
Гвинея-Бисау	Ливан	Сейшельские острова	
Германия	Ливийская Арабская	Сенегал	
Гондурас	Джамахирия	Сент-Люсия	
Греция	Литва	Сербия	
Грузия	Люксембург	Сингапур	
Дания	Маврикий	Сирийская Арабская	
Демократическая Республика	Мавритания	Республика	
Конго	Мадагаскар	Словакия	
Джибути	Малави	Словения	
Доминика	Малайзия	Соединенное Королевство	
Доминиканская Республика	Мали	Великобритании и	
Египет	Мальдивские Острова	Северной Ирландии	
Замбия	Мальта	Соединенные Штаты Америки	

Территории (6)

Британские Карибские
территории
Гонконг, Китай
Макао, Китай
Нидерландские Антильские
острова и Аруба
Новая Каледония
Французская Полинезия

TOTEX

Метеорологические шары-пилоты

- Метеорологические шары-пилоты
- Аэрологические шары со встроенным парашютом
- Шары-пилоты типа АВ
- Парашюты для шаров-радиозондов
- Метеорологические приборы



TOTEX ПОСТАВЩИК

Главное бюро и завод и изготовитель

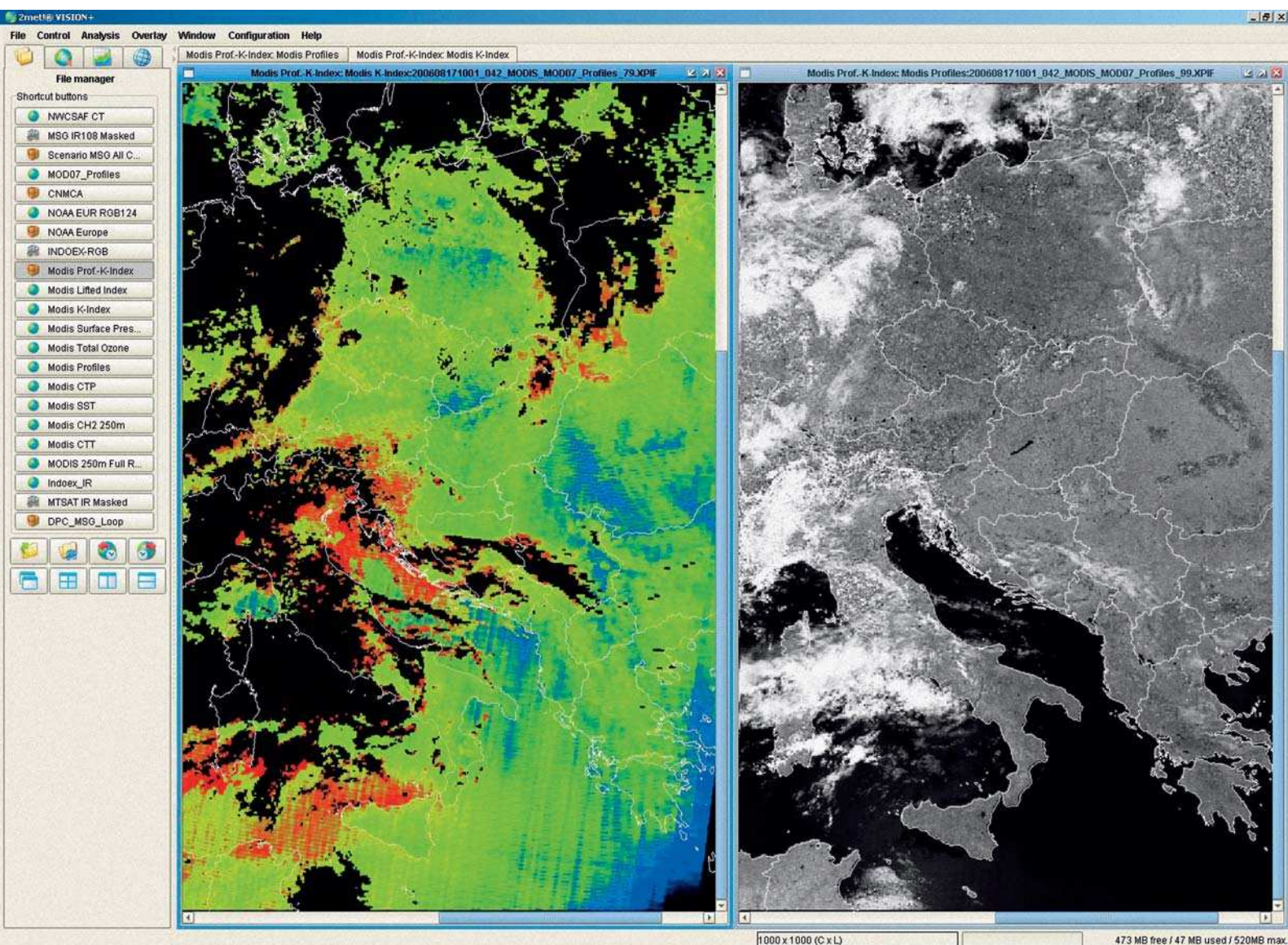
765 Ueno, Ageo-shi, Saitama-ken 362-0058, Japan Tel:(048)725-1548

Бюро в Токио (международный отдел)

Katakura Bldg, 1-2 Kyobashi 3-chome, Chuo-ku, Tokyo 104-0031, Japan

Tel:+81-3-3281-6988 Fax:+81-3-3281-7095

E-mail: metballoon@totex.jp



Combined X-/L-band Satellite Ground Stations

SpaceCom

VCS is one of the leading suppliers of Ground Stations for data from Earth Observation satellite missions and for production of value added applications based on the proven **2met!**® concept.

Our combined X-/L-band ground stations are designed for operation in professional environments requiring excellent reliability and highest availability. The VCS **2met!**® stations support the reception of data from polar orbiting satellites for the following Earth observation missions: NOAA HRPT, METOP A-HRPT, FengYun C-HRPT, Seastar SeaWiFS, TERRA/AQUA MODIS, NPP and NPOESS.

Contact our experts

by emailing spacecom.sales@vcs.de or by calling +49 234 9258-112

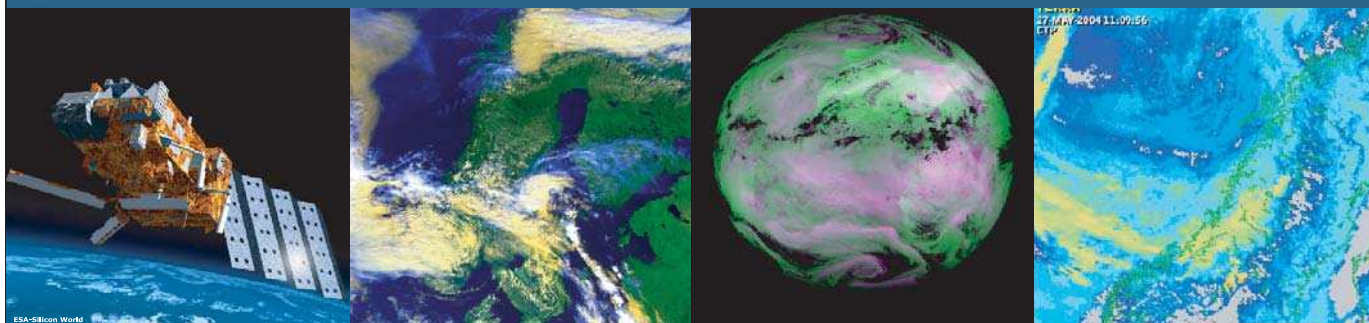




KONGSBERG

MEOS™ Multi-Mission Earth Observation System

Kongsberg Spacetec handles the entire chain from antenna to end-user.



Kongsberg Spacetec is a leading supplier of ground stations for data acquisition from Earth observation satellites and production of value added applications.

MEOS™ POLAR

METOP HRPT

NOAA HRPT

Sea Star

FY-1

TERRA and AQUA DB



MEOS™ GEOSTATIONARY

GOES

MSG

MTSAT

Kongsberg Spacetec is recommended by EUMETSAT/WMO to provide MSG Receiving Stations to Eastern and Central European countries.

Our METOP System is based on our Reference User Station for the EUMETSAT Polar System Core Ground Segment.

www.spacetec.no

WORLD CLASS - *through people, technology and dedication*

Новаторское решение в метеорологии



Компания «Бэрон Сервисез» – мировой лидер в метеорологических новшествах. Наши комплексные решения позволяют клиентам компании по всему миру повышать безопасность населения и уровень осведомленности о погоде благодаря внедрению технических новшеств. Это позволяет нам быть лидерами в своей области деятельности – лидерами, опережающими время.

Самый современный доплеровский радиолокатор

Мы конструируем и производим оснащенные новейшей системой обработки сигнала радиолокационные датчики мирового класса С диапазона, S диапазона и X диапазона. Данные о гидрометеорах поступают с высочайшей степенью детализации и точности с радиолокационных датчиков компании «Бэрон» на интерактивный дисплей.

Технология двойной поляризации

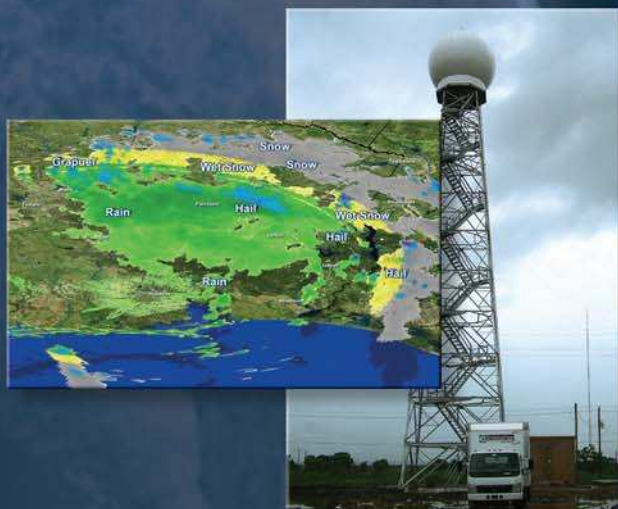
Пример последнего новшества компании «Бэрон»: компании «Бэрон Сервисез» и «Л-3 Коммюникейшенз» недавно получили зонтичный контракт «Скаут 24» на сумму в 43 млн долл. США от Национальной метеорологической службы США на модернизацию 171 объекта NEXRAD в целях обеспечения поддержки двойной поляриметрии. Такая передовая технология внедряется в каждую производимую нами радиолокационную систему.

Интеграция систем

Наши полностью интегрированные, законченные решения являются наиболее всеобъемлющими на рынке и включают двух- или трехмерную графику и изображение гидрометеоров в реальном масштабе времени, передовое прогностическое моделирование, датчики молний и удаленной погоды.

Передовое прогностическое моделирование

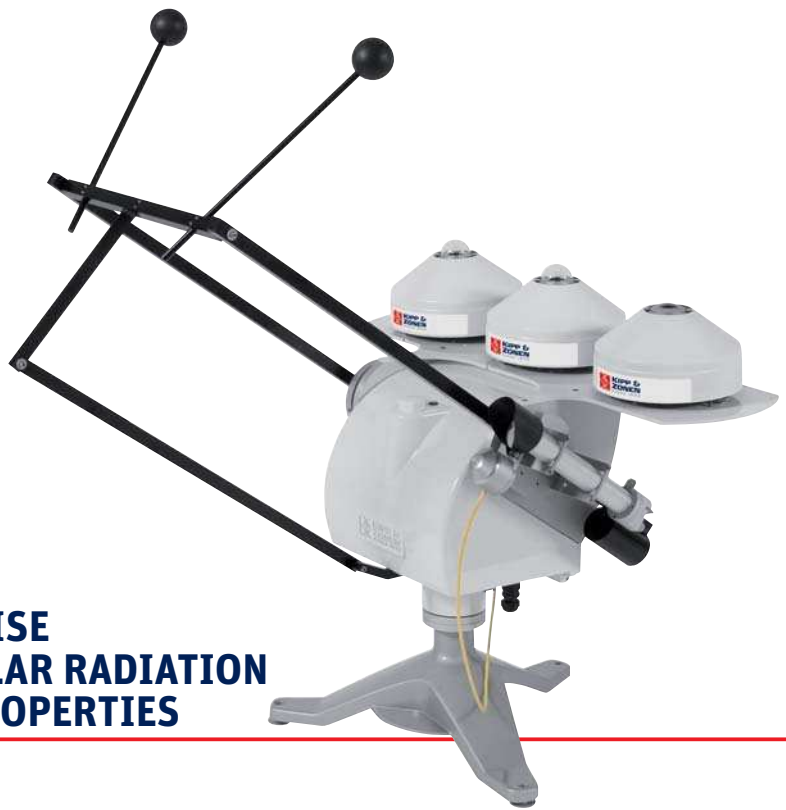
Локализованные 96-часовые прогнозы ветра, осадков, облачного покрова, влажности и других параметров легко доступны через VIPIR® – наш мощный дисплей трехмерной графики. Наши прогностические модели, выпускаемые четыре раза в день с высоким разрешением, уже продемонстрировали свою исключительную степень точности.




BARON
SERVICES
www.baronservices.com

4930 Research Drive
Huntsville, Alabama 35805

256-881-8811 Phone
256-881-8283 Fax
international-sales@baronservices.com



**SOLUTIONS FOR PRECISE
MEASUREMENT OF SOLAR RADIATION
AND ATMOSPHERIC PROPERTIES**



Kipp & Zonen's passion for precision has led to the development of a large range of high quality instruments: from all weather resistant Pyranometers to complete measurement networks.

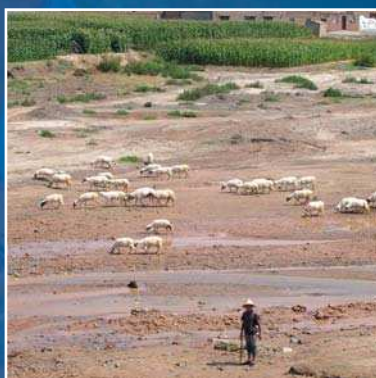
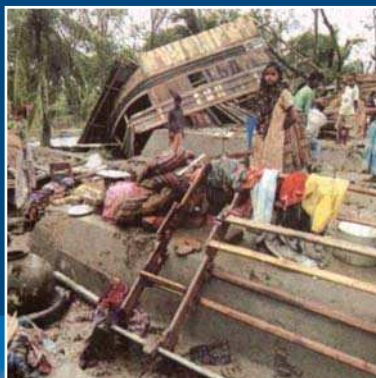


Kipp & Zonen B.V.
Delftechpark 36, 2628 XH Delft
P.O. Box 507, 2600 AM Delft
The Netherlands

T: +31 (0) 15 2755 210
F: +31 (0) 15 2620 351
info@kippzonen.com
www.kippzonen.com

PASSION FOR PRECISION





World Meteorological Organization

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

Tel.: +41 (0) 22 730 81 11 - Fax: +41 (0) 22 730 81 81

E-mail: wmo@wmo.int - Website: www.wmo.int