



Всемирная
Метеорологическая
Организация
Погода • Климат • Вода

Бюллетень

Том 54 (3)
Июль 2005

тематические статьи - интервью - новости - книжное обозрение - календарь

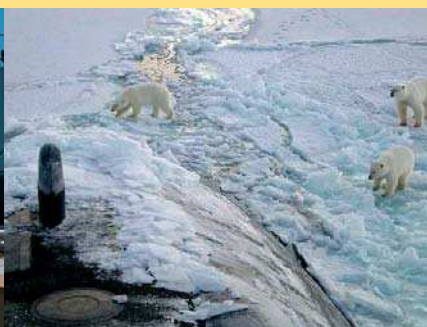


Австралийская засуха
2005 г.

Сезон ураганов
2004 г.



Температура поверхности моря вдоль пути прохождения урагана (снимок НАСА/ГЦКП)



Сопряженные модели

Оперативное прогнозирование
полярного льда

Глобальная система
наблюдений за океаном

Сотрудничество

в метеорологии и океанографии

Усвоение данных об океане

Климат и рыбные ресурсы

www.wmo.int

Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО)

Погода • Вода • Климат



Здание штаб-квартиры ВМО

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 гидрометеорологических служб, выступающих в индивидуальном качестве; он созывается 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

М.А. Рабиоло (Аргентина)

Члены Исполнительного Совета по должности (президенты региональных ассоциаций)

Африка (Регион I)

М.С. Мита (Объединенная Республика Танзания)

Азия (Регион II)

А.М.Х. Иса (Бахрейн)

Южная Америка (Регион III)

Р. Мишелини (Уругвай) (и.о.)

Северная и Центральная Америка (Регион IV)

С.Фуллер (Белиз)

Юго-Запад Тихого океана (Регион V)

А.Нгари (Острова Кука) (и.о.)

Европа (Регион VI)

В.К.Керлебер-Бурк (Швейцария) (и.о.)

Избранные члены Исполнительного Совета

М.Шауки Саадаллах (Египет) (и.о.)

Дж.К.Рабуди (Иордания) (и.о.)

М.Л. Бах (Гвинея)

Ж.-П. Бейссон (Франция)

К.З. Чаудри (Пакистан)

Чоу Кок Ки (Малайзия)

А.Дивино Маура (Бразилия) (и.о.)

М.Д. Эверелл (Канада)

Дж.Митчел (Соединенное

Королевство) (и.о.)

В.Каш (Германия) (и.о.)

Б. Кассахун (Эфиопия)

Дж.Дж. Келли (Соединенные Штаты Америки)

К.Нагасака (Япония) (и.о.)

Р.Д.Дж. Ленгоаса (Южно-Африканская Республика)

Дж. Ламсден (Новая Зеландия)

Ф.П. Моте (Гана)

Дж.Р. Мукабана (Кения)

И.Обрусник (Чехия) (и.о.)

Х.Х.Олива (Чили)

Цинь Дахэ (Китай)

Б.Т. Секоли (Лесото)

М.Капалдо (Италия) (и.о.)

С.Наир (Индия) (и.о.)

Г.Б.Лав (Австралия) (и.о.)

Ф.Кадарсо Гонзалес (Испания) (и.о.)

П.Мансо (Коста-Рика) (и.о.)

Дж.Р.Оуаттара (Буркина-Фасо) (и.о.)

Президенты технических комиссий

Авиационная метеорология

Н. Гордон

Сельскохозяйственная метеорология

Р.П. Мота

Атмосферные науки

А. Элиассен

Основные системы

А.И. Гусев (и.о.)

Климатология

Я. Буду

Гидрология

Б.Стюарт

Приборы и методы наблюдений

Р.П. Кантенфорд (и.о.)

Океанография и морская метеорология

Й. Гуддал и С. Нараянан

Официальный журнал Всемирной Метеорологической Организации

**Том 54 No. 3
Июль 2005 г.**

Генеральный секретарь М.Жарро
Заместитель
Генерального секретаря Хун Янь
Помощник
Генерального секретаря вакансия

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.

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

Подписанные 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. Перепечатка материалов из неподписанных (или подписанных инициалами) статей разрешается при условии ссылки на Бюллетень ВМО. По вопросам перепечатки подписанных статей (целиком или выдержек из них) обращаться к редактору Бюллетеня ВМО.

Редактор: Хун Янь
Помощник редактора: Юдит К.К.ТОРРЕС

E-mail: jtorres@wmo.int
Тел.: (+41) 22 730.84.78
Факс: (+41) 22 730.80.24

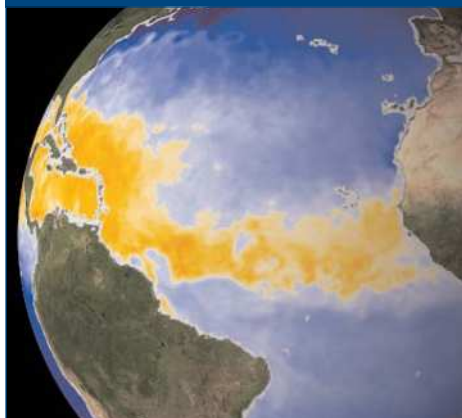
Содержание

В этом номере	116
Развитие сотрудничества в области метеорологии и океанографии	117
Прогноз и прогнозируемость климата на основе связанных моделей	122
Модели взаимодействия: краткосрочные изменения	127
Оперативный прогноз полярного льда	133
Осуществление Глобальной системы наблюдений за океаном	138
Усвоение данных об океане в прогностической системе Меркатор Океан	144
Интервью с Ларри Гейтсом	152
Засуха в Австралии в 2005 году	156
Использование прогноза климата в рыболовстве	163
Сезон ураганов 2004 г.	165
50 лет назад... ..	169
Визиты Генерального секретаря	171
Книжное обозрение	174
Новые поступления	175
Последние публикации ВМО	176
Новости Секретариата	177
Некрологи	179
Календарь мероприятий	181

World Meteorological Organization (WMO)
7bis, avenue de la Paix
Case postale No. 2300
CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Тел: + 41 22 730 81 11
Факс: + 41 22 730 81 81
E-mail: wmo@wmo.int
Web: <http://www.wmo.int>

В этом номере



Моделирование комплексных взаимоотношений между атмосферой и океаном помогает предсказывать и контролировать метеорологические и климатические явления, такие как тропические циклоны и Эль-Ниньо

Обеспечение безопасности на море всегда было основной движущей силой для организации морских наблюдений, скоординированных на международном уровне. Первая международная метеорологическая конференция, состоявшаяся в Брюсселе в 1853 г., в основном занималась проблемами, связанными с морской метеорологией. В конечном итоге конференция привела к возникновению Международной метеорологической организации, предшественницы ВМО. В 1951 г. на Первом Всемирном метеорологическом конгрессе была образована Комиссия по морской метеорологии.

В 1999 г. Комиссия объединилась с Объединенной глобальной системой океанских служб Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО, чтобы сформировать Совместную техническую комиссию по океанографии и морской метеорологии (СКОММ). Цель СКОММ заключается в том, чтобы приносить пользу международному

сообществу в координации, регулировании и управлении в полной мере комплексной глобальной системой морских наблюдений, которая использует современные технологии и возможности. Она реагирует на развивающиеся потребности пользователей морских данных и продукции и повышает национальные возможности всех морских стран.

В то время как страны готовятся к встрече на Второй сессии СКОММ (Галифакс, Канада, 19–28 сентября 2005 г.), в настоящем выпуске *Бюллетеня* рассматривается достигнутый прогресс и определяется ряд задач на будущее.

За последние два десятилетия постоянно возрастала потребность в расширении системы морских наблюдений для поддержки других применений, таких как инициализация все более сложных и долгосрочных систем прогнозирования погоды, хозяйственная деятельность в прибрежной зоне, оптимизация промыслового рыболовства, установление судоходных путей для судов, разведка и разработка ресурсов на шельфе, мониторинг, предотвращение загрязнения и очистка от него и совсем недавно – моделирование и предсказание климата. Эти применения требуют комплектов данных наблюдений и прогностической продукции как для океанов, так и вышележащей атмосферы.

Что касается предсказуемости и предсказания климата с помощью сопряженной модели, задача, которая стоит перед научным сообществом, заключается в том, чтобы определить, в какой степени предсказуем климат, и готовить прогнозы климата, которые приносят общественную пользу. Для успешного предсказания климата необходимы комплексные компьютерные модели, которые включают все взаимодействия между компонентами климатической системы: атмосфера–океан–суша–лед.

Краткосрочные колебания в сопряженных моделях привели к вопросу:

"Зачем делать сезонные прогнозы?" Сезонные прогнозы полезны для принятия решений, и прогресс, достигнутый в области моделирования и усвоения данных об атмосфере и океане, сделает сезонные прогнозы более надежными и полезными.

Арктика является районом, имеющим экономическое и стратегическое значение. В связи с тяжелыми условиями работы, прогнозирование полярного льда представляет особые трудности. Более того, в наличии имеются лишь ограниченные возможности для предоставления информации о ледовых условиях в реальном масштабе времени. Будущие направления в прогнозировании льда, особенно значение надлежащего международного сотрудничества и текущих научных исследований, учитывая глобальный интерес к Арктике, следует расширить, чтобы внести вклад в повышение оперативных возможностей прогнозирования.

В этом выпуске также опубликовано интервью с проф. Лари Гейтсом. Являясь специалистом в области сопряженных моделей атмосфера–океан, проф. Гейтс был связан с деятельностью ВМО более 30 лет, занимаясь сначала Программой исследований глобальных атмосферных процессов, а затем Всемирной программой исследований климата, которая в этом году отмечает 25-ю годовщину.

В других статьях рассказывают о засухе 2005 г. в Австралии и о том, как предсказания климата помогают рыбакам в малых островных развивающихся государствах Тихого океана увеличивать свой улов. Приводится обзор исключительного сезона тропических циклонов 2004 г. Ко времени написания обзора сезон тропических циклонов 2005 г., половина которого еще не завершилась, уже был активен более чем обычно. Особенностью настоящего выпуска является то, что здесь освещается ряд проблем и видов деятельности, о которых рассказывалось в *Бюллетене ВМО* 50 лет назад.

Развитие сотрудничества в области метеорологии и океанографии



Альберт Фишер, специалист по программам, Глобальная система наблюдений за океаном и Совместная техническая комиссия ВМО-МОК/ЮНЕСКО по океанографии и морской метеорологии (СКОММ)

Введение

Люди живут в атмосфере, при этом если учесть, что плотность населения в прибрежных районах в два раза выше, чем где-либо, а океан влияет на изменчивость климата и погоды, то изучение океана, а также возможность наблюдать за ним и прогнозировать его поведение и взаимодействие с атмосферой приобретает большое значение.

Во многих статьях данного выпуска бюллетеня рассматриваются научные проблемы понимания сопряженной системы атмосфера–океан, а в статье Майка Джонсона (стр. 138) непосредственно рассматриваются материально-технические и политические задачи, связанные с развитием глобальной сети для наблюдения за океаном и его взаимодействия с атмосферой. В настоящей статье внимание концентрируется на сотрудничестве между океанографами и метеорологами в области наблюдения за морской средой и преобразования результатов наблюдения в полезную продукцию.

Проблемы при наблюдении за морской средой

Наблюдение за морской средой имеет свои специфические проблемы. Соленая вода и морские брызги вызывают коррозию металлов, а любой, кто видел судно, входящее в сухой док для периодического технического обслуживания и ремонта, может свидетельствовать о том, что многие формы морской флоры и фауны стремятся прикрепиться к неподвижным предметам. Такого рода "биообрастание" является главной заботой при конструировании и расчете срока службы приборов, размещаемых в верхнем слое океана, где морская флора и фауна имеются в изобилии. Кроме того, плотность воды в тысячу раз больше, чем плотность воздуха, и давление глубже первых нескольких метров быстро растет.

Океан имеет большую площадь и покрывает 70% поверхности Земли, причем большая часть этой поверхности сильно удалена от маршрутов судов и мест повседневного человеческого проживания. Это значит, что число наблюдателей, необходимых для технического обслуживания приборов и платформ,

Совместная техническая комиссия ВМО-МОК по океанографии и морской метеорологии

СКОММ является реальным свидетельством сотрудничества между океанографами и метеорологами, но сотрудничество между ними в области сбора и преобразования первичных данных о сопряженной системе атмосфера–океан охватывает множество усилий на международном, национальном и региональном уровнях.

Комиссия обеспечивает механизм международной, межправительственной координации, регулирования и управления для оперативной системы океанографических и морских метеорологических наблюдений, управления данными и обслуживания.



очень невелико. Поэтому приборам приходится работать в течение долгих периодов времени без человеческого вмешательства, и, следовательно, необходимо проводить их тщательную калибровку для обеспечения надежности данных.

Чтобы данные можно было использовать для прогнозирования погоды и климата, их следует посылать в центры данных на суше в реальном масштабе времени, что влечет за собой дополнительные проблемы, связанные с созданием необходимых средств спутниковой связи. Для многих автономных систем спутниковая связь является основным потребителем энергии и фактором, ограничивающим срок службы прибора.

В последние несколько десятилетий спутники, осуществляющие наблю-

В [данной] статье внимание сосредоточено на сотрудничестве между океанографами и метеорологами с целью проведения наблюдений за морской окружающей средой и преобразования этих наблюдений в полезную продукцию ... для получения ощутимой и немедленной отдачи.

дение за океаном, в корне изменили наши возможности, позволив глобально и одновременно вести наблюдения за температурой поверхности и цветности океана и проводить оценку флоры и фауны на поверхности. Совсем недавно с помощью спутников стало возможно наблюдать топографию поверхности океана, проводить картирование "метеорологических систем" высокого и низкого давления, оценивать мезомасштабную циркуляцию океана и напряжение ветра у поверхности океана, измерять перенос количества движения из атмосферы в океан. Один из крупных недостатков наблюдения за океаном с помощью спутников заключается в том, что в океане электромагнитная радиация проникает только на небольшую глубину, поэтому подповерхностный слой океана из космоса не виден. И если из наблюдений за поверхностью можно сделать некоторые заключения о верхнем слое океана, то для ряда применений, связанных с прогнозированием погоды и климата, определяющее значение имеют данные о подповерхностном слое.

Указанные проблемы заставили ученых, занимающихся наблюдениями за морями и океанами, находить эффективные решения. Сбор большей части данных наблюдений в точке на поверхности и в верхнем

слое океана осуществляется судами добровольного наблюдения, чаще всего торговыми судами, на борту которых установлены метеорологические и океанографические приборы. Метеорологические измерения поверхности океана осуществляются с помощью приборов, установленных высоко на судне, чтобы избежать помех со стороны судовой надстройки, и много раз в сутки передаются через спутник.

Ряд торговых судов, главным образом в Северной Америке, имеют на борту оборудование для запуска радиозондов на шарах. Суды также оснащены оборудованием для получения профилей верхнего слоя океана, по которым определяются теплосодержание верхнего слоя, имеющее важное значение для прогнозирования тропических циклонов и краткосрочных изменений климата. Наблюдатели на этих судах используют обрывные батитермографы (ОБТ). Это простые, имеющие форму ракеты величиной с кулак, приборы, оснащенные термистором для измерения температуры. Они опускаются с заданной скоростью, контролируемой посредством равновесия между сопротивлением воды и вызванным силой тяжести ускорением, и имеют две катушки медной проволоки толщиной тоньше человеческого волоса. Одна катушка располагается внутри опускающегося ОБТ, другая – на судне, по мере движения которого вперед устраняется сопротивление на поверхности раздела между атмосферой и океаном. Данные поступают на борт судна и передаются через спутник.

Еще одна новая технология наблюдения за подповерхностным слоем океана связана с размещением в последние несколько лет по всему земному шару ныряющих буйев в рамках программы Арго (argo.jcommops.org). Высота буйев – примерно один

метр, и они используют тщательно отрегулированную балластную систему, позволяющую им иметь ту же плотность, что и вода на глубине их погружения. Обычно они погружаются на глубину 2000 м или на половину средней глубины океана. Они остаются на этой глубине в течение 10 дней, затем масло из внутреннего резерва буйа откачивается во внешний баллон. Изменяется плотность, буй становится плавучим и поднимается на поверхность. По пути он измеряет температуру и соленость, а поднявшись на поверхность, передает данные через спутник перед тем, как снова возвратиться на глубину погружения.

Переданные данные доступны всем через Глобальную систему телесвязи ВМО, также через специально назначенный центр данных. В настоящее время в Мировом океане размещено более 1800 буйев Арго, а планируемое пространственное разрешение сети в 3° с размещением 3000 буйев предполагается обеспечить к 2007 г. Уже сейчас во многих районах Мирового океана всего за несколько лет программа Арго дала больше информации о

Группа экспертов по сотрудничеству в области буйев для сбора данных (ГСБД)

Группа экспертов по сотрудничеству в области буйев для сбора данных (ГСБД) была создана в

качестве совместного органа ВМО и Межправительственной океанографической комиссии (МОК) ЮНЕСКО в 1985 г. Ее задача заключается в том, чтобы координировать размещение дрейфующих и заякоренных буйев по всему миру.



Программа "Выбери дрейфующий буй"

Бюро наблюдений за климатом Национального управления по исследованию океанов и атмосферы (НУОА) учредило в декабре 2004 г. Программу "Выбери дрейфующий буй" (ПВДБ). Программа дает возможность учителям использовать в учебных программах данные, полученные системой наблюдения за океаном. Размещение глобальной сети дрейфующих буйв планируется завершить в течение 2005 г. , при этом официальный спуск на воду 1250-го бую планируется осуществить на праздничной церемонии во время второй сессии Совместной технической комиссии ВМО-МОК по океанографии и морской метеорологии, в Галифаксе (Новая Шотландия, Канада) в сентябре.

ПВДБ предлагает школе из США установить сотрудничество со школой из другой страны по выбору дрейфующего бую, который будет спущен на воду с борта судна. Учителя из каждой школы могут находиться на борту судна во время спуска бую на воду, хотя это не является обязательным условием. Перед спуском на воду на буй приклеивается наклейка или рисунок от каждой школы и делаются фотографии, чтобы документально запечатлеть процедуру. Учителя получают номер ВМО, присвоенный выбранному ими бую, чтобы в режиме онлайн получить доступ к данным с этого бую и разрабатывать планы уроков, стимулирующие учеников использовать эти данные. Ученики получают карту с траекторией движения бую, чтобы определять его координаты по мере того, как он свободно движется по поверхности океана. Как учителя, так и студенты могут устанавливать связь между данными, полученными в режиме онлайн и другими картами с отображением течений ветров и т.д.



В декабре 2004 г. неподалеку от Чилийского побережья учитель естественных наук средней школы из Арканзаса (справа) опустила на воду первый выбранный буй с судна НУОА "Рональд Г.Браун". Ее ученики выбрали этот буй и назвали его "Боб" (см. также фото на стр.142) (фото: СКОММОПС).

Данные с буюв используются для слежения за основными океаническими течениями и турбулентными потоками, наземного контроля спутниковых данных, разработки моделей климатических и метеорологических ситуаций, прогнозирования движения загрязняющих веществ в случае их сброса или случайного разлива в море, помощи в прогнозировании траектории приближающихся ураганов. В этой связи важно понимать, как получают данные, как часто они загружаются пользователями и какие данные доступны для школ и широкой общественности. Ученики получают полный доступ к данным (например, координаты широты/долготы, время, дату, температуру поверхности моря(ТПМ)) в режиме реального времени и времени, близком к реальному, со своего бую, а также со всех дрейфующих буюв, размещенных в качестве части Глобальной системы наблюдений за океаном. Они могут получать доступ, осуществлять выборку и организовывать в качестве временного ряда различные подкомплекты данных за определенные период времени для любого дрейфующего бую (например, данные по температуре поверхности моря), а также отслеживать и составлять карту движения выбранного бую на краткосрочные или долгосрочные периоды (один день, один месяц, один год).

Адрес Web-сайта Программы "Выбери дрейфующий буй" следующий: "http://osmc.noaa.gov/OSMC/adopt_a_drifter.html".

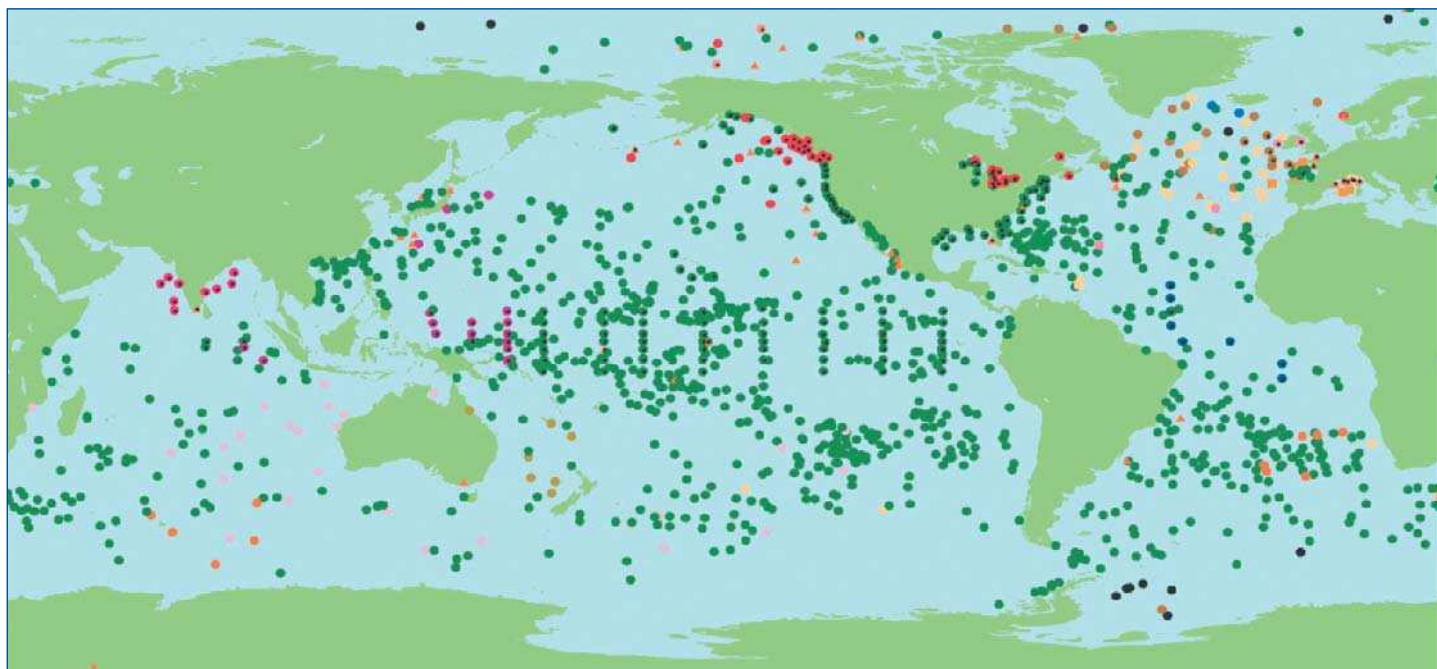
Учителям и ученикам, желающим принять участие в Программе, следует связаться с Дианой Станицки: diane/stanitski@noaa.gov.

структуре температуры и солёности океана, чем имеется во всей исторической базе данных. Последняя проблема в области наблюдений за океаном обусловлена тем, что большей частью океан явля-

ется международной территорией, не принадлежащей какой-либо одной стране. Отчасти это упрощает создание глобальной сети наблюде-

ний, однако предпринимаются и будут продолжаться предприниматься совместные усилия, чтобы национальные приоритеты в области выделения финансов сочетались с решением глобальных проблем.





Буи, передававшие данные о поверхности океана через Глобальную систему телесвязи в мае 2005 г.: 1081 дрейфующий буй; 198 заякоренных буюв. Участвующие страны: Австралия, Бразилия, Канада, Европейский союз, Германия, Индия, Ирландия, Япония, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Южная Африка, Соединенное Королевство и США. (Данные получены в СКММОПС с ГСТ через МетеоФранс) См. <http://www/jcommops/org/>

Официальное сотрудничество на международном уровне

Во многих странах метеорологические общества и организации имеют длинную историю, берущую начало в XIX веке, когда заинтересованность в улучшении метеорологических и связанных с ними наук подстегивалась элементами общества, особенно чувствительными к изменчивости погоды и климата. Океанографические общества и организации обычно намного моложе, при этом реально развиваться они начали только после Второй мировой войны, что частично было обусловлено проблемами национальной безопасности. В настоящее время ответственность за наблюдением океана и его прогнозирование лежит на национальных метеорологических службах.

В 1999 г. ВМО и Межправительственная океанографическая комис-

сия (МОК) ООН по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) объединили силы, учредив Совместную техническую комиссию МОК-ВМО по океанографии и морской метеорологии. Цель Комиссии заключается в координации и управлении комплексной глобальной системой морских наблюдений, управления данными и обслуживания, являющейся результатом усилий на национальном уровне.

У СКММ короткая история, но она построена на основе успешного опыта технических комиссий как со стороны ВМО, так и со стороны МОК. Работа СКММ организована по линии четырех программных областей, охватывающих наблюдения, управление данными, предоставление обслуживания и наращивание потенциала. Внутри программных областей работает ряд групп экспертов и международных координационных групп, деятельность

которых простирается на такие направления, как: координация наблюдений с судов, автономных океанских буюв, водомерных постов; координация систем инфраструктуры, распространения и передачи данных; координация обслуживания в области предоставления морских метеорологических бюллетеней, информации о морском льде, состоянии моря и других прогнозов.

Преобразование наблюдений в полезную продукцию

Для преобразования океанских и морских наблюдений в полезную информацию и средства для поддержки принятия решений необходимы инфраструктура и модели для обработки исходных данных и квалификация работников для интерпретации результатов.

Основные уравнения, определяющие поток жидкости для атмосфе-

Были предприняты конкретные усилия по преобразованию сезонных климатических прогнозов физических величин в информацию, полезную для конкретных экономических и социальных секторов.

ры и океана, одинаковы, однако по многим компонентам эти две среды различаются. При моделировании океана нет необходимости принимать во внимание фазовые превращения воды и облаков, что является основной трудностью при моделировании атмосферы, однако есть необходимость учитывать соленость, оказывающую сильное влияние на плотность морской воды. Высокая плотность морской воды и в результате более медленная скорость распространения процессов в волнах означает, что средний размер явлений в океане значительно меньше, чем в атмосфере, т.е. атмосферная метеорологическая система простирается на тысячи километров, в то время как завихрение Гольф-стрима охватывает десятки километров. Таким образом модели океана выполняются с более высоким разрешением и требуют более высоких вычислительных мощностей.

В последние годы усилия по созданию оперативных моделей прогнозирования океана стали приносить плоды. Многие из них предпринимаются под флагом Глобального эксперимента по усвоению данных об океане (ГЕУДО, www.bom.gov.au/bmrc/ocean/GODAE/). Это – экспериментальный проект, который помог скоординировать общую инфраструктуру сбора и распространения данных, послужившую основой большей части работ на национальном и региональном уровнях. Полу-

ченная продукция по прогнозированию океана предоставляется бесплатно. Установлены и развиваются контакты и обратная связь с сообществами пользователей. Продукция используется для разнообразных применений, включая предсказание и моделирование разливов нефти, прогнозирование местоположения океанического фронта для рыболовства, прогнозирование океанских течений для установления судоходных путей (как для движения промышленных судов, так и для гонок яхт) и для научных исследований.

Настоящие сопряженные системы прогнозирования взаимодействия между атмосферой и океаном только сейчас начинают выходить из стен исследовательских центров для оперативного использования. Например, знание о теплосодержании верхнего слоя океана улучшило прогнозы силы тропических циклонов. А вдали от тропиков знание о морском ледяном покрове и появлении разводий оказалось важным для прогнозирования зимних штормов, так как поток влаги в атмосферу из непокрытого льдом океана значительно выше. Недавно ВМО развернула международную научно-исследовательскую программу ТОРПЭКС (www.wmo.int/thorpex), внимание которой сосредоточено на долгосрочном прогнозировании суровой погоды и на получаемой в результате социальной и экономической выгоды. Был определен ряд основных областей, схожих с теми, что указаны выше в приведенных примерах, в которых океан играет ключевую роль в формировании суровой погоды. По мере развития программы метеорологи и океанографы будут увеличивать объем рабочих контактов.

Были также предприняты конкретные усилия по преобразованию сезонных климатических прогнозов

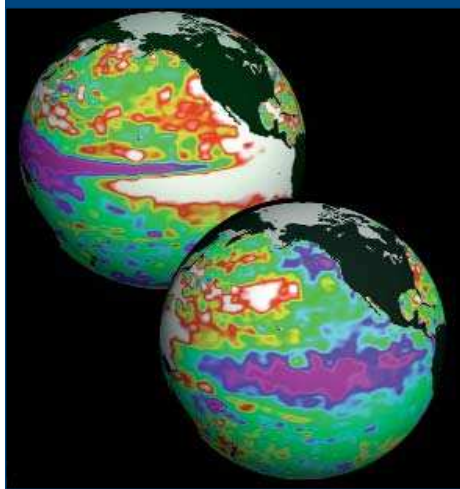
физических количественных характеристик в информацию, полезную для отдельных экономических и социальных секторов. Большая часть этих усилий предпринята на национальном и региональном уровнях. Один из примеров того, как ВМО и МОК уже сотрудничают наряду с другими организациями, связан с созданием регионального центра, посвященного применению прогнозов Эль-Ниньо: Международного центра по исследованию Эль-Ниньо (Centro Internacional para la Investigacion del Fenomeno El Nino, CIIFIN, www.ciifen-int.org), разместившегося в Гуаякиле (Эквадор).

Источники существования людей, живущих на западном побережье Южной Африки, и экономика стран, в которых они живут, неразрывно связаны с изменениями в состоянии океана и осадках, вызываемыми колебанием атмосферного давления в тропической части Тихого океана в результате обмена энергией между атмосферой и океаном. Научные центры создают модели и средства, непосредственно применяемые для сельского хозяйства, рыболовства и уменьшения опасности стихийных бедствий. Эта работа строится на основе использования уже имеющейся инфраструктуры для проведения наблюдений в тропической зоне Тихого океана и над ней на основе сопряженных (океан–атмосфера) систем управления данными и прогнозирования и их применения на уровне, позволяющем получать ощутимые социальные и экономические выгоды.

Такая работа является живым доказательством стремления к конечной и чрезвычайно оправданной цели, которая заключается в более эффективном объединении усилий метеорологического и океанографического сообществ.



Прогноз и прогнозируемость климата на основе связанных моделей



Возможно, явление Эль-Ниньо представляет собой одно из самых известных взаимодействий между океаном, атмосферой и приземным слоем. (Спутниковое изображение: ЛСТ, НУОА)

Бен П. Киртман, Центр исследования океана, земной поверхности и атмосферы и Университет Джорджа Мейсона, Программа по исследованию динамики климата

Важная задача, стоящая перед научным сообществом, состоит в том, чтобы определить степень прогнозируемости климата и затем делать прогнозы климата, которые будут полезны обществу. Поэтому в рам-

Эксперимент по наблюдению за климатической системой Земли и ее предсказанию

На ближайшие 10 лет в рамках ВПИК определена новая стратегия под названием "Эксперимент по наблюдению за климатической системой Земли и ее предсказанию" (КОПЕ). В ней будут использованы достижения прошлых лет, на основе которых будет анализироваться и прогнозироваться изменчивость земной системы. Результаты этих анализов и прогнозов будут использованы в разных областях, имеющих важное значение для общества.

КОПЕ обеспечит условия и программу широкого диапазона климатических исследований, координируемых и выполняемых в рамках основных проектов ВПИК, и покажет их важное значение для общества.

В рамках этой стратегии предполагается определить, какие аспекты климата являются прогнозируемыми, для каких регионов их можно прогнозировать и с какой заблаговременностью. Эта информация будет весьма полезной для управления в условиях климатического риска как в государственном, так и в частном секторах, внесет вклад в планирование устойчивого развития и послужит основой для уменьшения и смягчения опасности стихийных бедствий. Важным шагом для усовершенствования прогноза климата и его применения является наблюдение и понимание текущего состояния климата. Для лучшего понимания климатической системы необходимы новые стратегии наблюдения (для систем дистанционного зондирования и систем измерений *in situ*), исследования процессов и усовершенствованные прогностические модели.

как Всемирной программы исследования климата (ВПИК) был запущен крупный международный исследовательский проект под названием "Эксперимент по наблюдению за климатической системой Земли и ее предсказанию" (КОПЕ) (см. информацию в рамке). Проект КОПЕ был запущен в связи с тем, что на основе многолетних координированных исследований ВПИК был признан тот факт, что для успешного прогноза климата необходимы всесторонние компьютерные модели, включающие взаимодействия всех компонентов климатической системы (атмосфера–океан–суша–лед). Возможно, самыми известными (главным образом, благодаря взаимодействию атмосфера–океан в тропической части Тихого океана) являются взаимодействия, связанные с явлением Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНСО). Исследования в рамках КОПЕ выйдут за пределы ЭНСО, стимулируя использование всесторонних связан-

ных моделей общей циркуляции (СМОЦ), призванных повысить качество сезонных и межгодовых прогнозов.

Например, каким образом взаимодействия между сушей, атмосферой и океаном влияют на прогнозируемость климата за пределами тропической части Тихого океана? В самом деле, по мере изменения климата в более длинных временных масштабах учет всех взаимодействий становится все более важным для успешных сезонных и межгодовых прогнозов. В этой статье кратко описывается современное состояние СМОЦ с точки зрения моделирования и прогнозирования сезонных и межгодовых изменений климата. Основное внимание уделено способности СМОЦ воспроизводить и прогнозировать ТПМ в тропической зоне, а также некоторым досадным ошибкам моделей, указывающим на то, что в этой области еще многое предстоит сделать.

За последние 10 лет наметился устойчивый прогресс в области моделирования сезонной и межгодовой изменчивости глобального климата с использованием СМОЦ (Davey et al., 2002; AchutaRao and Sperber, 2002). В последние годы параметризованная физика (т.е. характер взаимодействия солнечной радиации с облаками и осадками в пространственном масштабе, которое не поддается описанию моделями СМОЦ) стала всеобъемлющей (Gregory et al., 2000; Collins et al., 2001; Kiehl and Gent, 2004), значительно повысилось горизонтальное и вертикальное разрешение, особенно при моделировании атмосферных компонентов (Guilyardi et al., 2004), и усовершенствовалось использование наблюдений в инициализации прогнозов (Alves et al., 2004). Несмотря на этот прогресс, систематически отмечаются серьезные ошибки как в смоделированном среднем климате, так и в естественной изменчивости. Например, проблема так называемой "двойной ВЗК", отмеченная Mechoso et al. (1995), остается основным источником ошибок при моделировании годового цикла в тропиках. Это в конечном счете влияет на правильность воспроизведения температуры поверхности моря (ТПМ) и на точность прогнозов.

Проблема двойной ВЗК рассматривается как явная тенденция СМОЦ давать ошибочную полосу сильных осадков к югу от экватора в восточной части Тихого океана и в Атлантике. То, что эта проблема продолжает существовать в современных СМОЦ, свидетельствует о том, что при фундаментальном моделировании необходимо понять, как атмосферная конвекция и пограничный слой взаимодействуют с поверхностью океана.

При оценке СМОЦ ключевым критерием является сравнение

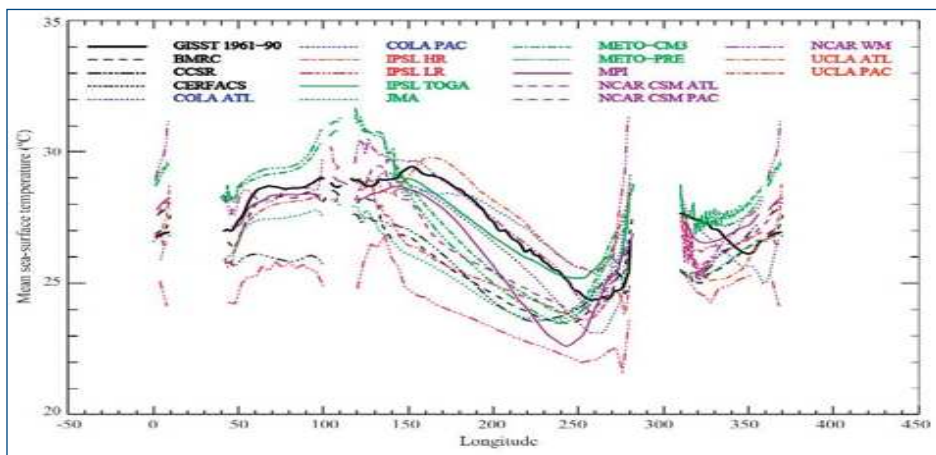


Рисунок 1 – Среднегодовая температура поверхности моря (2°с.ш.–2°ю.ш.) без поправки на поток

воспроизведенной ТПМ вдоль экватора с наблюдаемой. На рисунке 1 показаны примеры воспроизведения с помощью СМОЦ. Толстая черная линия обозначает наблюдения, а разноцветными линиями обозначены примеры воспроизведения с помощью СМОЦ. Результаты, показанные на рис.1, были скоординированы Рабочей группой ВПИК КЛИВАР по сезонно-межгодовому прогнозированию (РГСМП).

На большей части экваториальной зоны Тихого океана наблюдается общая тенденция слишком низких для моделей температур, хотя им удается воспроизвести контраст между теплой западной и холодной восточной частями Тихого океана. У восточного побережья Южной Америки почти все модели завышают температуру. В Атлантике моделям обычно не удается описать восточно-западный контраст ТПМ. Эта ошибка модели в Атлантике сильно затрудняет использование океанических наблюдений для выпуска прогнозов. Координация международных исследований призвана устранить эти проблемы. В экваториальной части Индийского океана восточно-западный контраст доста-

точно хорошо воспроизводится, однако могут наблюдаться значительные теплые и холодные отклонения.

Помимо обсужденной выше средней ТПМ, основной вопрос состоит в том, чтобы определить, насколько точно СМОЦ воспроизводят изменчивость ТПМ в сезонном и межгодовом масштабах.

В том же формате, как и на рис.1, изменчивость ТПМ, воспроизведенная с помощью нескольких СМОЦ, показана на рис.2. Здесь показаны стандартные месячные отклонения ТПМ. Это – изменчивость годового цикла. Кроме того, жирная черная линия обозначает данные наблюдений. Самая сильная изменчивость наблюдалась в Тихом океане к востоку от 150° в соответствии с ЭНСО, и в целом модели воспроизвели эту самую сильную изменчивость в Тихом океане. Однако большинство СМОЦ недооценивают изменчивость ТПМ в зоне ЭНСО в тропической части Тихого океана (AchutaRao and Sperber, 2002), не могут описать меридиональную протяженность аномалий в восточной части Тихого океана (не показано) и обычно дают аномалии, которые заходят слишком далеко в западную часть тропической зоны Тихого океана.



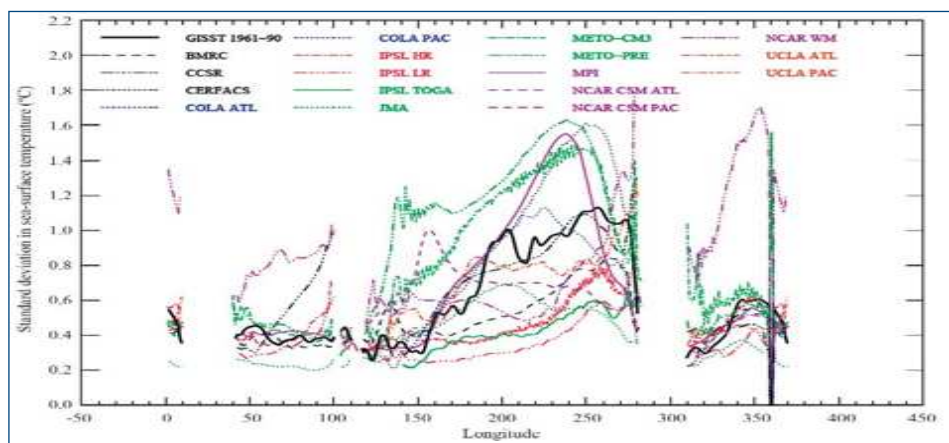


Рисунок 2 – Среднеквадратическое отклонение температуры поверхности моря (2°с.ш. – 2°ю.ш.) без поправки на поток

Эту ошибочную протяженность к западу можно четко видеть по относительно большим значениям воспроизведенного стандартного отклонения к западу от 150°. Изменчивость ЭНСО во временном масштабе, воспроизведенная большинством СМОЦ (но не всеми), происходит значительно быстрее, чем наблюдаемая (AchutaRao and Sperber, 2002). Это значит, что наблюдаемый период ЭНСО находится примерно между тремя и семью годами, тогда как смоделированные периоды ЭНСО – от двух до четырех лет.

Эта проблема ЭНСО помогает понять, что же ограничивает прогнозируемость и отрицательно влияет на успешность прогноза. Кроме того, модели обладают слишком маленькой низкочастотной изменчивостью (например, в большем временном масштабе, чем ЭНСО), что может дать серьезные результаты с точки зрения понимания изменений прогнозируемости, особенно при наличии сценариев изменения климата. В Атлантическом и Индийском океанах наблюдаемая изменчивость значительно меньше и модели в основном показывают более хорошие результаты. Несмотря на относительно малый радиус действия, последние исследования указывают на потенциал неиспользованной прог-

нозируемости как в Индийском, так и в Атлантическом океанах.

Современные исследования также представляются перспективными для решения некоторых из вышеуказанных проблем. Например, увеличение атмосферного разрешения по горизонтали (Guilyardi et al., 2004) и по вертикали (Saha et al., 2005) может уменьшить проблему ЭНСО, параметризованная физика океана оказывает значительное влияние на связанную изменчивость (Meehl et al., 2001), а непрерывные методические численные эксперименты с источниками ошибок моделей (Schneider, 2001) в конечном счете помогут выработать стратегии усовершенствования моделей.

В настоящее время деятельность, связанная с сезонными прогнозами, в большинстве случаев сосредоточена на проблеме ЭНСО и, как и в слу-

Важная задача, стоящая перед научным сообществом, состоит в том, чтобы определить степень прогнозируемости климата и затем делать прогнозы климата, которые будут полезны обществу.

чае с СМОЦ, здесь отмечается устойчивый прогресс. Как отмечено выше, последние исследования показали важность воспроизведения изменчивости в Индийском и Атлантическом океанах.

Период теплого – холодного ЭНСО (1997–1999 гг.) служит ярким примером того, насколько усовершенствовался прогноз с помощью СМОЦ, но также свидетельствует о наличии неизменных проблем в области моделирования. Например, по прогнозу почти всех моделей с заблаговременностью от одного до двух сезонов арктическая зима 1997/98 г. совпадет с теплым явлением ЭНСО, что и произошло, – это реальный успех. Однако ни одной модели не удалось предсказать раннее начало явления и его амплитуду, а многим прогностическим системам не удалось предсказать окончание теплого явления и развитие холодных аномалий, наблюдавшихся в течение всего 2001 года, – это неудача. Позднее многим моделям не удалось предсказать относительно холодные условия, наблюдавшиеся в течение трех лет подряд (1999–2001 гг.), и развитие теплых аномалий в центральной части Тихого океана в период арктического лета 2002 г.

Благодаря успехам и неудачам в прогнозировании явления ЭНСО в 1997–1999 гг. сообщество специалистов в области прогнозов на основе СМОЦ пришло к двум важным выводам, а именно:

- Прогнозы должны включать количественную информацию в отношении неопределенности (т.е. вероятностный прогноз), а верификация должна включать вероятностные критерии оправданности (Kirtman, 2003).
- Стратегия многомодельного ансамбля, возможно, является наи-

лучшим из современных подходов к адекватному разрешению неопределенности прогнозов (Palmer et al., 2004).

Прогнозы должны включать количественные критерии неопределенности, а сообщество, связанное с выпуском прогнозов в сезонно-межгодовом масштабе на основе СМОЦ, предоставлять прогностическую продукцию, пользующуюся высоким спросом.

На рисунке 3 показаны вероятностная верификация и потенциальные возможности многомодельного подхода. Представленные результаты суммируют эксперименты по ретроспективному прогнозированию в рамках проекта "Разработка европейской системы многомодельного ансамбля для прогнозирования в сезонно-межгодовом масштабе" (ДЕМЕТЕР). Переменная, нанесенная на ось "y", представляет собой упорядоченную вероятность оправдываемости (УВО). Более высокие значения УВО указывают на более высокую вероятность оправдываемости, а значения меньше нуля – на отсутствие оправдываемости. Ось "x" соответствует количеству элементов ансамбля.

Ансамблевое прогнозирование – как метод осуществления вероятностных прогнозов. Например, в случае одной модели делаются множественные прогнозы с использованием оценок наблюдаемого начального состояния, слегка отличающихся друг от друга. По мере развития прогнозов они дивергируют и распространяются, и это распространение используется для оценки неопределенности прогноза, вызванной неопределенностью начального условия.

Затем можно оценить оправдываемость прогноза, используя критерии вероятностной верификации

Период теплого – холодного ЭНСО (1997–1999 гг.) служит ярким примером того, насколько усовершенствовался прогноз с помощью СМОЦ, но также свидетельствует о наличии неизменных проблем в области моделирования.

(т.е. УВО). В отличие от этого многомодельный ансамблевый подход можно использовать для обнаружения неопределенности в начальном условии и неопределенности, связанной с формулировкой модели.

На рисунке 3 ясно видно, что даже при относительно большом размере ансамбля многомодельный ансамблевый подход превосходит любую единичную модель. Другой способ интерпретации результатов, показанных на рис.3, заключается в использовании разницы между моделями для получения более точных вероятностных оценок конкретного прогностического результата.

Важность такого многомодельного подхода нельзя переоценить. Однако этот подход порождает сложные практические и теоретические проб-

лемы для международных научных и оперативных сообществ, а именно:

- Какова оптимальная многомодельная стратегия?
- Какие модели следует использовать?
- Как следует оценивать модели?
- Каким образом осуществляется международная координация деятельности, связанной с прогнозами на основе СМОЦ?

Стратегия КОПЕ призвана помочь нам решить эти вопросы.

Кроме того, постоянно совершенствуется использование данных, особенно океанографических. Благодаря исследованиям в области инициализации прогнозов продолжает повышаться их оправдываемость (Alves et al., 2004). Более того, судя по последним данным, стратегии инициализации прогнозов, осуществляемые в рамках связанной системы, в отличие от моделей с индивидуальными компонентами, также могут привести к значительному повышению оправдываемости (Chen et al., 1995).

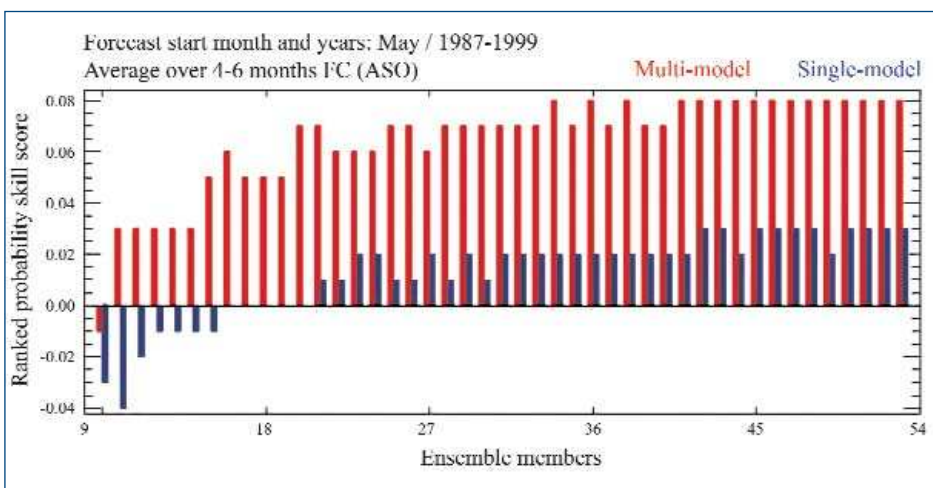


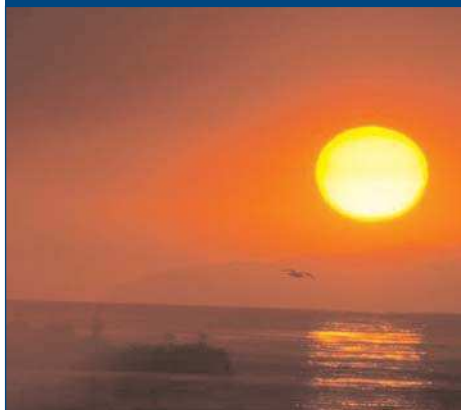
Рисунок 3 – Температура на уровне 2 м над поверхностью Земли: упорядоченная вероятность оправдываемости в тропиках

Однако основные вопросы, связанные с прогнозируемостью ТПМ в тропиках, остаются нерешенными. Например, не ясно, как возникают западные ветры и каким образом внутрисезонная изменчивость или атмосферный метеорологический шум ограничивает прогнозируемость (Thompson and Battisti, 2001; Kleeman et al., 2003; Flugel et al., 2004; Kirtman et al., 2004). Также отмечаются очевидные десятилетние изменения оправдываемости прогнозов (Balmaseda et al., 1995; Ji et al., 1996; Kirtman and Schopf, 1998), и источники этих изменений являются предметом споров. И, наконец, остается неясным, каким образом изменения усредненного климата в конечном счете влияют на сезонно-межгодовую прогнозируемость (Collins et al., 2002).

Литература

- ACHUTARAO, K. and K.R. SPERBER, 2002: Simulation of the El Niño Southern Oscillation: Results from the coupled model Intercomparison project. *Clim. Dyn.*, 19, 191–209.
- ALVES, O., M.A. BALMASEDA, D. ANDERSON and T. STOCKDALE, 2004: sensitivity of dynamical seasonal forecast to ocean initial conditions. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 130, 647–667.
- BALMASEDA, M.A., M.K. DAVEY and D.L.T. ANDERSON, 1995: Decadal and seasonal dependence of ENSO prediction skill. *J. Climate*, 8, 2 705–2 715.
- CHEN, D., S.E. ZEBIAK, A.J. BUSALACCHI and M.A. CANE, 1995: An improved procedure for El Niño forecasting. *Science*, 269, 1 699–1 702.
- COLLINS, M., S.F.B. TETT and C. COOPER, 2001: The internal climate variability of HadCM3, a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Clim. Dyn.* 17, 61–81.
- COLLINS, M., D. FRAME, B. SINHA and C. WILSON (2002): How far ahead could we predict El Niño?, *Geophys. Res. Lett.*, 29(10), 1492, doi: 10.1029/2001 GL013919.
- DAVEY, M.K. and co-authors, 2001: STOIC: A study of coupled GCM climatology and variability in tropical ocean regions. *Clim. Dyn.*, 18, 403–420.
- FLUGEL, M., P. CHANG and C. PENLAND, 2004: The role of stochastic forcing in modulating ENSO predictability. *J. Climate* (in press).
- GREGORY D., J. MORCRETTE, C. JAKOB A. BELJAARS and T. STOCKDALE, 2000: Revision of convection, radiation and cloud schemes in the ECMWF Integrated Forecasting System. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 126, 1 685–1 710.
- GUILYARDI, E. and co-authors, 2004: Representing El Niño in coupled ocean-atmosphere GCMs: the dominant role of the atmosphere component. *J. Climate* (2005 in press).
- Ji, M., A. LEETMAA and V.E. KOUSKY, 1996: Coupled model predictions of ENSO during the 1980s and the 1990s at the National Centers for Environmental Prediction. *J. Climate*, 9, 3 105–3 120.
- KIEHL, J.T. and P.R. GENT, 2004: The Community Climate System Model, Version 2. *J. of Climate*, 17, 3 666–3 682.
- KIRTMAN, B.P., K. PEGION and S. KINTER, 2004: Internal atmospheric dynamics and climate variability. *J. Atmos. Sci.*, 62, 2 220–2 233.
- KIRTMAN B.P., 2003: The COLA anomaly coupled model: Ensemble ENSO prediction. *Mon. Wea. Rev.*, 131, 2 324–2 341.
- KIRTMAN, B.P. and P.S. SCHOPF, 1998: Decadal variability in ENSO predictability and prediction. *J. Climate*, 11, 2 804–2 822.
- KLEEMAN, R., Y. TANG and A.M. MORE, 2003: The calculation of climatically relevant singular vectors in the presence of weather noise as applied to the ENSO problem. *J. Atmos. Sci.*, 60, 2 856–2 868.
- LATIF, M. and co-authors, 2001: ENSIP: The El Niño simulation intercomparison project. *Clim. Dyn.*, 18, 255–276.
- MECHOSO, C.R. and co-authors, 1995: The seasonal cycle over the tropical Pacific in general circulation model. *Mon. Wea. Rev.*, 123, 2825–2838.
- MEEHL, G.A., P.R. GENT, J.M. ARBLASTER, B.L. OTTO-BLIESNER, E.C. BRADY and A. CRAIG, 2001: Factors that affect the amplitude of El Niño in global coupled climate models. *Clim. Dyn.*, 17, 515–526.
- PALMER, T.N. and co-authors, 2004: Development of a European multi-model ensemble system for seasonal to interannual prediction (DEMETER). *Bul. Amer. Met. Soc.*, 85, 853–872.
- SCHNEIDER, E.K., 2001: Causes of differences between the equatorial Pacific as simulated by two coupled GCMs. *J. Climate*, 15, 2301–2320.
- THOMPSON, C.J. and D.S. BATTISTI, 2001: A Linear Stochastic Dynamical Model of ENSO. Part II: Analysis. *J. Climate*, 14, 445–466.

Модели взаимодействия: краткосрочные изменения



Мишель Деку, Метеорологическая
служба Франции/CNRM/AMЭКС

Предисловие

После того как компьютеры позволили решать уравнения динамики жидкости с достаточной степенью точности, модели атмосферы и океана стали развиваться независимо друг от друга. Модели атмосферы использовались для исследования прогнозируемости (включая долгосрочную прогнозируемость), а модели океана направлены в большей мере на теоретические исследования.

В конце 80-х годов прошлого века потребность в моделях взаимодействия атмосфера–океан в основном была вызвана актуальной проблемой антропогенного изменения климата. Ни модель океана, включающая простое атмосферное воздействие, ни всесторонняя модель атмосферы, включающая воздействие океана, не смогли должным образом решить поставленные задачи. Спустя почти 10 лет разработанные методы взаимодействия позволили использо-

вать те же средства в сезонном прогнозировании.

Одна из причин такого запаздывания состоит в том, что связанные сезонные прогнозы требуют хорошего знания начального состояния океана. До эпохи спутников такая информация отсутствовала, в отличие от информации об атмосфере. В этой статье будет рассказано, как и почему выпускаются оперативные сезонные прогнозы, при этом особое внимание будет уделено роли взаимодействия с океаном.

Что представляет собой сезонный прогноз?

В конце XIX века, на заре развития метеорологии, слово "прогноз" имело нечеткое значение. Люди знали, что метеорологические прогнозы были недостаточно точными, чтобы называться "предсказанием". Синоптик выдвигал рациональную гипотезу, не говоря правды о будущем (по крайней мере, разумный синоптик). С развитием метеорологии в общественном сознании слова "прогноз" и "предсказание" приобрели одно значение.

Люди признают, что прогнозы погоды не оправдываются, но не слишком часто (например, один случай из десяти). При большей заблаговременности (неделя) степень погрешностей возрастает. По мере приближения целевой даты можно скорректировать прогноз, поэтому обычный пользователь может адаптироваться (отменить пикник, отложить поездку и т.д.). Общеизвестно, что в начале мая 2003 г. нам не удалось предсказать жаркую декаду в августе во Франции с точностью до одного дня. Однако люди наде-

ются, что благодаря сезонному прогнозу они могут узнать, что данное лето будет теплее предыдущих.

Однако природа менее детерминистична или наше представление о ней на основе законов физики неверно. Со времен Пуанкаре (1881 г.) ученые стали отмечать наличие предела детерминистического прогноза атмосферных явлений. Это обусловлено типом уравнений, описывающих атмосферу. Попытки решить эти уравнения с помощью компьютера во второй половине XX века показали, что этот предел составляет от 10 до 20 дней.

Что можно сделать? Мы вступаем в область вероятностного подхода. Для атмосферы существуют несколько возможностей, и эти возможности не в равной мере вероятны. Ученые называют сезонное прогнозирование "расчетом различных вероятностей". Но природа выберет одну из этих возможностей и не обязательно наиболее вероятную, и ни одна модель не может предсказать (с заблаговременностью более нескольких недель), какая возможность будет выбрана. Именно поэтому даже сезонную среднюю нельзя предсказать, используя детерминистический способ.

В научной литературе часто встречается детерминистическая оправдываемость сезонных прогнозов (перечень ссылок был бы слишком длинным), но это лишь первый шаг к тому, чтобы убедиться, что прогностическая модель не только дает шум. Это не является оценкой практической успешности. На некоторых Web-сайтах показаны карты сезонных средних на предстоящий сезон – это легкий для понимания способ отображения вероятностного распределения. Это не конечный продукт, из которого пользователь может извлечь выгоду.

На рисунке 1 показана эмпирическая функция вероятностного распределения (ФВР) для суточной температуры в зимний период в Тулузе (Франция). Показаны два экстремальных зимних сезона за последние 50 лет: 1962/63 г. (зе-

**Эффект бабочки легко
показать с
помощью
численных
моделей и
невозможно
доказать наблюдениями.**



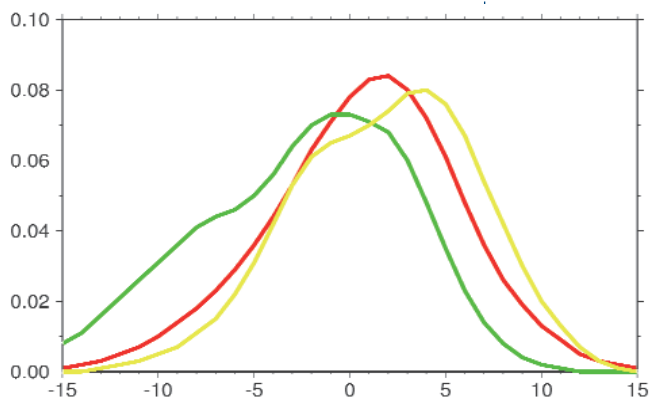


Рисунок 1 – Функция плотности распределения вероятности суточной зимней температуры на уровне 2 м в Тулузе для климатологических данных (красная линия), холодной зимы 1962/63 г. (зеленая линия) и теплой зимы 2000/01 г. (желтая линия)

лени кривая) и 2000/01 г. (желтая кривая). При точном сезонном прогнозе функции вероятностного распределения хорошо согласуются друг с другом. Пока это не достигнуто, и первоочередная задача заключается в том, чтобы превзойти климатологический прогноз (красная кривая), соответствующий ФБР 50 зимних сезонов.

Использование вероятностей можно рассматривать как средство, помогающее избежать критики со стороны населения в случае ошибки. Для краткосрочного метеорологического прогнозирования также используются вероятности, однако функция плотности распределения вероятностей является острой. Роль синоптика состоит в преобразовании вероятностной информации (используя несколько выходных параметров модели и свои знания прошедших аналогичных ситуаций) в детерминистическую. При этом временами он будет терпеть неудачу, тем не менее это делать необходимо. Если синоптик, составляющий краткосрочные прогнозы, просто передаст вероятностную информацию, пользователь вынужден будет сам принимать решение. Таким образом, против своего желания он будет нести ответственность за неудачу. В случае с сезонным прогнозированием уровень прогнозируемости значительно ниже, и даже от опытного синоптика можно немногого ожидать. Поэтому число пользователей, действительно интересующихся сезонным прогнозированием, мало.

Зачем выпускать сезонные прогнозы?

Большинство метеорологических служб, включая Метео Франс, дают сезонные прогнозы, а некоторые передают их по радио и телевидению. Основной причиной этого является низкая маргинальная стоимость выпуска оперативных численных прогнозов погоды: в разных регионах отсутствует потребность в плотной сети станций наблюдений, новом компьютере и синоптиках.

Значительно легче и выгоднее адаптировать численную модель к более длинным срокам и использовать часть вычислительной мощности для прогнозов с большей заблаговременностью, чем "с нуля" создавать систему: наблюдение – ассимиляция – прогноз. Модели краткосрочного прогноза должны передавать выходные параметры как можно быстрее, но не обязательно каждый час: за счет этого у компьютера остается некоторое свободное время для сезонных прогнозов, которые не будут передаваться в течение ближайших нескольких часов.

Численные модели, используемые для сезонного прогнозирования, основаны на версиях моделей краткосрочных и долгосрочных прогнозов. Они могут быть идентичными, как в Европейском центре среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП). Метеорологическая служба проводит исследования с целью усовершенствования конкретных аспектов модели, которые не требуются при

краткосрочном прогнозировании, и пытается убедить потенциальных покупателей использовать продукцию, надежность которой значительно ниже 100%.

В случае с метеорологическими центрами, которые не проводят анализ океанографических данных, всегда существует возможность использования продукции, созданной за их пределами, поскольку ассимиляцию океанографических данных можно выполнить независимо от модели атмосферы. В Метео Франс анализ океанографических данных проводится консорциумом MERCATOR.

Сезонные прогнозы выполнимы, по крайней мере, в тех метеорологических центрах, которые уже занимаются численным прогнозом.

Основная аналогия в физике

Поскольку атмосфера подчиняется законам, погода предсказуема, и ближайший сезон также должен быть предсказуем. Подброшенная монета также подчиняется законам, т.е. если она изготовлена из однородного материала, вероятность ее падения на лицевую или обратную сторону составляет 50%. Если одна сторона покрыта плотным материалом, можно использовать два подхода. Первый состоит в том, чтобы повторять опыт сотни раз и считать число падений на лицевую сторону. Вторым является использование численной модели, основанной на законах механики, в частности на принципе Архимеда.

Сезонное прогнозирование действует по второму примеру. Прогноз 50%-ного падения на лицевую сторону соответствует климатологическому прогнозу. Климатологический прогноз не просто сообщает, что зимняя температура в Тулузе составляет 5°C, но и дает функцию вероятностного распределения (красная кривая на рис.1). Для некоторых пользователей эта информация может быть весьма полезна.

Повторение экспериментов с монетой в первом примере соответствует статистическому прогнозу. Много лет назад это было единственное решение, поскольку не было компьютеров или они были недостаточно мощными. Южное колебание было открыто синоптиками, исследующими Индийский муссон. Народные приметы, связанные с погодой, появились благодаря основному статистическому подходу, который использовали наши предки. В масштабе сезона они основывались на нескольких десятках случаев и в большей степени отражали экстремальные явления, которые лучше запоминались: этим объясняется их несостоятельность. В настоящее время мы имеем значительно больше данных, объективные методы и персональные компьютеры, которые позволяют получить результат за несколько секунд. Однако этот подход имеет ограничение.

Подбрасывание монеты может повторяться столько раз, сколько необходимо для получения статистически значимого результата. В статистическом сезонном прогнозировании мы имеем около 50 лет, что означает 50 случаев. Учитывая сложность атмосферы, сколько лет нам надо – 50, 500 или 5000? Во второй половине XX века наблюдалось два значительных явления Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНКО): одно – зимой 1982/83 г., а второе – зимой 1997/98 г. Если рассматривать зимнюю температуру на территории Франции, то первая зима была нормальной, а вторая – теплой. Этот пример показывает, насколько трудно обнаружить в недавнем прошлом достаточное количество аналогичных ситуаций для расчета статистики стабильных условий.

Следуя аналогии подбрасывания монеты, использование численной модели движения неоднородной монеты подобно тому, что мы делаем при численном сезонном прогнозировании. Мы вынуждены пользоваться вероятностным подходом, т.е. создавать ансамбль воспроизведений. Нет смысла рассчитывать одну траекторию как для

монеты, так и для атмосферы. Нельзя сделать аналитический расчет вероятности для монеты.

Что касается атмосферы, аналитический подход еще менее пригоден. В обоих случаях необходимо использовать детерминистическую модель и выполнять много опытов по моделированию, изменяя начальные условия. В Метео Франс используется модель ARPEGE (Déqué et al., 1994). После того как мы выбрали уравнения для описания явления и численную модель для их решения с помощью аппроксимаций, нам необходим третий компонент – воздействие. В случае игнорирования воздействия вероятность для одной из сторон монеты и климатологического распределения для параметров атмосферы составит 50%. В случае с монетой рассчитать воздействие просто: нам необходимо знать плотность и толщину двух материалов. В случае с атмосферой необходимо знать, например, каким образом холодная зима 1962/63 г. и теплая зима 2000/01 г. (рис.1) отличаются от других зимних сезонов.

Источники прогнозируемости

Эффект бабочки приобрел известность в 60-е годы прошлого века благодаря Лоренцу, который продемонстрировал его с помощью известной модели с тремя переменными (Lorenz, 1963). Он включает быструю (за несколько десятков дней) дивергенцию двух траекторий, первоначально находившихся очень близко друг к другу (отличающихся друг от друга лишь хлопком крыльев бабочки). Этот эффект показывает, что недостаточное знание текущих условий (из-за редкой сети станций, погрешностей наблюдений) не позволяет давать какую-либо информацию о предстоящем сезоне. Эффект бабочки легко показать на численных моделях, но невозможно доказать путем наблюдений (необходимы тысячи лет, чтобы найти две атмосферные ситуации, которые являются квазиидентичными для всего земного шара и всех измеряемых параметров).

Народные приметы, связанные с погодой, появились благодаря основному статистическому подходу, который использовали наши предки. В масштабе сезона они основывались на нескольких десятках случаев и в большей степени отражали экстремальные явления, которые лучше запоминались, этим объясняется их несостоятельность.

тичными для всего земного шара и всех измеряемых параметров).

При сезонном прогнозировании два входных параметра модели – начальные и пограничные условия – год от года меняются. Если модель атмосферы не связана с моделью океана, температура поверхности моря (ТПМ) и протяженность морского льда являются ключевыми пограничными условиями для сезонного прогнозирования. Другие пограничные условия играют менее важную роль (вулканические аэрозоли, антропогенные парниковые газы, солнечная постоянная) в силу их слабого (для короткого временного масштаба) воздействия на атмосферу.

Потенциальными предикторами начальных условий являются состояние атмосферы, почвенная влага и снежный покров. Несмотря на эффект бабочки, начальное состояние атмосферы играет некоторую роль на средних широтах посредством медленно развивающихся дальних корреляционных связей (например, Североатлантическое колебание): оправдываемость сезонных прогнозов с неверным начальным состоянием атмосферы ниже, чем с точным.

Упрощенные численные эксперименты с экстремальным воздействием показали потенциал прогнозируемости начальных условий



**В масштабе
одного
сезона
эффект
бабочки в
океане не**



**является доминирующим, и
эволюцию тропической ТПМ
можно считать
детерминистической.**

почвенной влаги или снежного покрова. Однако основным параметром в современных моделях является аномалия ТПМ в тропической зоне океанов. За счет нагревания или охлаждения атмосферного столба и возбуждения волн Россби, распространяющихся в направлении средних широт, эта аномалия приводит к межгодовым различиям в общей циркуляции. Эти различия имеют статистический характер: из-за эффекта бабочки данный сезон может вести себя не так, как предполагается исходя из статистических данных.

Поскольку ТПМ является основным воздействующим фактором, необходим ее прогноз. Но эта ТПМ зависит от атмосферных потоков, поэтому проблема, которую необходимо решить, является комплексной. В случае с моделями взаимодействия океан – атмосфера основное воздействие является не пограничным, а начальным условием океана. В масштабе одного сезона эффект бабочки в океане не является доминирующим, и эволюцию тропической ТПМ можно считать детерминистической.

Как прогнозировать океан?

Хороший прогноз ТПМ – ключ к сезонному прогнозу. Однако этого условия недостаточно. В Европейском проекте PROVOST (Doblas-Reyes et al., 2000) на модели атмосферы оказывала влияние наблюдаемая среднемесячная ТПМ. Оправдываемость была обнадеживающей, но скромной. Несмотря на воздействие, атмосфера обладает достаточной свободой, чтобы созда-

вать сезоны по своему усмотрению. Монета, лицевая сторона которой покрыта свинцом, а обратная – алюминием, не всегда будет падать обратной стороной вверх.

С 1999 г. в Метео Франс используется несопряженная модель атмосферы. ТПМ прогнозируется по статистической схеме, основанной на принципе постоянства. Эта система используется в метеорологических службах Канады, Марокко, Великобритании и др. Альтернативная система представляет собой сопряженную (или взаимодействующую) систему океана и атмосферы (которая много лет функционирует в ЕЦСПП и национальных центрах по прогнозированию окружающей среды). Европейский проект DEMETER (Palmer et al., 2004) позволил организовать международный многолетний эксперимент по повторному прогнозированию с использованием сопряженных моделей. Большое число случаев (44 по каждому сезону) позволяет дать надежную оценку оправдываемости прогнозов даже для локального масштаба.

На рисунке 2 показаны корреляции зимних температур (на основе ряда 44 сезонных средних) на территории Европы по модели Метео Франс. Первые три рисунка (a, b, c) соответствуют прогнозам по несопряженным моделям, а четвертый – прогнозам по сопряженным моделям проекта DEMETER. Изображение на рис. 2 (a) в действительности не является прогнозом из-за использования наблюдаемой ТПМ, как в проекте PROVOST. На рисунке 2 (b) ТПМ действительно прогнозируется с использованием такой же статистической схемы, как и в оперативном комплексе Метео Франс. На рисунке 2 (c) ТПМ взята из проекта DEMETER: хотя ТПМ та же (в среднемесячных значениях), что и на рис. 2 (d), сопряжение дает более высокую оправдываемость. Это показывает, что взаимодействие между океаном и атмосферой имеет значение, и также объясняет важность рассмотрения прогнозов на основе сопряжения. В зимний период прогнозы на основе сопряженных моделей являются наи-

лучшими. Летом оправдываемость слабая или отрицательная (не показано), за исключением случаев с наблюдаемой ТПМ. Отличие летнего сезона от зимнего является характеристикой модели Метео Франс. При использовании модели ЕЦСПП оправдываемость выше летом, чем зимой. Превосходство сопряженного подхода над несопряженным также показывают прогнозы тропических осадков (Guérémy et al., 2005) и модель Метеорологической службы Великобритании. По этой причине ЕЦСПП, Метеорологическая служба Великобритании и Метео Франс приняли решение продолжать деятельность по проекту DEMETER в реальном времени с целью выпуска оперативных много-модельных прогнозов.

Многочисленные примеры оправдываемости можно найти на Web-сайте DEMETER: <http://www.ecmwf.int/research/demeter/d/charts/verification>. На этом этапе мы еще не дали оценку вероятностным прогнозам, однако можно сказать, что в некоторых регионах или в отдельные сезоны детерминистические прогнозы зависят от данных, которые необходимо прогнозировать. Сезонные прогнозы являются надежными.

Статистическая адаптация

Неужели нам все еще необходимы прогнозы на основе несопряженных моделей? Во-первых, это совсем другой подход и, следовательно, он может дополнять сопряженный подход. Как показал проект DEMETER, использование нескольких моделей лучше, чем использование одной, хотя и наилучшей, модели. Во-вторых, конечный результат сезонного прогноза – это не просто продукт модели. Прогнозы можно адаптировать к меньшему масштабу по сравнению с масштабом модели (300 км для модели Метео Франс).

Некоторые отклонения можно скорректировать посредством статистики выходной продукции модели. Это точно такой же подход, как и при краткосрочном прогнозировании. Разница состоит в том, что ограничение до последних 10 лет не

Рисунок 2 – Корреляция температуры на уровне 850 гПа для 44 зимних сезонов (DJF), полученная на основе модели ARPEGE и ТПМ: (a) наблюдаемая; (b) вычисленная статистическим методом; (c) рассчитанная с помощью модели DEMETER; (d) это изображение соответствует прогнозам с использованием сопряженной модели (DEMETER); контуры ± 0.1 , ± 0.2 и ± 0.3 .

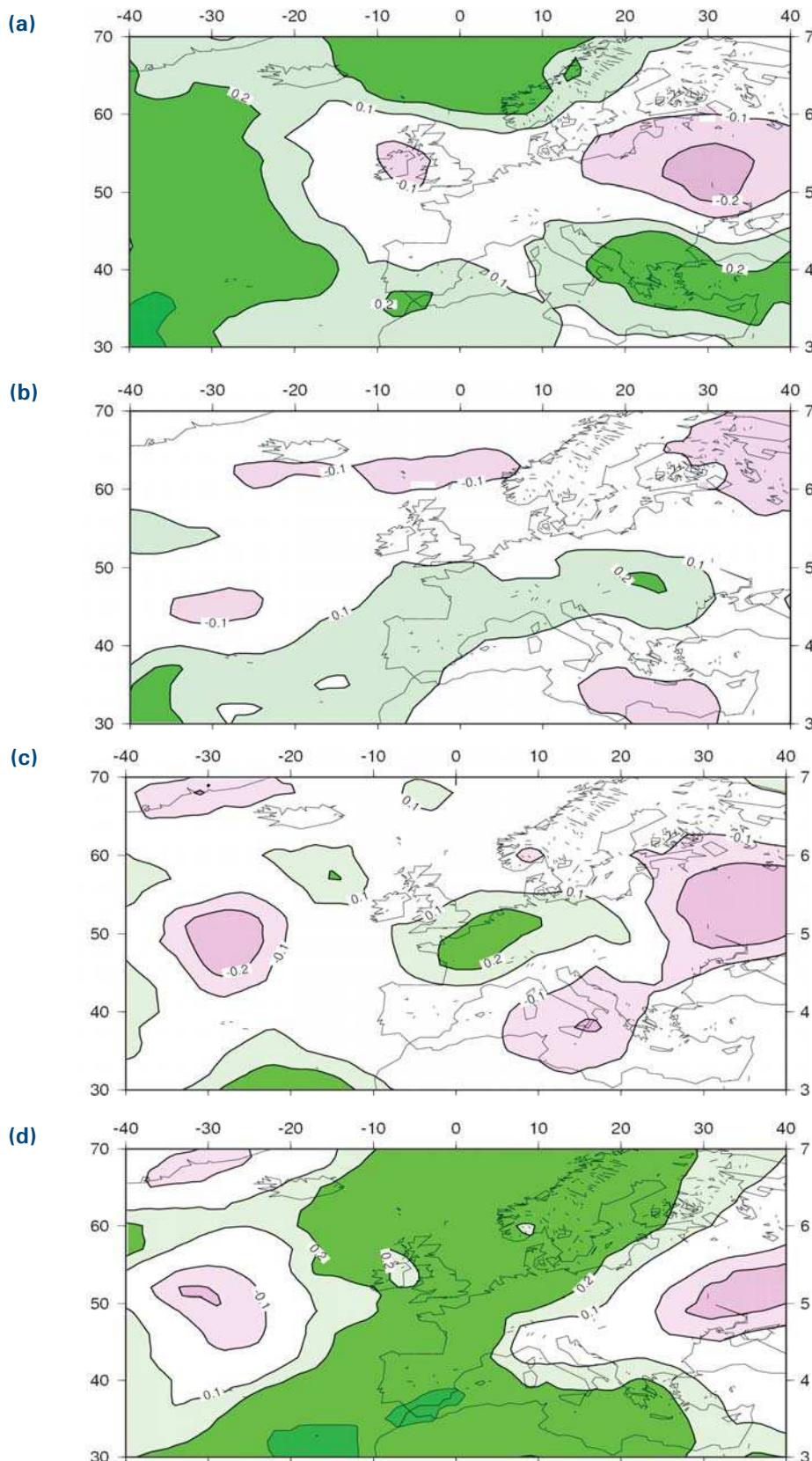
дает тот размер выборок, который обеспечивал бы хорошее соответствие. С другой стороны, для получения максимальной пользы от сопряженной модели необходим высококачественный анализ океана, и не один. Такого рода данные имеются только с конца 80-х годов прошлого века.

Для выпуска вероятностных прогнозов также необходима вторичная обработка статистических данных. В самом деле, модель дает детерминистические прогнозы, и представление ансамбля прогнозов как репрезентации функции вероятностного распределения основано на неверном допущении, что модель является совершенной. Методы, основанные на аналогиях (Clark and Déqué, 2003), дают объективные вероятностные прогнозы. Другими методами являются многомодельный подход и физическая модель, использующая случайные величины.

Как пользоваться сезонными прогнозами?

Чтобы прогноз стал полезным, недостаточно того, что корреляция не равна нулю. Подход к оценке прогноза основан на ожидании выгоды от использования модели затраты/потери. Эта очень простая экономическая модель описана Палмером в 2000 г. Ее использовали в Метео Франс для прогноза тропических осадков (Déqué, 2001). Этот метод применим к прогнозам двоичных предиктантов, для которых выпускается вероятностный прогноз.

На рисунке 3 показано соотношение зимних температур ниже и выше нормы. Если результатом решения, принятого на основе прогноза, будут затраты C и потери L , то ожи-



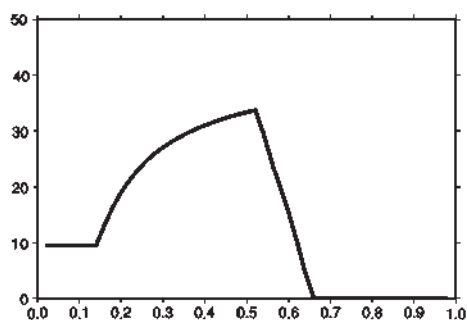


Рисунок 3 – Экономическая величина (%) для сезонного прогноза зимней температуры в Тулузе как функция соотношения затраты/потери для сезонного прогноза температур выше и ниже средней

даемую прибыль по сравнению с главной концепцией, основанной на климатологическом прогнозе, можно рассчитать как функцию C , L , и матрицы 2×2 вероятности события (спрогнозированного в сравнении с наблюдаемым). Этот результат будет зависеть только от соотношения C/L , если его масштабировать по ожидаемой прибыли, используя наилучший прогноз. Эта относительная прибыль называется "экономической величиной".

На рисунке 3 показано, что эта величина максимальна, если C/L близко к 0,5. На самом деле вероятность события составляет 0,46 (зимняя температура в Тулузе ниже сезонной средней). Когда C/L превышает 0,65, климатологический прогноз лучше прогноза DEMETER. Однако между 0,56 и 0,55 прибыль составляет около 30% от получаемой при совершенном прогнозе.

Таким образом, сезонные прогнозы полезны, по крайней мере, для некоторых пользователей.

Заключение

Являются ли сезонные прогнозы осуществимыми, надежными и полезными? Как показано в предыдущих разделах, ответ на этот вопрос положительный. При наличии современного поколения численных моделей и имеющихся вычислительных ресурсов можно ежемесячно выпускать 10 прогнозов на

предстоящие 6 месяцев, на что потребуется всего 2 дня.

Как показали международные эксперименты по повторному прогнозированию, даже низкой оправданности нельзя добиться за счет сугубо случайного процесса. Простые экономические подходы (и их использование в некоторых случаях специалистами, не связанными с метеорологией) показали, что эти прогнозы могут быть полезными при условии четко поставленной задачи: знание затрат и выгоды от успешного выполнения, ошибок, возможности оценки за большой период в прошлом, вероятностного подхода при принятии решений с учетом многих факторов. Однако следует помнить, что хорошо поставленная задача не обязательно означает, что ее решение должно быть удовлетворительным.

Последние научные исследования показали, что сезонные прогнозы не являются – и долго не будут являться – такими же по характеру, как и краткосрочные прогнозы. Никто не может предугадать будущее таких прогнозов даже с относительной погрешностью. Однако сезонные прогнозы помогают принять решение, последствия которого будут зависеть от погоды в ближайшие несколько месяцев. Благодаря прогрессу в области моделирования и усвоения данных об атмосфере и океане сезонные прогнозы станут более надежными и полезными, но пока еще не абсолютно точными.

Литература

- CLARK, R.T. and M. DÉQUÉ, 2003: Conditional probability seasonal predictions of precipitation. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 129, 1–15.
- DÉQUÉ, M., C. DREVETON, A. BRAUN and D. CARIOLLE, 1994: The ARPEGE-IFS atmosphere model: a contribution to the French community climate modelling. *Clim. Dyn.*, 10, 249–266.
- DÉQUÉ, M., 2001: Seasonal predictability of tropical rainfall: proba-

bilistic formulation and validation. *Tellus*, 53A, 500–512.

DOBLAS-REYES, F.J., M. DÉQUÉ and J.P. PIEDELIEVRE, 2000: Model and multi-model spread in the PROVOST seasonal forecasts: application to probabilistic forecasts. *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, 126, 2069–2088.

GUÉRÉMY, J.F., M. DÉQUÉ, A. BRAUN and J.P. PIEDELIEVRE, 2005: Actual and potential skill of seasonal predictions using the CNRM contribution to DEMETER: coupled versus uncoupled model. *Tellus*, 57A, 308–319.

LORENZ, E.N., 1963: Deterministic non-periodic flow. *J. Atmos. Sci.*, 20, 130–141.

PALMER, T.N., C. BRANKOVIC and D.S. RICHARDSON, 2000: A probability and decision-model analysis of PROVOST seasonal multi-model ensemble integrations. *Q. J. Roy. Meteor. Soc.*, 126, 2013–2033.

PALMER, T.N., A. ALESSANDRI, U. ANDERSEN, P. CANTELAUBE, M. DAVEY, P. DÉLÉCLUSE, M. DÉQUÉ, E. DÍEZ, F.J. DOBLAS-REYES, H. FEDDERSEN, R. GRAHAM, S. GUALDI, J.-F. GUÉRÉMY, R. HAGEDORN, M. HOSHEN, N. KEENLYSIDE, M. LATIF, A. LAZAR, E. MAISONNAVE, V. MARLETTO, A.P. MORSE, B. ORFILA, P. ROGEL, J.-M. TERRES and M.C. THOMSON, 2004: Development of a European multi-model ensemble system for seasonal to inter-annual prediction (DEMETER). *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 85, 853–872.

POINCARÉ, H., 1881: Mémoire sur les courbes définies par une équation différentielle. *J. de Math.*, 7, 375–442.

Оперативный прогноз полярного льда



-Американская станция Гонулулу в арктическом паковом льду
(Фото: Лаборатория арктических подводных исследований)

Памела Поси и Рут Х. Преллер
(Отдел океанографии Лаборатории
военно-морских исследований США)
и Магда Хана (Национальный
ледовый центр США)

Предисловие

Работу в Арктике осложняют самые суровые условия в мире. Свободно дрейфующие айсберги, меняющиеся границы пакового льда, круглосуточная темнота, отрицательные температуры, обледенение судового оборудования и надпалубных сооружений, а также нехватка надежного материально-технического обеспечения – все это делает работу судов, самолетов и подводных лодок чрезвычайно опасной. Учитывая эти суровые рабочие условия, чрезвычайно важно иметь информацию в реальном времени и точные прогнозы, которые позволили бы успешно выполнить намеченное и предотвратить повреждение оборудования.

Несмотря на сложности работы в таких условиях, многочисленные суда регулярно пересекают Арктику, и транспортная нагрузка в ближайшем будущем, по-видимому, возрастет в связи с уменьшением ледового покрова. В Арктике ведут работу Канада, Дания, Российская Федерация, США и другие граничащие с ней страны.

За последние несколько десятилетий ученые провели обширные исследования Арктики, а недавно интересы, связанные с добычей нефти и газа, дали толчок к активизации освоения этого региона. Недавно группа, включающая свыше 300 ученых, подтвердила факт беспрецедентных изменений, происходящих на севере Полярного круга. В публикации "Оценка воздействия на климат Арктики" (ACIA, ноябрь 2004 г.) описаны эти изменения, включая отступление к северу кромки льда в конце летнего сезона со скоростью 3% за 10 лет (рис.1).

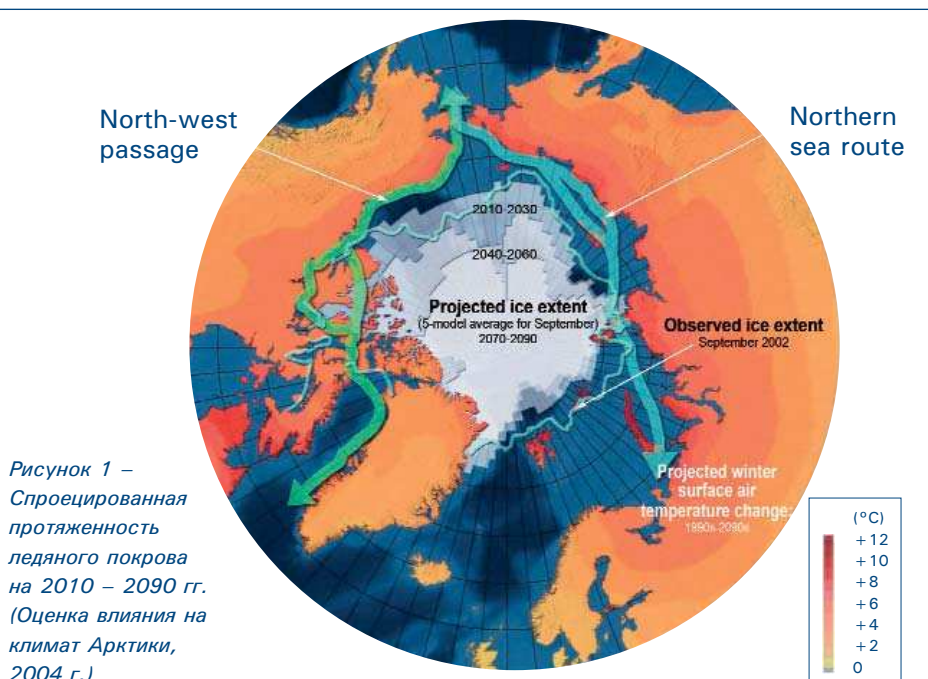
По мере того как Арктика становится все более доступной с уменьше-

Лед и снег, покрывающие площадь Северного Ледовитого океана, меняются в десятилетнем, межгодовом, сезонном и даже краткосрочном масштабе, таком как от нескольких дней до нескольких недель.

нием протяженности ледяного покрова, одновременно обнаруживаются большие запасы нефти и газа, увеличивая стратегическую и экономическую ценность этого региона. Сочетание коммерческих и научных интересов придает важность знанию текущих условий в Арктике для поддержки работы.

Арктические условия и эксплуатационные требования

Арктические условия очень изменчивы, и поэтому их трудно предсказать. Лед и снег, покрывающие площадь Северного Ледовитого океана, меняются в десятилетнем, межгодовом, сезонном и даже краткосрочном



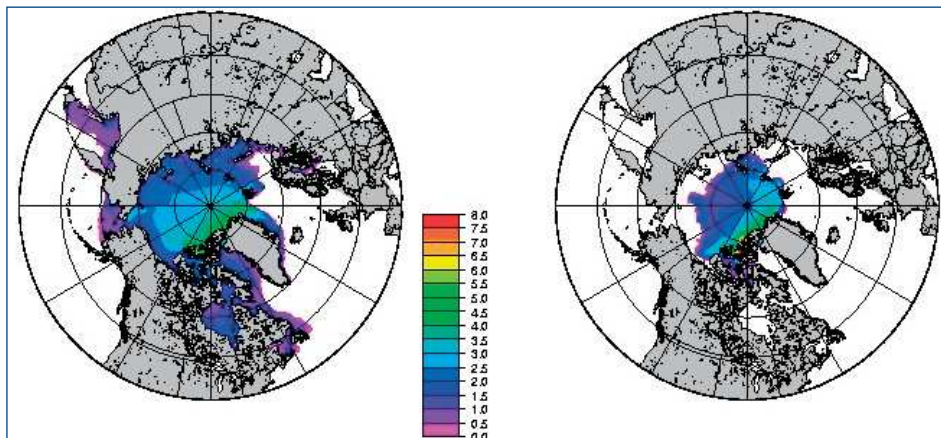


Рисунок 2 – Прогноз типичной толщины льда (в метрах) зимой (слева) и летом (справа) с помощью системы прогноза полярного льда (PIPS 2.0)

масштабе, таком как от нескольких дней до нескольких недель. Такая изменчивость ледяного покрова обусловлена сочетанием динамических и термодинамических эффектов. Поверхностное напряжение сверху и снизу ледяного покрова вызывает движение морского льда, а также его деформацию, создавая гребни и области открытой воды. В масштабе бассейна изменчивость Арктики рассматривается как утончение льда в некоторых районах при одновременном его утолщении – в других. Эта изменчивость часто представляется эффектом "вижу – видел", когда в одной части Арктического бассейна отмечается год "умеренного" льда, а в другой части – увеличение протяженности и толщины ледяного покрова (Preller et al., 2002). Однако за последние 20 лет уменьшение протяженности ледяного покрова наблюдалось по всей периферии Северного Ледовитого океана (ACIA, 2004).

Самый тонкий морской лед и наибольшая площадь открытой воды в Арктике наблюдались с июня по сентябрь. Толщина льда начинает расти осенью и достигает максимальной величины в конце зимы и начале весны, в марте – апреле (рис.2). Летом многие окраинные моря, такие как Баренцево и Гренландское, почти

полностью очищаются от льда. Другие окраинные моря, например Берингово и Охотское, полностью освобождаются от льда летом.

Для перспективной работы в Арктике большое внимание необходимо уделить параметрам, подверженным большой изменчивости, таким как протяженность ледяного покрова, толщина и движение в небольших заданных областях. Для подводной лодки или надводного судна очень важно знать положение дивергентных движений, создающих участки открытой воды, и областей сильных конвергентных движений. Для прохождения Арктики необходимо также знать об образовании ледовых торосов, расположении мелких и крупных трещин льда и открытых пространствах воды (которые называются разводьем и полыней). По этой причине инструментальные средства прогнозирования, наблюдения и картирование льда должны также приводиться в соответствие со специфическими эксплуатационными требованиями либо модифицироваться с учетом этих требований.

Возможности арктических наблюдений и прогнозирования

Средства получения оперативных данных о ледовой обстановке огра-

ничены. Чтобы получить точный прогноз текущей обстановки или моментальный снимок Арктики, необходима комбинация наблюдений *in situ* и спутниковых изображений. Международная программа по арктическим буям в качестве коллективной деятельности Группы экспертов по сотрудничеству в области буев для сбора данных (ГСБД) является краеугольным камнем этой деятельности с 1979 г. За это время системой буев собраны и переданы данные о температуре воздуха, давлении и положении в Арктике (<http://iabp.apl.washington.edu>). Современные буи способны измерять толщину льда и осуществлять сбор океанографических данных. Эта наблюдательная система сбора информации расширяется за счет международного сотрудничества, обеспечивая высокое временное разрешение и наблюдения *in situ*, которые дополняют высокое пространственное разрешение изображений, получаемых средствами дистанционного зондирования.

Организации, занимающиеся картированием льда, в основном пользуются оперативными данными спутниковых наблюдений из различных источников, таких как Национальное управление США по исследованию океанов и атмосферы (НУОА), Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА), а также канадского спутника РАДАРСАТ и европейского спутника ЭНВИСАТ. Спутниковые наблюдения ежедневно используются оперативными центрами, такими как Национальный ледовый центр США (НЛЦ), для составления картины текущей ледовой обстановки как в Арктике, так и в Антарктике.

К сожалению, спутниковых наблюдений и данных буев недостаточно для того, чтобы дать полную карти-



ну ледовой обстановки. Охват спутниковыми данными часто недостаточен, о чем свидетельствуют наблюдения с помощью радара с синтезированной апертурой (САР). Что касается видимого изображения, его качество ухудшают облака и осадки, создавая таким образом пробелы, которые должен заполнить аналитик с помощью компьютерных моделей, зависящих от используемого алгоритма.

Модели льда предназначены для заполнения этих пробелов и компенсации недостатка спутниковых изображений и данных наблюдений. Модели, созданные на основе крупномасштабных суперкомпьютеров, используют анализ или начальное состояние ледяного поля до выпуска "прогноза" (предположения относительно будущей ледовой обстановки). Можно скомбинировать эти анализы за последние несколько дней и составить историческую справку или "ретроспективный прогноз" движения льда и другой информации. Таким образом, протяженность и толщину льда можно оценить, начиная с послед-

... чрезвычайно важно иметь информацию в реальном времени и точные прогнозы, которые позволили бы успешно выполнить намеченное и предотвратить повреждение оборудования.

него известного анализа и затем проецируя возможное состояние ледяного поля вперед с помощью данных "ретроспективного прогноза". Без такой модели аналитику пришлось бы оценивать состояние льда в пробелах вручную – задача достаточно утомительная и почти не выполнимая.

В Лаборатории военно-морских исследований (ЛВМИ) разрабатываются системы прогноза морского льда для удовлетворения потребности заказчиков, связанных с военно-морским флотом. В настоящее время используется Система прогноза полярного льда (PIPS 2.0). Эта система дает прогнозы по всем районам северного полушария с ледя-

ным покровом (вплоть до 30°с.ш.). Горизонтальное разрешение сетки модели PIPS 2.0 составляет 0.28° и варьируется от 17 до 34 км. На рисунке 3 показан каждый четвертый узел сетки PIPS 2.0 (красные точки). В системе PIPS 2.0 используется модель динамики/термодинамики льда Хиблера (Hibler, 1979), связанная с океанической моделью Брайана и Кокса (Cox, 1984).

Военно-морская оперативная глобальная система атмосферных прогнозов (NOGAPS) (Hogan and Rosmond, 1991) предоставляет данные о силе ветра. Движение льда и воздействие океана обеспечиваются полностью связанной океанической моделью. Прогностическая продукция системы PIPS 2.0 включает дрейф льда, его толщину и сплоченность. Эта продукция ежедневно поступает из оперативного центра в Национальный ледовый центр для использования аналитиками. Помимо этой продукции, система PIPS 2.0 способна давать прогноз океанических течений, температуры и солености океана.

При оперативном прогнозировании неожиданные ситуации (например, простой компьютеров или облачные дни при получении изображений) могли бы вызвать серьезные проблемы, если бы аналитик зависел лишь от одного источника информации. В большинстве оперативных центров системы ледовых прогнозов (такие как PIPS 2.0) являются единственным источником объективных данных для определения положения кромки льда и границ его сплоченности в случае отсутствия САР или видимых при ясном дневном свете изображений (усовершенствованного радиометра очень высокого разрешения (УРОБР), оперативной системы с однострочной разверткой (OLS) и т.д.). Компьютерный прогноз помо-

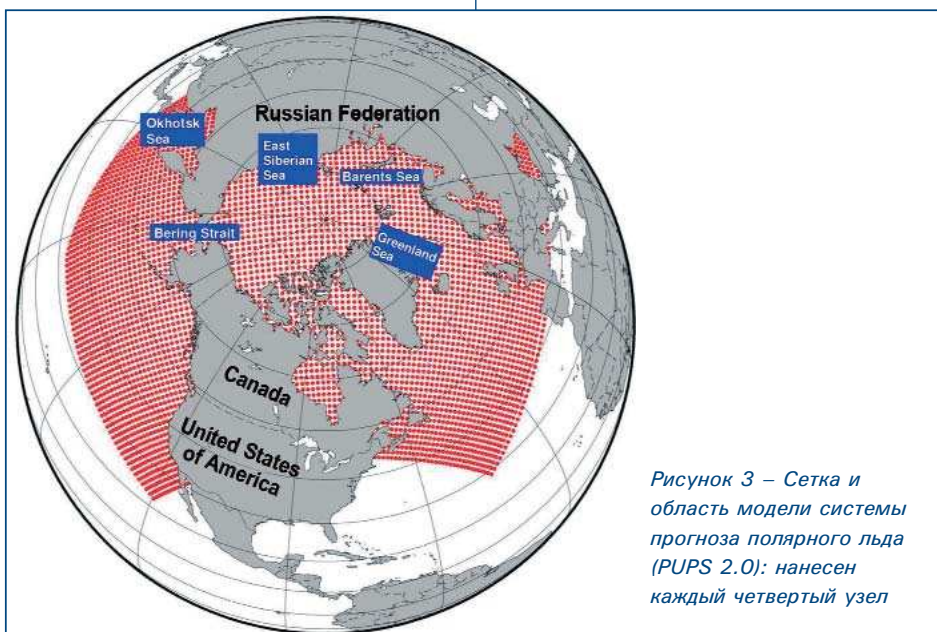


Рисунок 3 – Сетка и область модели системы прогноза полярного льда (PIPS 2.0): нанесен каждый четвертый узел

гает аналитику определить направление движения льда за определенный период времени и затем вычислить положение кромки льда. Имея разнообразную информацию (ледовые прогнозы, спутниковые данные, наблюдения и т.д.), аналитик не зависит от какого-то одного источника данных для составления карты положения кромки льда.

Международное сотрудничество и картирование льда

В настоящее время оперативные данные наблюдений, результаты анализов и прогнозы морского льда имеются в ледовых центрах всего мира (Канады, Дании, Финляндии, Исландии, Японии, Норвегии, России, Швеции и США). Эти центры предоставляют информацию о ледовой обстановке вблизи своих береговых линий (например, Россия – в Арктическом шельфовом море, а Финляндия, Германия и Швеция – в Балтийском море) и обеспечивают пользователя продукцией широкого диапазона – от гаваней и заливов до составления тактических маршрутов ледоколов. Прогнозирование важно для всех организаций, имеющих практические интересы в Арктике.

Учитывая глобальную заинтересованность в Арктике, важное значение приобретает международное сотрудничество, способствующее получению и сохранению качественной оперативной информации об Арктике. В октябре 1999 г. была создана Международная рабочая группа по картированию льда (МРГКМЛ) для поддержки практического сотрудничества между мировыми ледовыми центрами по всем вопросам, касающимся продукции, связанной с морским льдом (<http://insidc.org/noaa/iicwg/>). Эта группа всячески содействует работе по картированию льда и обмену



информацией по прогнозированию и дистанционному зондированию. Члены МРГКМЛ совместными усилиями поддерживают сотрудничество в областях обоюдного интереса, чтобы снизить количество дублирующей информации.

Канадская ледовая служба и Национальный ледовый центр США под эгидой Североамериканской ледовой службы создали такое партнерство для обеспечения прогнозами водных пространств Канады и США, включая Великие озера. Такой тип сотрудничества обеспечивает согласованность в работе организаций, связанных с картированием льда, и имеет важное значение для обмена научными знаниями.

... вследствие суровых условий жизнь людей и сохранность оборудования в значительной мере зависят от точности информации о ледовой обстановке. Организации, занимающиеся картированием льда, должны использовать все имеющиеся ресурсы, включая данные наблюдений *in situ* и данные дистанционного зондирования, чтобы составить точную картину Арктики.

Будущие тенденции в области прогнозирования льда

В настоящее время ученые и разработчики моделей занимаются обоснованием новейших моделей краткосрочного и долгосрочного прогнозов льда. Более полные данные о корреляции между зимним арктическим колебанием (АК) и протяженностью морского льда в летний период опубликованы и учтены при составлении новых сезонных прогнозов (Rigor et al., 2000; Rigor and Wallace, 2004). Другой областью современных исследований являются мелкомасштабные характеристики, такие как разводье, небольшая полынья и образование гряды торосов (Gow and Tucker, 1990; Kwok et al., 2003). Эта работа позволит усовершенствовать краткосрочные и долгосрочные прогнозы.

Понимание динамики и термодинамики морского льда, а также наблюдение ледовой обстановки имеет важное значение для повышения качества оперативных моделей и прогнозов. Новые модели льда, такие как модель морского льда, разработанная в Лос-Аламосе (CICE) (Bitz and Lipscomb, 1999; Hunke and Dukowicz, 1997), синтезировали технологии последних 10 лет. Кроме того, за последние 10 лет модели океана превратились в глобальные модели океана (Chassignet et al., 2003), способные давать более точный прогноз океанских течений, температуры и солености (Rhodest et al., 2002). Эта более качественная продукция, в свою очередь, будет использована в качестве входных параметров в системах прогноза морского льда.

Компьютерная технология является еще одним важным фактором расширения возможностей моделирования и прогнозирования льда. В настоящее время в компьютерных

кодах используются сложные процессоры, позволяющие выполнять более подробные расчеты за приемлемый период времени. С учетом этих последних усовершенствований более совершенная модель льда и океана, наряду с ассимиляцией оперативных данных более совершенных спутниковых изображений, сможет воспроизводить более реалистичную ледовую обстановку в полярных районах.

Заключение

Арктика всегда была и будет район стратегического и практического интереса. Учитывая имеющиеся потенциальные энергетические ресурсы Арктики и данные об уменьшении протяженности ледяного покрова, можно сказать, что этот район сохраняет свое экономическое значение. Однако вследствие суровых условий этого района жизнь людей и сохранность оборудования в значительной мере зависят от точности информации о ледовой обстановке. Организации, занимающиеся картированием льда, должны использовать все имеющиеся ресурсы, включая данные наблюдений *in situ* и данные дистанционного зондирования, чтобы составить точную картину Арктики.

Ввиду ограничения этих данных важным компонентом составления ледовых карт являются системы оперативного прогнозирования льда. Важно, чтобы международное сотрудничество и выполняющиеся в настоящее время научные исследования продолжали вносить вклад в расширение возможностей оперативного прогнозирования. Благодаря этому Арктика должна стать более безопасным регионом и служить глобальным стратегическим, экономическим и научным интересам.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность Тованде Стрит, Полю Сеймору, Пабло Кlemente-Колону и Игнатиусу Райгору за полезные замечания. Эта статья ЛБМИ (NRL/JA/7320-05-5214) одобрена для опубликования, ее распространение не ограничено.

Литература

ARCTIC CLIMATE IMPACT ASSESSMENT (ACIA), 2004: *Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press.

BITZ, C.M. and W.H. LIPSCOMB, 1999: An energy conserving thermodynamic model of sea ice. *J. Geophys. Res.*, 104(C7), 15669–15677.

CHASSIGNET, E.P., L.T. SMITH, G.R. HALLIWELL and R. BLECK, 2003: North Atlantic simulations with the Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM): impact of the vertical coordinate choice, reference density and thermobaricity. *J. Phys. Oceanogr.*, 33, 2 504–2 526.

COX, M., 1984: *A Primitive Equation, 3-Dimensional Model of the Ocean*. Geophysical Fluid Dynamics Laboratory Ocean Group Technical Report, Princeton, NJ, 1 141 pp.

GOW, A.J. and W.B. TUCKER III, 1990: Sea ice in the polar regions. *Polar Oceanography*, Part I: Physical Science. W.O. Smith Jr. (Ed.), Academic Press, NY.

HIBLER, W.D., 1979: A dynamic thermodynamic sea ice model. *J. Phys. Oceanogr.*, 9, 815–864.

HOGAN, T.F. and T.E. ROSMOND, 1991: The description of the US Navy Operational Global Atmospheric Prediction System's Spectral Forecast Model. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 1 786–1 815.

HUNKE, E.C. and J.K. DUKOWICZ, 1997: An elastic-viscous-plastic model for sea ice dynamics. *J. Phys. Oceanogr.*, 27, 1849–1867.

KWOK, R., G.F. CUNNINGHAM and W.D. HIBLER III, 2003: Subdaily ice motion and deformation from RADARSAT observations. *Geophys. Res. Lett.*, 30(23), 2218.

PRELLER, R.H., P.G. POSEY, W. MASLOWSKI, D. STARK and T.C. PHAM, 2002: Navy sea ice prediction systems. *Oceanography*, 15, No. 1, 44–55.

RHODES, R.C., H.E. HURLBURT, A.J. WALLCRAFT, C.N. BARRON, P.J. MARTIN, E.J. METZGER, J.F. SHRIVER, D.S. KO, S.L. CROSS, O.M. SMEDSTAD and A.B. KARA, 2002: Navy real-time global modeling systems. *Oceanography*, 15, No. 1, 29–43.

RIGOR, I.G. and J.M. WALLACE, 2004: Variations in the age of sea ice and summer sea ice extent. *Geophys. Res. Lett.*, v.31, L24308.

RIGOR I.G., R.L. COLONY and S. MARTIN, 2000: Variations in surface air temperature in the Arctic from 1979–1997. *J. Climate*, 13, No. 5, 896–914.



Осуществление Глобальной системы наблюдений за океаном



Майк Джонсон
Директор Бюро наблюдений
за климатом НУОА и координатор
программной области
СКОММ-Наблюдения

Введение

Обеспечение безопасности на море является основной движущей силой для организации скоординированных на международном уровне морских наблюдений с того самого времени, когда были созданы Всемирная метеорологическая организация и ее предшественница Международная метеорологическая организация. За последние два десятилетия постоянно возрастала потребность в расширении системы морских наблюдений для поддержки других направлений, таких как использование все более сложных и долгосрочных систем прогнози-

вания погоды, хозяйственная деятельность в прибрежной зоне, установление судоходных путей для судов, разведка и разработка ресурсов на шельфе, мониторинг, предотвращение загрязнения и очистка от него, а также развивающегося в последнее время направления по моделированию и предсказанию климата. Эти виды деятельности требуют комплектов данных наблюдений и прогностической продукции как для океанов, так и выходящей атмосферы.

Такие междисциплинарные потребности неизбежно повлекли за собой развитие все более тесных рабочих отношений между океанографами и морскими метеорологами по вопросам разработки "системного подхода" к международной координации национальных усилий по осуществлению программ наблюдения. Глобальная система наблюдений по определению пересекает международные границы, обеспечивая потенциал как для выгоды, так и для обязанностей, которые разделяют между собой многие страны.

Признавая эти потребности, ВМО и Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) учредили в июне 2001 г. Совместную техническую комиссию МОК-ВМО по океанографии и морской метеорологии (СКОММ). В настоящее время СКОММ предоставляет межправительственную структуру для планирования и координации глобальной системы. Так как морские страны готовятся вновь встретиться на СКОММ-II, самое время поразмышлять о прогрессе, достигнутом за последние четыре года и задачах на будущее.

План осуществления

В настоящее время существенно повысился интерес большинства го-

Обеспечение безопасности на море является основной движущей силой для организации скоординированных на международном уровне морских наблюдений с того самого времени, когда были созданы Всемирная метеорологическая организация и ее предшественница Международная метеорологическая организация.

сударств к осуществлению Глобальной системы наблюдений за океаном. План осуществления Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК-92) в настоящее время одобрен Рамочной конвенцией по изменению климата Организации Объединенных Наций (РКИК ООН) и Глобальной системой систем наблюдений за Землей (ГЕОСС). В главе ГСНК-92, посвященной океану, поставлены конкретные цели в отношении создания и поддержания исходной глобальной сети наблюдений за океаном.

Система наблюдений за океаном, документально представленная в плане ГСНК-92, является комплексной системой систем, включающей непрерывные высококачественные спутниковые измерения атмосферы и поверхности океана, измерения в точке поверхности и подповерхностного слоя океана и атмосферы над океаном. Каждый компонент несет в себе только ему присущие сильные стороны и ограничения; вместе они составляют комплексную систему систем. На рисунке 1 показана эта исходная система систем наблюдения за океаном. Кроме платформ, показанных на рис.1, важными являются еще два компонента: подсисте-



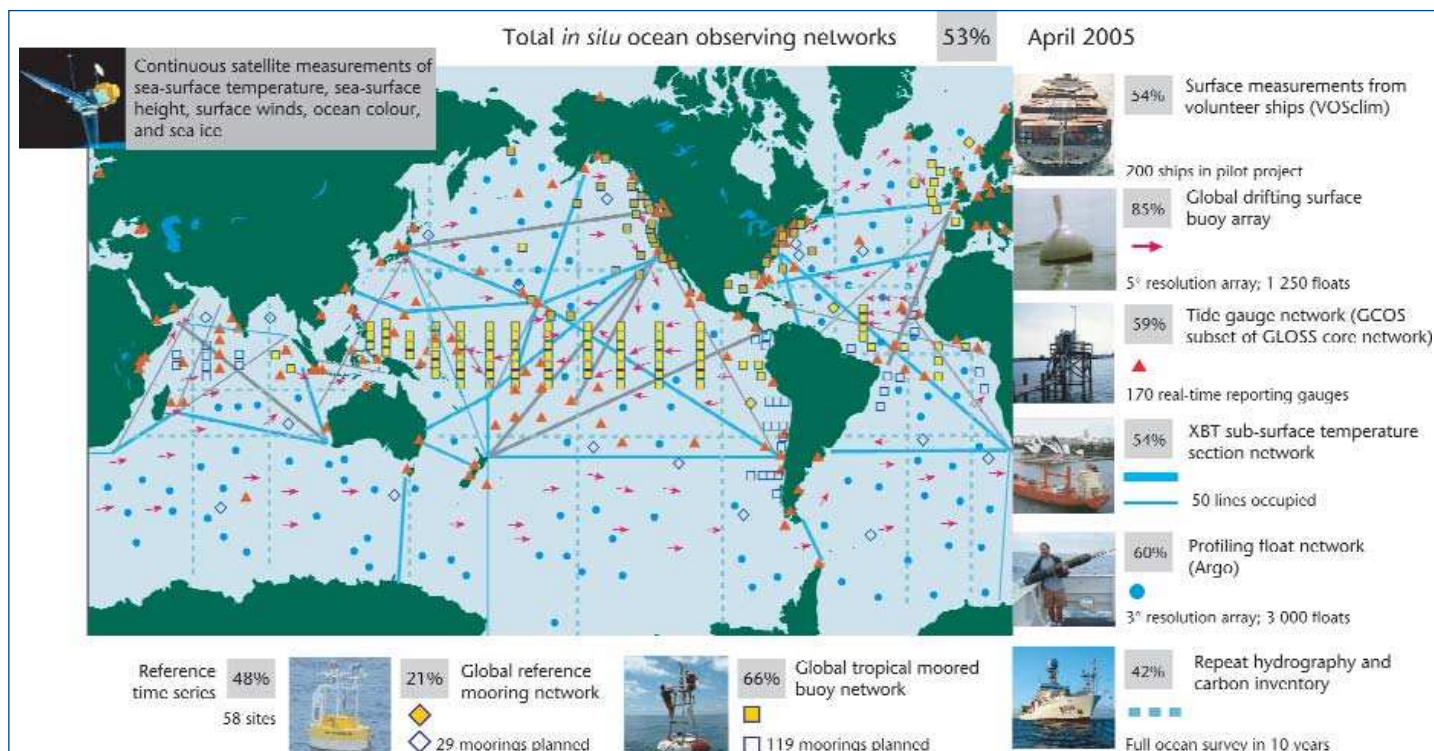


Рисунок 1 – Схематическое отображение исходной комплексной системы наблюдений за климатом, включая текущее состояние, по сравнению с целями Плана создания ГСНК (ГСНК-92)

темы данных и их усвоения и доставка продукции.

Хотя эта базовая система предназначена для удовлетворения потребностей, связанных с климатом, морское обслуживание также будет улучшено посредством осуществления систематических глобальных наблюдений, предусмотренных планом ГСНК-92. Система будет поддерживать прогнозирование глобальной погоды, прогнозирование глобального океана и океана в прибрежной зоне, предупреждение об опасных морских явлениях, мониторинг морской окружающей среды, использоваться в военно-морских и многих других целях, не связанных непосредственно с климатом.

Определенная в ГСНК-92 срочная фундаментальная потребность, одобренная РКИК ООН и справоч-

ным документом по десятилетнему плану осуществления ГСНК, заключается в достижении глобального охвата сетями наблюдений. Эти сети включают заякоренные и дрейфующие буи, мареографические посты, ныряющие буи и судовые системы. Координация национальных вкладов в создание этих сетей является задачей программной области СКОММ-Наблюдения (ПО-Н). В главе ГСНК-92, посвященной океану, СКОММ определена в качестве органа, ответственного за выполнение или за содействие по выполнению 21 конкретного действия, направленного на решение данной задачи. Эти конкретные действия по осуществлению наблюдений в точках сети были приняты программной областью СКОММ-Наблюдения в качестве ориентира. В настоящей статье приводится краткое описание рабочего плана ПО-Н, включая координацию действий с

другими глобальными программами, в поддержку создания компонента по глобальным наблюдениям за океаном Глобальной системы систем наблюдений за Землей.

Достижение глобального охвата сетями наблюдений

В состав программной области СКОММ-Наблюдения входят три группы экспертов: Группа экспертов по сотрудничеству в области буев для сбора данных (ГСБД), Группа по наблюдениям с судов и Группа экспертов по Глобальной системе наблюдений за уровнем моря (ГЭ-ГЛОСС). Так как СКОММ была создана в 2001 г., то ее деятельность связана с программой Арго. В последние два года ПО-Н также работала в направлении координации своей работы на глобальном уровне с Системой непрерывных междисциплинарных временных рядов

Некоторые задачи, стоящие перед странами-членами ВМО и МОК, по комплектованию глобальной системы

Группа экспертов по сотрудничеству в области буев для сбора данных (ГСБД)

- Разместить и поддерживать постоянно действующую группу из 1250 дрейфующих на поверхности моря буев (в настоящее время размещено 1022 буйа) для измерения температуры поверхности моря и поверхностных течений.
- Установить барометры на 700 дрейфующих буйах (в настоящее время барометры установлены на 280 буйах) для измерения давления на уровне моря.
- Расширить сеть заякоренных буев в тропической части Индийского океана (из 33 планируемых к размещению буев размещено 6) для обеспечения полного охвата экваториальных районов Атлантического, Тихого и Индийского океанов – теплового двигателя климатических и метеорологических систем.
- Осуществлять координацию действий с ОкеанСИТЕС в отношении общего использования платформ и материально-технической поддержки.

Группа по наблюдениям с судов

- Улучшить передачу информации по морской метеорологии и поверхности океана с судов добровольного наблюдения (СДН) (из приблизительно 6700 зарегистрированных судов регулярно передают информацию менее 2300 судов).
- Обеспечить участие 200 судов в проекте подкомплекта климатических данных СДН (СДНКлим) (в настоящее время 112 судов) с целью получения высококачественного подкомплекта климатических данных для климатического анализа долгосрочных рядов, хранимых на торговых судах.
- Ввести в эксплуатацию на судах добровольного наблюдения автоматизированные метеорологические системы (в настоящее время системы имеются на 112 судах) для улучшения передачи метеорологических и климатических прогнозов в реальном масштабе времени.
- Полностью задействовать 51 ОБТ-линию с высоким разрешением и частой повторяемостью, конкретно указанную на практическом семинаре по температуре верхнего слоя океана в 1999 г. (в настоящее время используются 27 линий), для измерения структуры и переноса температуры верхнего слоя океана.
- Осуществлять координацию действий с Международным экспериментальным проектом по исследованию углерода в океане с целью общего использования платформ наблюдения и материально-технической инфраструктуры как для физических, так и для химических измерений в океане и приповерхностном слое атмосферы.

Группа экспертов по Глобальной системе наблюдений за уровнем моря

- Улучшить передачу информации со станций (только 204 из 290 станций основной сети передают информацию регулярно) для обеспечения непрерывных высококачественных измерений приливов и уровня моря.
- Создать подкомплект опорных станций ГСНК из 170 расположенных по всему земному шару мареографических станций, передающих информацию в реальном масштабе времени и имеющих геоцентрическое расположение (в настоящее время 91 станция передает информацию в реальном масштабе времени и 53 имеют геоцентрическое расположение), для долгосрочного мониторинга изменения климата и для поддержки в реальном масштабе времени систем предупреждения о цунами.

Арго

- Довести количество ныряющих буев, расположенных по всему миру, до 3000 (в настоящее время 1807 буев) для измерения температуры и солёности подповерхностного слоя океана.

ОкеанСИТЕС

- Создать неплотную глобальную сеть глубоководных и неглубоководных заякоренных буев для мониторинга различных режимов океана/климата и измерения циркуляции океана в глобальном масштабе.

Международный экспериментальный проект по исследованию углерода в океане

- Каждые десять лет проводить полную инвентаризацию углерода в Мировом океане, используя океанографические суда, и осуществлять с судов добровольного наблюдения и заякоренных буев мониторинг обмена двуокисью углерода между океаном и атмосферой.

наблюдений за океанической окружающей средой (ОкеанСИТЕС) и Международным экспериментальным проектом по исследованию углерода в океане (ИОССП). Эти четыре направления – СКОММ, Арго, Океан СИТЕС и ИОССП – представляют основные виды международной деятельности, посвященные созданию устойчивых глобальных систем наблюдения за океаном.

Группы экспертов СКОММ занимаются вопросами размещения стационарных и дрейфующих буев в открытом море, координацией добровольных наблюдений с торговых судов, бороздящих Мировой океан, и координацией работы основного подкомплекта мареографических станций, предоставленных странами-членами ВМО/странами-членами МОК для поддержки систематического мониторинга глобального уровня моря. Внимание программы Арго сосредоточено на создании глобальной группировки подводных ныряющих буев.

ОкеанСИТЕС взялась за создание неплотной глобальной сети глубоководных и неглубоководных стационарных буев для получения рядов данных долгосрочного мониторинга океана и изучения взаимодействия между океаном и атмосферой. В рамках ИОССП судовые системы и системы буев дополнительно измеряют углерод для мониторинга роли океана в глобальном углеродном цикле. Концентрация усилий всех четырех крупных международных глобальных программ необходима для создания всеобъемлющей устойчивой Глобальной системы наблюдений за океаном, и здесь имеется возможность повышения эффективности осуществления системы в результате совместной работы.

После СКОММ-I, прошедшей в 2001 г., в создании сетей наблюде-

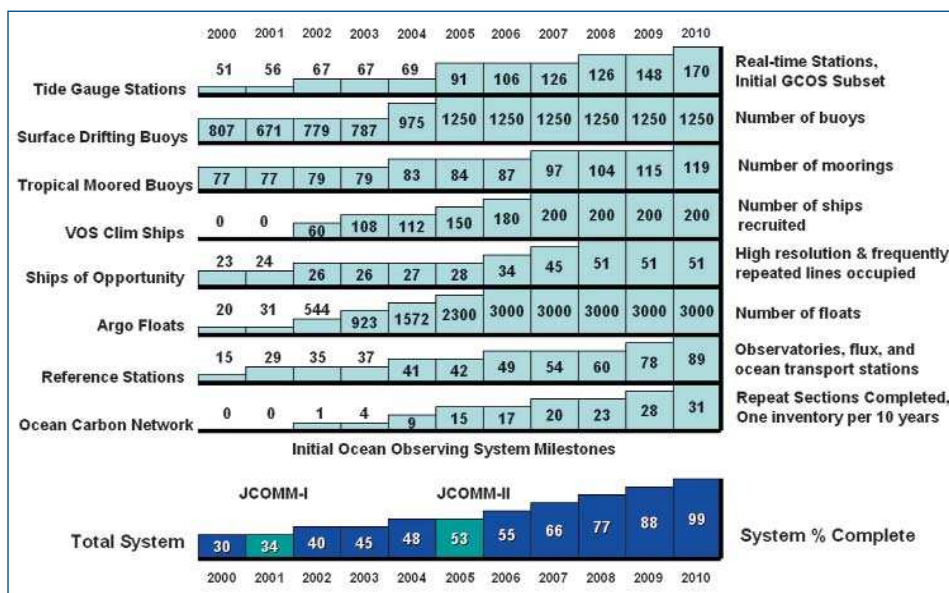


Рисунок 2 – История и будущий план развития системы наблюдений за океаном. План предусматривает завершение исходной системы наблюдений океан–климат к 2010 г., что потребует существенных дополнительных инвестиций со стороны стран-членов ВМО и МОК.

ний достигнут большой прогресс. Комплексная система наблюдений за океаном достигла важного этапа, преодолев в феврале 2005 г. 50%-ную отметку полной укомплектованности. Во время проведения СКОММ-I, по имевшимся оценкам, система была укомплектована на 34% по сравнению с нынешним 51%, когда приближается СКОММ-II. Эти проценты выведены на основе конечных данных, предусмотренных планом ГСНК-92. Последние пять лет прогресса и планы на последующие пять лет кратко обобщены на рис.2. За четыре межсессионных года прогресс был достигнут, но выполнена только половина работы. Завершение исходной системы наблюдения за климатом океана к 2010 г., как предусмотрено планом на рис.2, потребует значительных дополнительных инвестиций со стороны стран-членов ВМО/стран-членов МОК.

Крупный этап работы Группы экспертов по сотрудничеству в облас-

ти буев для сбора данных завершится в 2005 г. Размещенная по всему земному шару группировка устойчиво функционирующих буев достигнет запланированного количества в 1250 штук. Таким образом, эта группировка явится первым завершенным компонентом Глобальной системы наблюдений за океаном (ГСНО). Это достижение достойно того, чтобы его отпраздновать. Потребовалось 10 лет, чтобы это произошло, с того времени, когда международное сообщество положило начало осуществлению ГСНО, опубликовав в 1995 г. с помощью Группы экспертов по развитию системы наблюдений за океаном Научный проект общего модуля Глобальной системы наблюдений за океаном и Глобальной системы наблюдений за климатом. ГСБД готова спустить на воду дрейфующий буй №1250 в сентябре 2005 г. Планируется специальная церемония во время СКОММ-II для празднования этого достижения. Дрейфующий буй №1250 будет



спущен на воду около Галифакса, (Канада), и все участники СКОММ-II будут приглашены участвовать в этом историческом событии.

Общесистемный мониторинг и отчетность об эффективности функционирования

Основная задача для программной области СКОММ-Наблюдения состоит в том, чтобы разработать простые для понимания отчеты об эффективности функционирования, которые бы помогли оценить эффективность комплексной системы наблюдений, и оказать содействие в деле убеждения правительств о необходимости выделения средств для достижения целей осуществления глобальных наблюдений. При имеющихся ресурсах достижение глобального охвата наблюдениями океанов земного шара не представляется возможным. Как отмечено выше, существующая система укомплектована только на 51%. Это означает, что на 49% Мирового океана наблюдения должным образом не проводятся.

Чтобы добиться полного глобального охвата, необходимо обязать правительства выделить дополнительные ресурсы. Оперативный центр СКОММ и СКОММОПС работают с ПО-Н над подготовкой расчетно-сравнительных карт, позволяющих

Скоординированное осуществление компонентов наблюдения в поддержку международных комплексных систем предупреждения о морских опасных явлениях будет основным движущим механизмом плана работы ПО-Н СКОММ на последующие четыре года.

Совместная техническая комиссия ВМО-МОК по океанографии и морской метеорологии – вторая сессия.

Вторая сессия Совместной технической комиссии ВМО-МОК по океанографии и морской метеорологии состоится в Галифаксе (Новая Шотландия), Канада, с 19 по 28 сентября 2005 г.

сравнить сеть глобального охвата с тем, что имеется в наличии в настоящее время, чтобы можно было оценить состояние и эффективность системы наблюдений и разработать краткие отчеты, иллюстрирующие, как продвижение к глобальному охвату улучшает качество предоставляемой информации.

Для отчетности о состоянии и развитии системы ПО-Н приняла к использованию стандартную картографическую проекцию. Это – равнопромежуточная цилиндрическая проекция размером от 90° с.ш. до 90° ю.ш., разделенной по 30° в.д. Для отображения вкладов стран СКОММОПС использует стандартный набор цветов. Для отображения эффективности системы используется последовательность цветов (красного, оранжевого, желтого, зеленого и голубого), при этом красным отображаются районы, слабо охваченные наблюдениями, а голубым – районы, охваченные наблюдениями надлежащим образом. При иллюстрации измерений горячие цвета (красный) используются для теплых температур, как правило, для больших величин и небольших глубин; холодные цвета (голубой) отображают холодные температуры, малые величины и измерения на больших глубинах. Всем странам членам ВМО и МОК рекомендуется использовать эти

условные обозначения при картографировании работы своих систем наблюдения.

Помимо статистических данных о платформах наблюдений, которые рассчитываются СКОММОПС, в настоящее время готовятся ежеквартальные отчеты по температуре поверхности моря, солёности поверхности моря, профилям температуры и солёности. ПО-Н работает над тем, чтобы включить отчеты для других океанских переменных, перечисленных ГСНО и ГСНК. Доступ к этим отчетам осуществляется по адресу: www.jcommops.org/network_status. Сводный отчет, подготовленный с учетом вкладов стран, в котором перечислены 64 страны и Европейский союз, поддерживающие элементы комплексной системы наблюдений за океаном, а также количество платформ наблюдений и расходных материалов, предоставленных каждой страной, доступен по адресу: www.jcommops.org/network_status. Этот отчет позволяет проследить продвижение в направлении осуществления системы



Рисунок 3 – Спуск на воду объединенной чилийско-американской группой с американского научно-исследовательского судна "Рональд Г.Браун" чилийского буя предупреждения о цунами во время связанной с исследованием климата миссии для ежегодного обслуживания океанской опорной станции "Стратус". Во время этой миссии были также спущены на воду дрейфующие буи для ГСБД и ныряющие буи для программы Арго.

...междисциплинарные потребности диктуют необходимость очень тесных рабочих отношений между океанографами и морскими метеорологами...

наблюдения за океаном, предусмотренной в ГСНК-92. Всем странам-членам ВМО и МОК, участвующим в СКОММ, предлагается регулярно просматривать этот отчет и, по мере необходимости, направлять поправки по адресу: opa@jcommops.org.

Примечание. Вклады стран в систему наблюдений включены в этот отчет, если они предоставляют данные международному сообществу в соответствии с политикой ВМО и МОК в области обмена данными.

Разрабатывается Web-страница, которая будет служить порталом единого доступа ко всем Web-сайтам, которые поддерживаются странами, вносящими вклад в осуществление Глобальной системы наблюдений за океаном. Этот портал единого доступа создается с целью показать пользователям "систему систем" наблюдения за океаном, осуществляемую СКОММ и ее партнерами. Вход в портал с последующим доступом к Web-сайтам национальных центров осуществляется через точку доступа СКОММОПС по адресу: www.jcommops.org/network_status. Всем странам-членам/государствам-членам рекомендовано просмотреть этот Web-сайт и, по мере необходимости, направлять поправки по адресу: opa@jcommops.org.

ПО-Н также разрабатывает средства мониторинга системы наблюде-

ния в реальном масштабе времени с прямым доступом к серверу, обеспечивающим Web-систему просмотра информации и визуализации данных для анализа и оценки состояния системы. Данные и метаданные в реальном масштабе времени будут извлекаться из многочисленных источников, включая Глобальную систему телесвязи и работающие на ее основе Web-серверы данных, и храниться на серверах системы ПО-Н в течение пяти лет для отображения и анализа. Администраторы системы и другие пользователи в скором времени смогут готовить свои собственные специализированные сводки для конкретных глобальных и региональных нужд, используя инфраструктуру управления международной системой наблюдения.

Работаем вместе

После цунами в Индийском океане 26 декабря 2004 г. функционированию Комплексной Глобальной системы предупреждения о морских опасных явлениях придается высокий приоритет в рамках международной повестки дня по вопросам океана. Возможности для координации деятельности СКОММ и ОкеанСИТЕС с международными системами предупреждения о морских опасных явлениях уже создаются, включая передачу данных в реальном масштабе времени с мареографических постов ГЛОСС, скоординированное размещение океанских буйев и использование общих платформ наблюдения и материально-технической инфраструктуры для различных целей наблюдения. Скоординированное осуществление компонентов наблюдения в поддержку международных комплексных систем предупреждения о морских опасных явлениях будет основным движущим механизмом плана работы ПО-Н СКОММ на

последующие четыре года. Пример скоординированного осуществления системы показан на рис. 3. Показан спуск на воду с американского научно-исследовательского судна "Рональд Г. Браун" чилийского предупреждения о цунами во время связанной с исследованием климата миссии для обслуживания заякоренной буйковой станции "Стратус", работающей в рамках программы ОкеанСИТЕС в восточной части Тихого океана. Буй предупреждения о цунами и "Стратус" (буй "Стратус", входящий в глобальную опорную сеть заякоренных буйев, показан на рис.1) были совместно спущены на воду объединенной чилийско-американской группой с использованием вспомогательной инфраструктуры одного и того же судна. Во время этой миссии были также спущены на воду дрейфующие буи для ГСБД и ныряющие буи для программы Арго. Международное, междисциплинарное и межпрограммное сотрудничество такого рода позволит эффективно и действенно осуществить Глобальную систему наблюдений за океаном.

Усвоение данных об океане в прогностической системе Меркатор Океан



П. Бахурел, Н. Ферри и Группа по
разработке системы усвоения данных
в Меркатор Океан

Введение

Меркатор Океан предоставляет с высоким разрешением оценки циркуляции и термодинамики океана в масштабах от глобального до регионального. С начала 2001 г. эта оперативная океанографическая система непрерывно наращивает свои прогностические возможности в Северной Атлантике (с января 2001 г.), Средиземном море (с января 2003 г.) и Мировом океане (с июля 2003 г.). Ее продукция уже используется 150 пользователями, представляющими различные сообщества: государственные организации, такие как метеорологические

службы и агентства, занимающиеся вопросами океана и его окружающей среды, а также частные организации, непосредственно связанные с потребителями, работающими в тесном взаимодействии с морской окружающей средой.

Появившаяся в рамках программы глобального мониторинга в интересах окружающей среды и безопасности (ГМЕС) (совместная инициатива Европейской Комиссии и Европейского космического агентства) для развития и интеграции европейских возможностей по мониторингу и прогнозированию Мирового океана, Меркатор Океан делает крупный шаг вперед в конце 2005 г., когда начнет работать в реальном масштабе времени ее новая система по глобальному океану с разрешением $1/4^\circ$, являющаяся центральным компонентом европейских возможностей, интегрированным с региональными компонентами. В этих условиях оперативный центр Меркатор Океан также предложит партнерам и пользователям свой десятилетний опыт научных разработок и оперативной деятельности в области оперативной океанографии, связанный с тремя классами научных компонентов, которые продолжают совершенствоваться:

- Ряд моделей общей циркуляции океана (МОЦО);
- Обработка в реальном масштабе времени дистанционных наблюдений и наблюдений в точке;
- Методы усвоения данных.

В настоящей статье приведен обзор этих научных компонентов, разработанных и эксплуатируемых в центре Меркатор Океан. В этой работе мы сконцентрируем внимание на конкретном компоненте системы анализа океана: усвоении данных. Усвоение данных – это процедура, которая наилучшим образом объединяет результаты наблюдений за океаном с результатами численных моделей океана для получения оптимальной информации о состоянии океана (т.е. трехмерных полей температуры, солености и течений, а также подъема поверхности моря). Су-

ществует несколько методик, и мы представим ряд из них в различных системах анализа Меркатор Океан.

Сначала приводится краткий обзор систем Меркатор Океан, а затем следует краткое описание использованных моделей общей циркуляции океана (МОЦО) и результатов наблюдений, доступных для усвоения. Последний раздел посвящен описанию усвоения данных в системах Меркатор Океан.

Меркатор Океан: оперативный центр по мониторингу и прогнозированию океана

Меркатор Океан – это французский оперативный центр по мониторингу и прогнозированию океана. Его основная задача заключается в моделировании глобального океана с помощью моделей высокого разрешения по полным уравнениям, усваивающим данные спутниковых измерений и измерений в точке, для предоставления на оперативной основе ретроспективных, текущих и заблаговременных прогнозов циркуляции глобального океана, т.е. непрерывной и тщательно оцененной информации о состоянии океана в масштабах от глобального до регионального.

Эта деятельность, успешно начатая в 1995 г. в качестве совместного проекта шести основных французских организаций, связанных с океанографией¹, в 2002 г. была передана в ведомство государственного консорциума Меркатор Океан для подготовки оперативного центра, который в настоящее время полностью готов.

¹ А именно: Национальный центр космических исследований (КНЕС), Национальный научно-исследовательский центр (СНРС); Французский научно-исследовательский институт по освоению моря (ИФРЕМЕР); Французский научно-исследовательский институт для целей развития (ИРД), Морская гидрографическая и океанографическая служба (СХОМ) Метео-Франс с участием ее вспомогательных подразделений СЛС и СЕРФАКС.

Меркатор Океан является членом Евро-ГСНО и играет ключевую роль в международном Глобальном эксперименте по усвоению данных об океане ГЕУДО и Европейском проекте МЕРСЕА ГМЕС по оперативной океанографии. Он активно участвует в проектах ЕКА ГМЕС по элементам обслуживания.

Система Меркатор Океан предоставляет полное трехмерное отображение динамики океана и термогалинной циркуляции (температура, соленость, течения, подъем морской поверхности и т.д.), при этом приоритет отдается масштабам, имеющим высокое разрешение (разрешение завихрений). Информация доступна в масштабе времени, близком к реальному, и на регулярной основе, так как предоставляются еженедельные анализы в масштабе времени, близком к реальному, и двухнедельные прогнозы, а также данные повторного анализа с усвоением исторических данных. Выходные данные в реальном масштабе времени, а также отчеты о проверке правильности данных имеются по адресу: <http://www.mercator.eu.org>. С 2001 г. группа предоставляет еженедельные бюллетени по океану без перерывов в обслуживании широкому кругу пользователей и выпустила три основные версии прогностической системы.

Система регулярно совершенствуется посредством расширения географического охвата океана от регионального до глобального, улучшения моделей и схем усвоения данных, добавления новых данных и разработки новой продукции. Следующий этап, когда разрешение $1/4^\circ$ будет применяться для глобального масштаба, явится одновременно и успехом многолетних инвестиций в это предприятие, и отправной точкой для использования разрешения масштаба завихрений в масштабе глобального океана.

В рамках национальных и европейских задач центру по оперативной океанографии Меркатор Океан поручено разработать новый набор "основного обслуживания" по океану для удовлетворения потребностей

конечных пользователей в следующих областях:

- Институциональные оперативные применения;
- Научные исследования;
- Оперативные применения в частном секторе;
- Обслуживание лиц, формирующих политику в области окружающей среды.

Общая информация, предоставляемая этому широкому кругу пользователей, многообразна: данные (трехмерные данные в реальном масштабе времени и оперативные трехмерные данные, результаты долгосрочного моделирования), средства (конфигурация океана глобальная и региональная, средства усвоения данных и т.д.), знания и опыт (бюллетени, подготовленные синоптиком, результаты исследований и т.д.). Некоторые компоненты этой системы по оперативной океанографии уже работают, другие находятся в процессе разработки и будут последовательно вводиться в эксплуатацию посредством тесного сотрудничества с пользователями. Однако благодаря многолетним инвестициям в научно-исследовательские работы в области моделирования обработки и усвоения данных основа уже работает.

Численные модели океана и усвоенные данные наблюдений

Система Меркатор Океан базируется на иерархии прототипов, и в настоящее время используются три прототипа. Каждый прототип состоит из модели океана, различных баз усвоенных данных и системы усвоения. Ниже мы расскажем о двух первых компонентах одного из прототипов, а именно о модели и данных наблюдений, которые усваиваются.

Модели

Первый прототип сконфигурирован для глобального океана и имеет низкое разрешение (около 2°), второй охватывает северную и экваториальную части Атлантики при среднем разрешении ($1/3^\circ$), а третий – с высоким разрешением

($1/15^\circ$) – предназначен для северной части Атлантического океана и Средиземного моря. Скоро в глобальной конфигурации разрешение будет улучшено с 2 до $1/4^\circ$. К концу 2005 г. четыре прототипа должны оперативно прогоняться на еженедельной основе, предоставляя анализы и прогнозы глобального океана с мезомасштабным² разрешением. На рисунке 1 показаны пространственный охват этих моделей и типовые океанические структуры, представленные в выходной продукции численных моделей. Меркатор Океан использует программу полных уравнений OPA-NEMO, разработанную Лабораторией динамики океана и климатологии в Париже [Madec et al., 1998]. Основная идея численной модели океана заключается в том, чтобы разделить океан на небольшие квадраты, в которых температура и соленость считаются однородными. Эволюция свойств каждого квадрата во времени определяется термодинамическими (Навье-Стокса) уравнениями. Они описывают влияние горизонтальных/вертикальных течений или перемешивания на поля температуры и солености и наоборот. Эти уравнения показывают, как воздействие на поверхность (другими словами – ветер, дождь, солнечная радиация, облачность и т.д.) влияет на верхние слои океана.

Воздействие на поверхность включает ежедневные поля сдвига ветра (т.е. трение ветра о поверхность океана), данные по испарению, осадкам, несолнечным и солнечным тепловым потокам, предоставляемые в анализах и прогнозах Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ЕЦСПП). Для описания взаимодействия между океаном и атмосферой в величину воздействия на поверхность

² Мезомасштаб – это типичный масштаб малейших синоптических завихрений, присутствующих в океане. Масштаб зависит от широты и для океана составляет несколько десятков километров в средних широтах, т.е. примерно в 100 раз меньше чем соответствующий атмосферный масштаб.



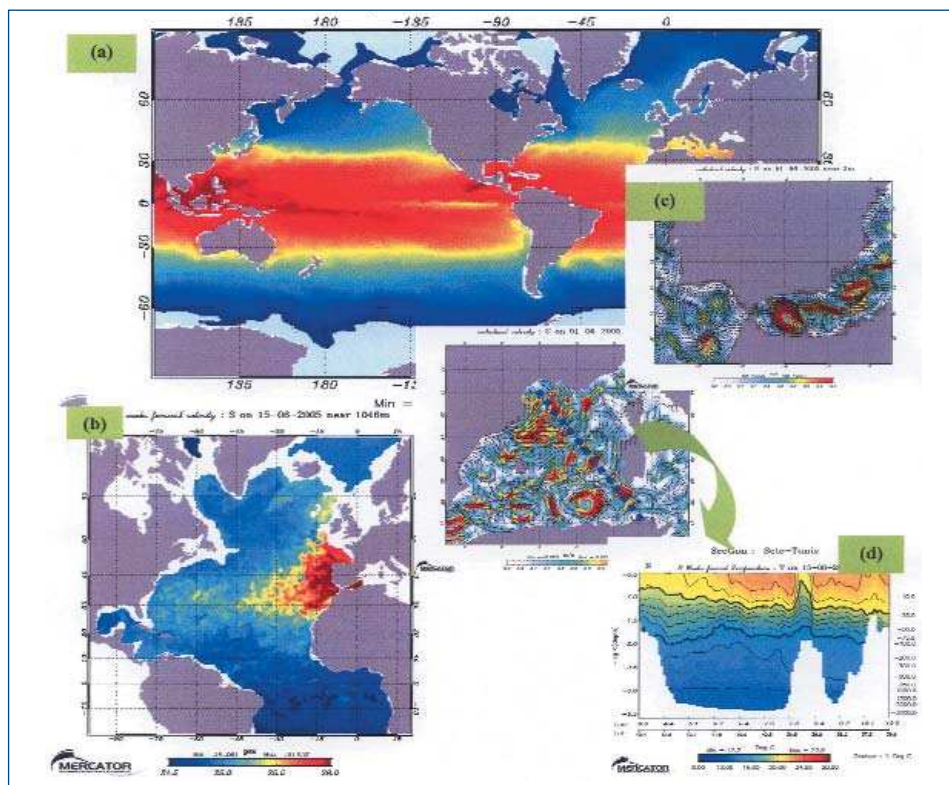


Рисунок 1 – Примеры выходной продукции системы Меркатор Океан: (a) поле ТПМ для глобального океана (модель с разрешением $\sim 2^\circ$), анализ в реальном масштабе времени за 1 июня 2005 г., рассчитанный 1 июня 2005 г.; (b) соленность на глубине 1000 м в Северной и тропической Атлантике (модель с разрешением $1/3^\circ$), двухнедельный прогноз на период до 15 июня 2005 г., рассчитанный 1 июня 2005 г.; (c) поверхностные течения в Гибралтарском проливе (модель с разрешением 5–7 км, $\sim 1/15^\circ$ (следует отметить присутствие завихрений), анализ в реальном масштабе времени за 1 июня 2005 г.; (d) вертикальный температурный разрез в Средиземном море между Сете и Тунисом (модель с разрешением 5–7 км, $\sim 1/16^\circ$) (и карта поверхностных течений), двухнедельный прогноз на период до 15 июня 2005 г., рассчитанный 1 июня 2005 г.

включен ретроактивный член, базирующийся на разнице между модельной величиной температуры поверхности моря (ТПМ) и еженедельной ТПМ Рейнольдса. Потoki воды из основных рек представлены входными данными по пресной воде в дельте реки, имеющимися в климатологической базе ежемесячных данных ЮНЕСКО (Vorosmarty, 1996). Поток пресной воды также добавлен вдоль побережья Антарктики

для моделирования таяния континентального льда.

Две конфигурации являются целевыми конфигурациями Меркатор Океан для интенсивной фазы ГЭУДО (2003–2005 гг.), предназначенными для того, чтобы охватить бассейны Северной Атлантики и Средиземного моря с разрешением eddy-resolving³ и глобальный океан – с разрешением eddy-permitting⁴:

- Первая конфигурация охватывает бассейн Северной Атлантики и Средиземного моря с высоким разрешением (горизонтальное разрешение – 5–7 км, 43 вертикальных уровня – от 6 м на поверхности до 200 и 300 м на дне соответственно для Средиземного моря и Атлантики). Эта конфигурация сконцентрирована на мезомасштабных процессах [Drillet et al.] и обеспечивает пограничные условия для моделирования прибрежной зоны в европейских морях. Следующая версия этой модели будет представлять собой будущую глобальную модель с высоким разрешением ($1/12^\circ$), с открытой поверхностью, с частичным шагом по вертикальной координате, с использованием объемных моделей атмосферы и модели море–лед.
- Вторая конфигурация охватывает глобальный океан со средним разрешением (горизонтальное разрешение – $1/4^\circ$, 46 вертикальных уровней – от 6 м на поверхности до 200 и 300 м на дне). Она предназначена для предоставления наилучших оценок анализа глобального океана и пограничных условий для региональных моделей по всему миру. Эта конфигурация использует ту же параметризацию, что и модель с высоким разрешением, описанная выше.

Две меньших конфигурации используются системой Меркатор Океан в реальном масштабе времени для демонстрации и проверки новых алгоритмов:

- Конфигурация со средним разрешением, охватывающая северную и тропическую части Атлантического океана, разработанная в рамках проекта Клиппер (горизонтальное разрешение – $1/3^\circ$, 43 вертикальных уровня – от 12 м на поверхности до 200 м на дне) (Benkiran, 2004).
- Глобальная конфигурация с низким разрешением (горизонтальное разрешение $\sim 20^\circ$, 31 вертикальный уровень), охватывающая глобальный океан (Ferry, 2004).

³ Eddy resolving: это разрешение соответствует горизонтальному разрешению модели ОЦО, способной воспроизвести с хорошей точностью мелкие структуры океанских завихрений. Обычно это разрешение составляет около $1/12^\circ$ (~ 7 км) на средних широтах ($\sim 40^\circ$ с.ш./ю.ш.)

⁴ Eddy-permitting: это разрешение соответствует горизонтальному разрешению модели ОЦО, способной воспроизвести некоторые особенности океанских завихрений. Обычно это разрешение составляет около $1/3^\circ$ (~ 30 км) на средних широтах ($\sim 40^\circ$ с.ш./ю.ш.)

В настоящее время работают две конфигурации бассейнового охвата (со средним и с высоким разрешением), а также конфигурация для глобального охвата с низким разрешением. Модель для глобального океана с разрешением $1/4^\circ$ находится в стадии разработки. Эта система будет работать через несколько месяцев.

Данные по океану

Система Меркатор Океан зависит от существующих центров сбора данных, которые собирают, обрабатывают и проверяют наблюдения, используемые в качестве входных данных в реальном и отложенном масштабах времени. Входные данные для системы Меркатор Океан включают как данные наблюдений в точке, так и данные дистанционного зондирования. Следует отметить, что данные по океану являются ключевым компонентом систем анализа океана и используются для нескольких применений: воздействия, усвоения данных и проверки модели. В этой работе мы сконцентрируем внимание на данных, используемых для усвоения. На рисунке 2 показаны различные типы данных наблюдений (в точке и дистанционного зондирования), используемых для усвоения в системах анализа/прогноза океана, таких как прототипы системы Меркатор Океан. Данные наблюдений в точке делятся на четыре категории. Во-первых, дрейфующие буи (1) могут предоставлять данные по параметрам морской поверхности, таким как температура и горизонтальная скорость. Они следуют за поверхностными океанскими течениями и передают данные своих измерений через спутниковую систему АРГОС.

Заякоренные буи (2) являются более сложными приборами, которые измеряют различные параметры (температура, соленость, горизонтальное течение, биологические параметры) на различных глубинах в определенном месте. Хорошим примером является группировка для наблюдения тропической зоны системы океан–атмосфера (ТАО), которая состоит из более чем 60 заяко-



Рисунок 2 – Различные типы усвоенных данных по океану:

- (1) данные с дрейфующих буев;
- (2) данные с заякоренных буев;
- (3) данные судовых измерений;
- (4) данные с вертикально ныряющих буев программы Арго. Данные дистанционного зондирования предоставляются спутниками (подробности в тексте).

ренных буев, предоставляющих высокоточные измерения тропической зоны Тихого океана от поверхности до глубины 500 м (см. <http://www.pmel.noaa.gov/tao/index.shtml>). Также предоставляются вертикальные профили температуры и солености посредством измерений с помощью обрывного батитермографа во время выполнения океанографических рейсов (3) и с судов добровольного наблюдения.

Наконец, недавно появилась новая категория данных наблюдений в точке: профили температуры и солености, измеряемые вертикально ныряющими буями Арго. Этот тип буев измеряет параметры внутренней части океана по мере того, как поднимается и опускается в океане. Данные измерений передаются через спутниковую систему АРГОС, когда буй находится на поверхности. В настоящее время в океане работают более 1900 буев (см. <http://w3.jcommops.org/cgi-bin/>

WebObjects/Argo), а к концу 2007 г. в Мировом океане должно быть размещено 3000 буев (см. также стр. 120)

Вторым важным компонентом Глобальной сети наблюдений за океаном являются данные дистанционного зондирования, предоставляемые спутниками. Они предоставляют большое разнообразие данных измерений на поверхности, таких как температуру поверхности моря, аномалии уровня моря, цвет океана (т.е. измерение концентрации зоопланктона на поверхности), а в ближайшие годы ожидается, что появятся новые приборы, которые будут измерять соленость на поверхности. Среди этих спутниковых измерений альтиметрические измерения (или измерения уровня моря), предоставляемые спутниками ТОПЕКС/Посейдон, Ясон-1, ЕРС-2, ЕНВИСАТ или ГЕОСАТ Follow-on (ГФО), представляют особый интерес, потому что измеряется подъем поверхности моря, характеризующий как циркуляцию на поверхности океана, так и термогалинное содержание океана. Большая часть крупных достижений, касающихся оперативных систем анализа/прогноза, оказалась возможной благодаря наличию этих альтиметрических данных.

Чтобы проиллюстрировать это, на рис. 3 показана оценка качества усвоения многовариантным прототипом системы Меркатор Океан для Северной Атлантики с разрешением $1/3^\circ$ данных ТПМ, вертикальных профилей температуры и солености и аномалии уровня моря (АУМ). Можно видеть, что когда альтиметрических данных не хватает в июле (ЕРС-2) и октябре (ГФО) (рис. 3 (a)), ошибка в прогнозе АУМ в Атлантическом океане увеличивается (рис. 3 (b)). Это означает, что альтиметрические данные оказывают большое влияние на качество прогнозирования океана и имеют первостепенное значение для усвоения данных. В качестве вывода важно запомнить, что наличие данных по океану имеет важное значение.

⁵ Содержание тепла и соли в океане



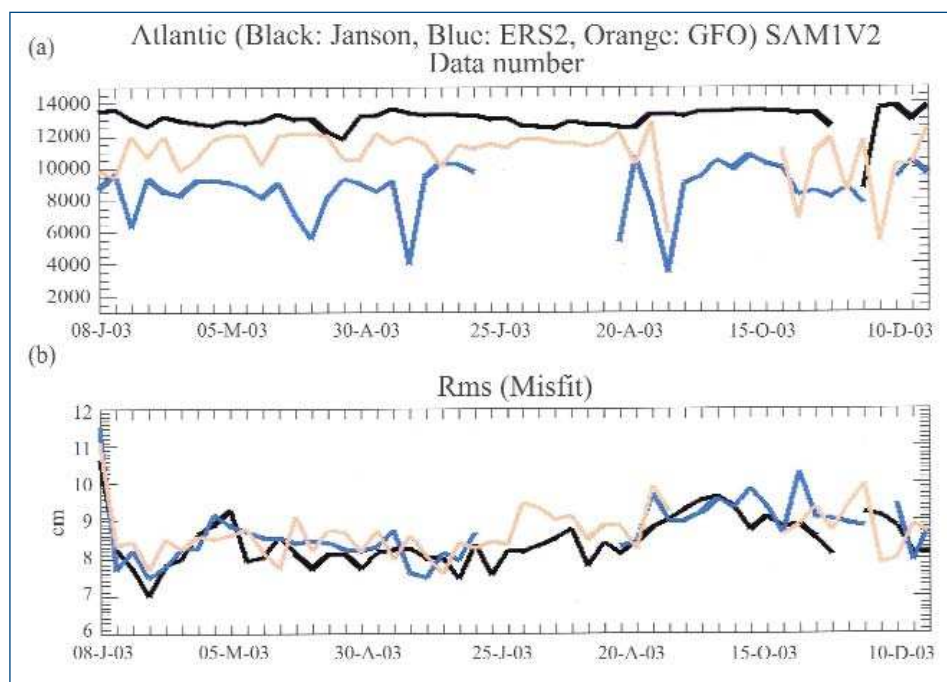


Рисунок 3 – Качество усвоения данных многовариантным прототипом Меркатор Океан для Северной Атлантики с разрешением $1/3^\circ$ в 2003 г.: (a) имеющиеся альтиметрические данные и (b) ошибка семидневного модельного прогноза аномалии уровня моря (в см).

ние для этапа усвоения. Качество оперативных систем анализа океана можно гарантировать, только если поддерживаются и расширяются имеющиеся в настоящее время сети наблюдений. Успех непрерывного размещения группировки буёв Арго и запуска программы альтиметрических наблюдений со спутника Ясон-2 окажет большое влияние на оперативную океанографию. Также следует указать на взаимодополняющий характер данных наблюдений в точке и данных дистанционного зондирования: буи Арго обеспечивают единственный способ для наблюдения за подповерхностным слоем океана в глобальном масштабе, в то время как спутниковые измерения предлагают уникальную синоптическую и глобальную картину поверхности океана с очень высоким разрешением.

Усвоение данных об океане

Система мониторинга и прогнозирования океана базируется на двух интегрированных компонентах: данные (описанные в предыдущем разделе) дистанционного зондирова-

ния (например, ТПМ, альтиметрические данные) и наблюдений в точке (например, профили температуры и солёности) и термодинамическая модель океана, – связанных для обеспечения наилучшего описания реального океана. "Усвоение данных" – это способ оптимального сочетания информации, предоставляемой каждым компонентом системы. Такое оптимальное сочетание (т.е. усвоение данных) достигается посредством использования как информации, получаемой с помощью наблюдений реального океана, так и ограничений, налагаемых физикой модели океана (т.е. физическими уравнениями, определяющими модель океана). Усвоение данных позволяет, например, моделям океана с разрешением "eddy-permitting" иметь мезомасштабные структуры, которые совпадают с тем, что можно получить с помощью наблюдений. В результате, описание океана становится более близким к реальности.

В системе Меркатор Океан разрабатывается комплект средств для ассимиляции (которые называются

Systeme d'Assimilation Mercator "CAM") с увеличивающейся степенью сложности от последовательных к вариационным методам: первый выпуск, CAM-1 основан на оптимальной интерполяции; во втором выпуске, в CAM-2 рассматривается метод анализа с использованием фильтров Кальмана, Singular Extended Evolutive Kalman (SEK) filtering analysis method, а в CAM-3 рассматриваются передовые методы, такие как четырехмерный (4D) вариационный метод.

CAM-1 используется в оперативном режиме в реальном масштабе времени с начала 2001 г.; CAM-2 находится в стадии разработки и вскоре будет интегрирован в оперативную цепочку, а CAM-3 изучается в режиме НИР.

Процедуры усвоения предназначены для использования в оперативных, близких к реальному времени прогнозах текущей и будущей погоды, а также в продукции долгосрочного повторного анализа (свыше 10 лет).

CAM-1

Система усвоения CAM-1 основана на упрощенном методе оптимальной интерполяции. В прототипах Меркатор Океан используются две различные версии этой системы: CAM-1 v 1 и CAM-1 v 2.

В основе версии 1 (CAM-1 v 1) лежит метод подъема/опускания изопикн (поверхностей с постоянной плотностью). Эта версия позволяет усваивать только данные АУМ. Суть заключается в том, чтобы анализировать разницу между данными модели и данными спутниковых наблюдений вдоль траектории аномалий уровня моря в течение недели и делать вывод о том, насколько нужно вертикально сместить изопикны, чтобы уменьшить несоответствие модельных данных. Этот метод усвоения данных основан на том факте, что уровень моря тесно связан с глубиной изопикн: чем больше глубина изопикн, тем выше уровень моря. Концептуально, если мы предположим, что изменения плотности зависят только от

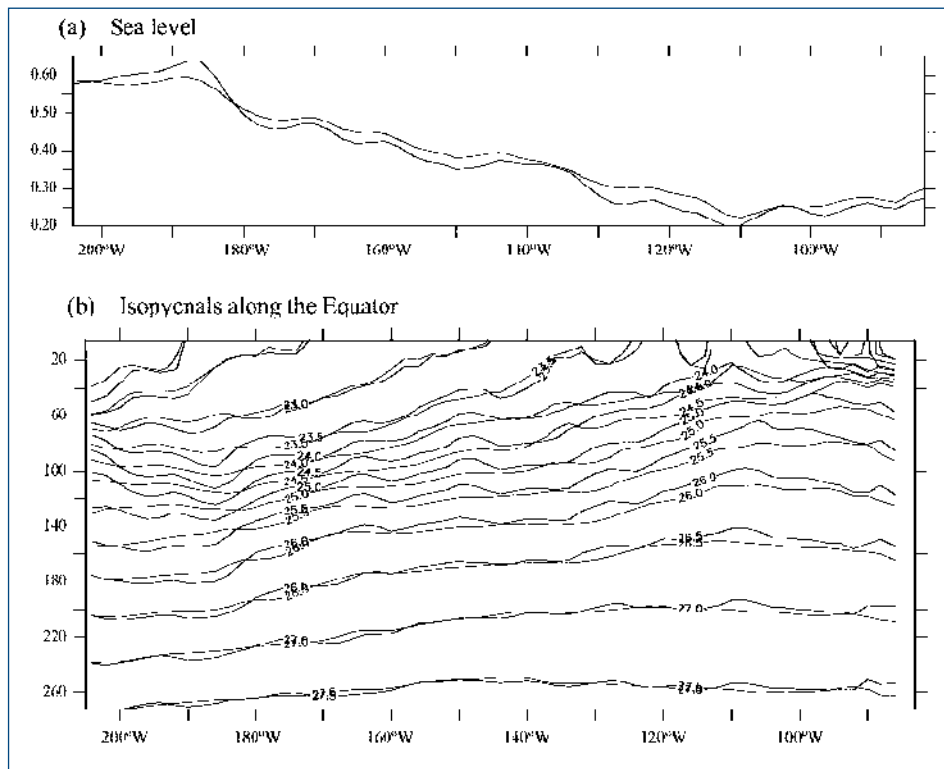


Рисунок 4 – Уровень моря (a) и изопикны в качестве функции глубины (b) в зоне экватора в Тихом океане на 23 июня 1993 г., смоделированные системой Меркатор Океан с низким разрешением для анализа глобального океана. Состояние модели до (соответственно после) усвоения представлено черными (соответственно красными) линиями. Уровень моря – в метрах, изопикны (плотность воды минус 1000) – в кг/м³.

температуры, это будет означать, что теплая вода (имеющая более низкую плотность и занимающая больше места, чем холодная вода) будет вызывать более высокие АУМ и наоборот.

Для иллюстрации на рис.4 представлен уровень моря, а также изопикны вдоль экваториальной части Тихого океана до и после усвоения данных 22 июня 1993 г. Можно видеть, что между 180 и 140° з.д. усвоение данных приводит к подъему изопикн (рис. 4(b)). С точки зрения температуры, это эквивалентно подъему изотерм или, другими словами, охлаждению воды на фиксированной глубине. Влияние на уровень моря очевидно: при понижении содержания тепла в океане подъем поверхности понижается (рис. 4(a)) и приближается к данным наблюдений.

Несмотря на то, что этот метод дает положительные результаты на средних широтах, его основной недостаток заключается в том, что модели океана не охватывают других наблюдений, таких как ТПМ или профили температуры и солёности в точке.

Это ограничение послужило стимулом к разработке в рамках системы Меркатор Океан многовариантных методов усвоения разных данных, которые позволяют усваивать профили наблюдений в точке, альтиметрические данные и данные ТПМ. Такой метод усвоения данных используется в оперативном режиме с января 2004 г. в системе Меркатор по анализу/прогнозу океана для Северной Атлантики с разрешением eddy-resolving (1/3°)

(http://bulletin.mercator-ocean.fr/html/produits/psy_1_v2/psy1v2_courant_en.jsp). Эта система использует полностью многовариантные одномерные (1D) эмпирические ортогональные функции (ЭОФ) вертикальных профилей температуры и солёности и баротропную функцию потока для выполнения упрощенной оптимальной интерполяции (Benkiran, 2004).

Данная система усвоения работает следующим образом: сначала за семнадцатидневный период интеграции модели рассчитываются разницы между наблюдаемыми и смоделированными АУМ, ТПМ и профилями температуры и солёности в точке. Эти разницы, называемые нововведением, затем анализируются с использованием полностью многовариантного метода оптимальной интерполяции. Состояние модели обновляется посредством суммы вкладов каждой отдельной ЭОФ, соответствующей увеличению Кальмана, умноженному на нововведение. Такой тип схемы называется "многовариантным": это значит, что одно наблюдение изменяет все переменные величины модели океана (т.е. температуру, солёность и течения) посредством многовариантной статистики (ЭОФ).

На рисунке 5 показан пример данных (АУМ, профили температуры и солёности), усвоенных за семидневный период, и состояние модели, полученное после усвоения. Можно заметить высокий пространственный охват альтиметрическими данными (в наличии имеются три спутника (рис. 5(a)) и относительный недостаток данных наблюдений в точке, особенно профилей солёности (рис. 5 (c)). Непрерывная линия на рис. 5(b) соответствует профилям температуры, собранным с помощью ОБТ вдоль путей движения судов. Проанализированное поле ТПМ, которое интегрирует как информацию, поступающую от модели, так и имеющиеся данные наблюдений, представлено на рис. 5 (d) и показывает важные мезомасштабные структуры.



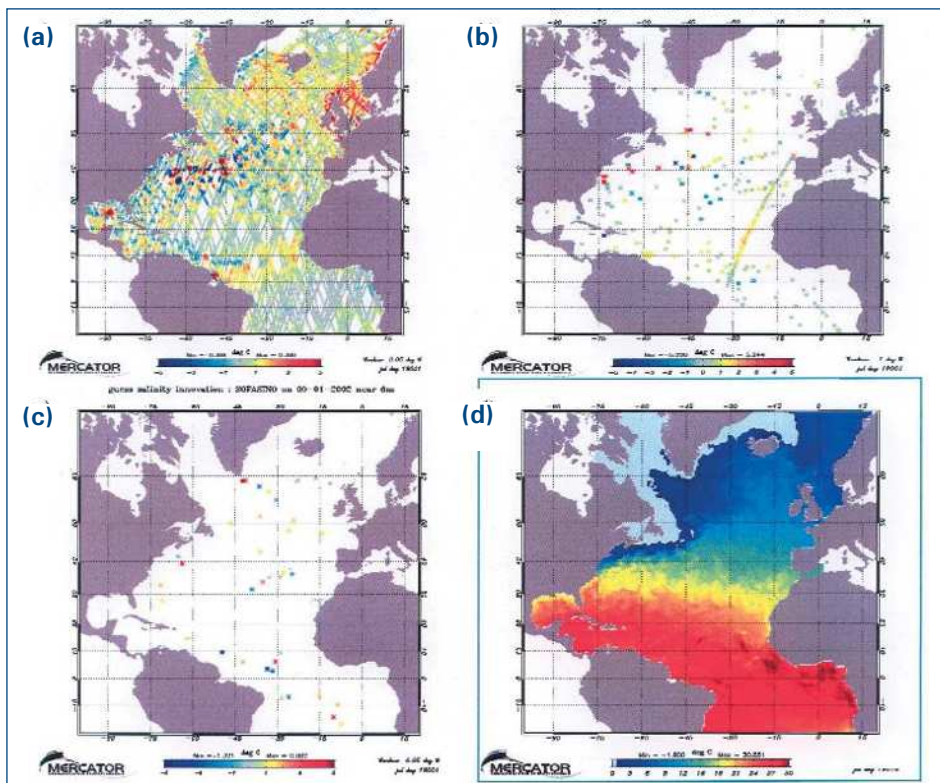


Рисунок 5 – Различные типы усвоенных в течение конкретной недели данных и полученная в результате ТПМ, проанализированная прототипом Меркатор Океан для Северной Атлантики (с разрешением $1/3^\circ$): (a) данные АУМ, собранные вдоль путей движения судов (Ясон-1, EPC-2, ГФО); (b) имеющиеся данные о температуре; (c) вертикальные профили солёности; (d) проанализированная ТПМ

CAM-2

Следующее поколение многовариантной системы усвоения, известное под названием CAM-2, разрабатывается на основе упрощенных фильтров Кальмана с использованием трехмерного (3 D) многовариантного модального разложения ковариации ошибок прогноза. Использование трехмерного модального представления для статистики ошибок направлено на преодоление ряда ограничений CAM-1 v 2 в крайне неоднородных, анизотропных и неразделимых районах Мирового океана, таких как мелководные места, а также в поверхностном слое океана. В качестве иллюстрации на рис. 6 показана функция представителя для температуры поверхности в двух регионах: в экваториальной части Тихого океана с координатами 0° с.ш. и 140° з.д. (система Мерка-

тор с низким разрешением) (рисунок 6 (a)) и около восточного побережья Флориды в Атлантическом океане с координатами 27° с.ш. и 80° з.д. (модель с разрешением $1/3^\circ$ рис. 6 (b)). Представитель показывает, как модельная ТПМ изменяется посредством усвоения одного наблюдения ТПМ с температурой на 1° теплее, чем модельная ТПМ. На рисунке 6 (a) воздействие этого виртуального наблюдения простирается в восточном и западном направлениях (около $\pm 10^\circ$ по долготе), а также в северном и южном направлениях ($\sim 1^\circ$ по широте). Фактически, форма представителя слегка анизотропна, что может быть характерно только для трехмерной многовариантной методики. На рисунке 6(b) функция представителя отображает структуру, на которую оказывает влияние течение Гольфстрим, вытекающее из Карибского

морья на восток и циркулирующее в северном направлении вдоль побережья Америки. Самые высокие значения представителя располагаются около 27° с.ш. и 80° з.д. с меридиональной структурой. Значения выше $0,5^\circ\text{C}$ могут также быть обнаружены к западу от Флориды, что может указывать на то, что ТПМ может также изменяться из-за поверхностных потоков тепла в этом конкретном районе.

CAM 3

В рамках системы Меркатор Океан изучаются и передовые методы усвоения данных, такие как вариационный метод. Вариационный (трех- или четырехмерный) метод основан на минимизации площадного несоответствия между моделью и наблюдениями за какой-то период времени, при этом ошибки даны априори. Предлагаемое решение заключается в том, чтобы траектория модели как можно ближе соответствовала траектории наблюдений, динамично согласующихся с уравнениями модели. В четырехмерной вариационной системе усвоения в данный момент времени предлагаемое решение ограничивается прошлыми и будущими наблюдениями, имеющимися в рамках периода усвоения. Этот метод находится в стадии развития и сначала будет использоваться в конфигурации для глобального океана с низким разрешением ($\sim 2^\circ$) для усвоения как данных наблюдений в точке, так и данных альтиметрических наблюдений.

Заключение

Усвоение данных является основным компонентом Глобальной системы мониторинга и прогнозирования океана Меркатор Океан. Полный набор различных средств усвоения разработан Группой по разработке системы Меркатор Океан для оперативных целей или целей повторного анализа и проверен в различных океанских конфигурациях. Метод оптимальной интерполяции – в одновариантных и многовариантных конфигурациях – успешно использу-

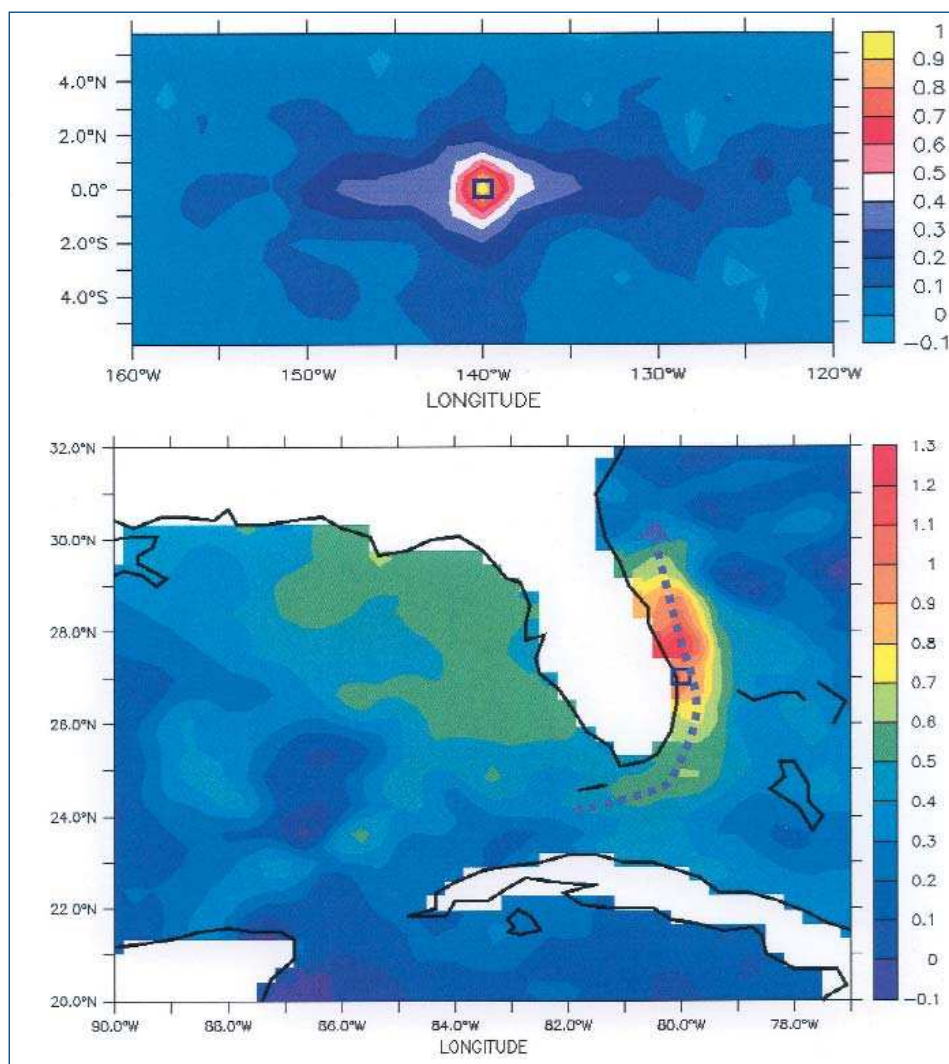


Рисунок 6 – Функция представителя аномалии наблюдения ТПМ (+1°C). На основании модельной статистики функция представителя показывает, как состояние модели (на этом рисунке поле ТПМ) меняется при усвоении одного наблюдения ТПМ: (а) представитель дан относительно пункта наблюдения ТПМ с координатами 0° с.ш., 140° з.д. (голубой квадрат) в Тихом океане; (б) представитель дан относительно пункта наблюдения ТПМ с координатами 27° с.ш., 80° з.д. (голубой квадрат) в Атлантическом океане. Стрелка показывает траекторию Гольфстрима.

ется в оперативном режиме на постоянной основе в течение более четырех лет, а передовые методы усвоения постепенно внедряются в оперативную цепочку.

Этот многолетний опыт в разработке оперативных алгоритмов является основным вкладом в Европейскую миссию Меркатор Океан в интересах оперативной океанографии. С учетом того, что Меркатор Океан предназначен для сис-

темы глобального океана, глобальная конфигурация с разрешением 1/4° начнет функционировать в реальном масштабе времени в конце 2005 г., а затем предоставляемое обслуживание постепенно улучшится посредством совершенствования схемы усвоения (например, применений, связанных с сезонным прогнозированием) и увеличения разрешения до eddy-resolving (для мезомасштабных оперативных применений).

Благодарности

Большое спасибо Группе по разработке системы Меркатор Океан за представленную здесь работу, при этом особая благодарность Б. Трансчанту (Cerfacs), С.-Е. Тестуту (MGC) и М. Бенкирану (CLS) за их вклад в эту статью.

Литература

BENKIRAN, M., 2004: Multivariate and multidata assimilation in Mercator. *Mercator Newsletter* 13, 1–12. Available at: http://www.mercator-ocean.fr/html/lettre/presentation_lettre_en.html.

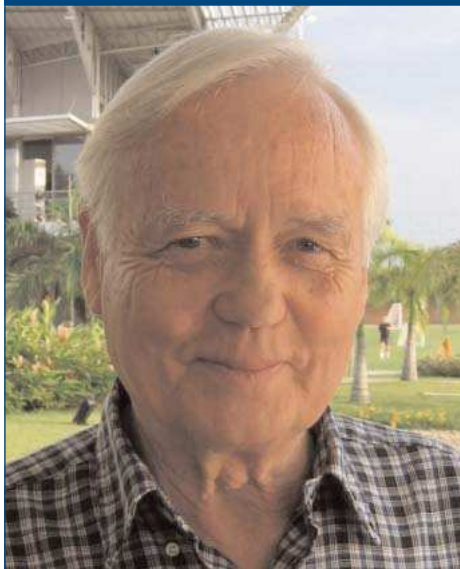
DRILLET, Y., R. BOURDALLE-BADIE, L. SIEFRIDT and C. LE PROVOST. 2005: The Meddies in the Mercator North Atlantic and Mediterranean Sea eddy-resolving model. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 110, C03016, doi:10.1029/2003JC002170.

FERRY, N., 2004: PSY2G: Moving towards global operational oceanography. *Mercator Newsletter* 13, 1–12. Available at: http://www.mercator-ocean.fr/html/lettre/presentation_lettre_en.html.

MADEC G., P. DELECLUSE, M. IMBARD and C. LEVY, 1998: OPA 8.1 *Ocean General Circulation Model Reference Manual*, Notes du pole de modelisation IPSL, 91 pp.

VÖRÖSMARTY, C.J., B. FEKETE and B.A. TUCKER, 1996: River discharge database, Version 1.0 (RivDIS v1.0), Volumes 0-6. A contribution to IHP-V Theme 1. *Technical Documents in Hydrology Series*, UNESCO, Paris.

Интервью с Ларри Гейтсом



Проф. Ларри Гейтс

У. Лоренс (Ларри) Гейтс родился 14 сентября 1928 г. в г. Пасадена (Калифорния). Он получил степени бакалавра и доктора наук (1955 г.) в области метеорологии в Массачусетском технологическом институте (МТИ). Он был членом, а затем руководителем проекта по численным прогнозам в Кембриджском научном центре Военно-воздушных сил, а позднее доцентом (затем адъюнкт-профессором) на факультете метеорологии Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе (КУЛА).

В 1966 г. он стал руководителем климатической программы в корпорации RAND в Санта-Монике. В 1976 г. он стал профессором и деканом факультета атмосферных исследований и директором-осно-

вателем Института климатических исследований в Орегонском университете. В 1989 г. он вернулся в Калифорнию в Национальную лабораторию Лоренс Ливермор. С 2004 г. проф. Ларри Гейтс является директором Национального института по глобальным изменениям окружающей среды Калифорнийского университета в Дэвисе.

Ларри Гейтс является автором и со-автором свыше 100 научных статей и отчетов. С 1985 до 2004 гг. он был редактором международного научного журнала "Climate Dynamics" (Динамика климата).

Ларри Гейтс активно сотрудничал с ВМО, начиная с рабочей группы по численному экспериментированию (РГЧЭ) Программы исследований глобальных атмосферных процессов (ПИГАП) (позднее Всемирная программа исследований климата (ВПИК)), в которой он работал с 1974 по 1994 гг. С 1990 до 1995 гг. он был председателем группы экспертов по Проекту взаимного сравнения атмосферных моделей (АМИП), осуществляемому в рамках РГЧЭ, и председателем руководящей группы по сопряженным моделям ВПИК. С 1991 до 1992 гг. он был членом специальной исследовательской группы ВПИК по КЛИВАР (программа ВПИК по исследованию изменчивости и предсказуемости климата), а с 1993 до 1994 гг. – членом научной руководящей группы КЛИВАР. В 1994 г. профессор Гейтс стал председателем Объединенного научного комитета (ОНК) и находился на этом посту до 2000 г.

Какие наиболее важные научные достижения Вы можете отметить за годы Вашей работы?

Наиболее значительным достижением в области метеорологии, бе-

зусловно, является численное моделирование. В 1953 г. в Кембридже в качестве метеоролога-исследователя в области численных прогнозов погоды (ЧПП) я участвовал в разработке и испытании одной из первых бароклинических моделей численного прогноза, которая должна была использоваться в ансамбле начальных условий и систематически сравниваться с соответствующими прогнозами на основе другой (баротропной) модели.

С тех пор я имею честь быть причастным к феноменальному развитию ЧПП, а с недавних пор и к развитию климатического моделирования, совершившего переворот в метеорологии. Эти достижения идут рука об руку с развитием быстродействующих компьютеров, превратив метеорологию в сугубо атмосферную науку. Сегодня наличие суперкомпьютеров, глобальных наблюдений и усложненных моделей принимается как должное, и мы ежедневно имеем дело с сопряженными моделями высокого разрешения с интервалами от нескольких дней до нескольких столетий. Скорость современных компьютеров в 10 миллионов раз выше скорости первого компьютера IBM 701, который я использовал в 1954 году.

Каков, по Вашему мнению, Ваш самый важный вклад в исследование и моделирование климата?

Прежде всего, я хотел бы отметить свою работу по климатической программе в Корпорации RAND в конце 60-х – начале 70-х годов прошлого века, в результате которой впервые появилась исчерпывающая информация о глобальной климатической модели атмосферы (ГКМ), ее систематической валидации и применении.



Балтимор (Мэриленд, США), июнь 2004 г. – Ларри Гейтс и Сэнди Мак Крекен (Научная программа США по изменению климата) во время проведения конференции по КЛИВАР

С чего началось Ваше сотрудничество с ВМО и международными научными программами этой организации?

Впервые я принял участие в исследованиях ВМО в 1971 г. как член Группы экспертов по изменению климата Комитета США по ПИГАП. Мой доклад "Понять изменения климата", опубликованный Амери-

канской академией наук в 1975 г., послужил рабочим документом на Исследовательской конференции ВМО по физической основе климата и его моделирования, которая состоялась в Стокгольме в 1974 г. В 1976 г. ВМО опубликовала первое заявление об изменении климата, а также первое научное заявление о состоянии глобального озона.

В приложении к отчету ПИГАП рекомендуется организовать всестороннюю международную программу. Многие рекомендации, содержащиеся в этом отчете, впоследствии были использованы при разработке ВПИК.

Как осуществлялся переход от ПИГАП к ВПИК?

Еще до завершения Первого глобального эксперимента ПИГАП (ПГЭП) в 1979 г., который был наиболее масштабным из программ наблюдений в рамках ПИГАП, все больше внимания стало уделяться проблеме климата в связи с разработкой климатических моделей и растущей озабоченностью, вызванной возможным влиянием на кли-

мат увеличения концентрации двуокиси углерода в атмосфере.

В 1979 г. на Восьмом всемирном метеорологическом конгрессе была учреждена Всемирная климатическая программа, в которую вошла ВПИК. Управление программой осуществлялось совместно ВМО и МСНС, а руководство – Объединенным научным комитетом (ОНК). В 1993 г. к ВМО и МСНС присоединилась МОК в качестве официального спонсора ВПИК.

Насколько важно для будущих проектов то, что ВПИК спонсируют МСНС, МОК и ВМО?

Непрерывная поддержка со стороны МСНС позволила установить прямые полезные связи между ВПИК и международным научным сообществом. Хотя финансовая поддержка ВПИК со стороны МСНС и МОК существенно меньше поддержки ВМО, она имеет большое интеллектуальное значение для ВПИК и подчеркивает связь этой



Женева, февраль 1979 г. – Ларри Гейтс на Всемирной климатической конференции

Вторым проектом, которым я горжусь, является Программа по диагностике и взаимным сравнениям климатических моделей, выполнявшаяся в Национальной лаборатории Лоренс Ливермор. Группа по разработке и управлению Проектом взаимного сравнения атмосферных моделей совместно с Рабочей группой по численному экспериментированию Комиссии ОНК ВПИК/ВМО по атмосферным наукам (КАН) установили признанные на международном уровне стандарты анализа и оценки климатических моделей.

Что касается моих личных научных достижений, я бы отметил исследования погрешностей конечно-разностных аппроксимаций в атмосферных моделях и численные исследования поведения проходящих волн Россби, которые помогли выяснить динамическое происхождение западных океанских пограничных течений. Я также горжусь тем, что впервые успешно осуществил моделирование климата ледникового периода (18 тысяч лет до н.э.), что послужило толчком к последующему моделированию палеоклимата.

программы с другими научными программами по глобальному изменению, поддерживаемыми МСНС.

Поддержка со стороны международного океанографического научного сообщества в лице МОК также имеет важное значение для ВПИК, способствуя успешной организации крупных океанографических экспериментов, таких, как Эксперимент по циркуляции Мирового океана (ВОСЕ) и КЛИВАР. Такое межведомственное сотрудничество будет играть важную роль в ближайшие годы.

Каковы основные задачи председателя ОНК по ВПИК?

Основная задача, возможно, состоит в поддержке координации и эффективного взаимодействия крупных проектов ВПИК для достижения общих целей программы. Каждый из этих проектов преследует конкретные цели, и задача состоит в том, чтобы должным образом содействовать выполнению этих целей, при этом поощряя и поддерживая другие виды деятельности.

Кроме того, необходимо обратить внимание на координацию деятельности, связанной с моделированием климата, и на развитие международной инфраструктуры моделирования. В частности, Проект взаимного сравнения атмосферных моделей помогает собрать информацию об усовершенствовании моделей и облегчает процесс валидации моделей для Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК).

Будет ли что-либо скорректировано в будущей деятельности в рамках ВПИК?

Следует уделять больше внимания связям с общественностью, чтобы ВПИК стала более заметной для

международного научного сообщества, а также чтобы подчеркнуть ее связь с национальными программами по исследованию климата. Например, можно выпускать информационный бюллетень с описанием различных научных проектов и их роли в деятельности ВПИК. Кроме того, больше внимания следует уделять вопросу глобального потепления. ВПИК могла бы играть более важную роль в международной оценке исследований в области изменения климата, которой впоследствии будет заниматься МГЭИК.

Каковы основные задачи и возможности ВПИК в ближайшее десятилетие?

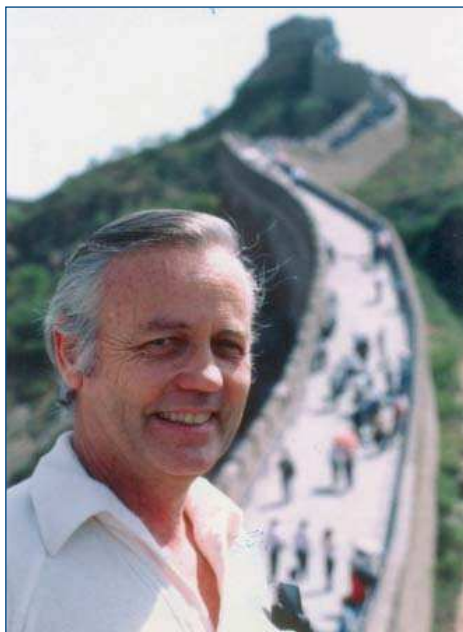
Помимо продолжения деятельности по международной координации климатических исследований, моделирования климата и глобальных систем наблюдения, основной задачей в ближайшее десятилетие будет координация практического применения этих видов деятельности. В рамках ВПИК совместно с другими программами ВМО будет запущен международный проект, который будет обеспечивать систематические прогнозы региональных климатических аномалий с заблаговременностью от месяца до сезона. Хотя эта деятельность была инициирована для научных целей, она может дать большую практическую пользу многим странам и показать результативность 25-летних

инвестиций, вложенных в исследования спонсорами ВПИК.

Еще одна важная задача, стоящая перед ВПИК, связана с Партнерством по наукам о системе Земля. Эта область будет иметь важное значение для успешной разработки комплексных моделей системы Земля. Для того чтобы исследования климата и глобальных изменений затронули проблемы, связанные с углеродом, водными ресурсами, продовольствием и здоровьем, ВПИК совместно с другими международными программами, такими, как Международная программа геосфера-биосфера, Международная программа по изучению антропогенных факторов глобальных изменений окружающей среды (Международного совета по науке) и ДИВЕРСИТАС (Международная программа по исследованию в об-



Гуаякил, Эквадор, март 2005 г. – Ларри Гейтс (слева), Питер Лемке, председатель ОНК ВПИК (сидит) и Дэвид Карсон, руководитель ВПИК, на церемонии празднования 25-летия ВПИК



Ларри Гейтс у Великой Китайской стены, июль 1985 г.

ласти биоразнообразия), предстоит решить задачу по обеспечению научной базы для успешного внедрения научных результатов в практику.

Каким видится для Вас будущее численного моделирования применительно к прогнозированию погоды, климата и климатических изменений?

Численное моделирование обеспечивает научную основу для современного прогнозирования погоды и воспроизведения климата и, как ожидается, может обеспечить дальнейшее повышение точности краткосрочных (погода) и долгосрочных (климат) интеграций посредством более совершенных моделей и создания ансамблей. Однако необходимо признать, что хаотичный характер поведения атмосферы ограничивает оправдываемость, которую можно достичь, так что все прогнозы по своей сути являются вероятностными.

Среди будущих задач моделирования я бы отметил следующие наиболее важные области: конвекция, химия атмосферы и аэрозоли и интерактивная связь с экологией. Каждая из них потребует значительно более высокого разрешения, которое, например, позволило бы дать надежное определение динамики атмосферных движений конвективного масштаба и взаимодействий приземных экосистем. Я предвижу появление семейства гибридных динамико-статистических моделей, которые способны полностью использовать ассимиляцию данных наблюдений во всех пространственно-временных масштабах.

Учитывая существующие знания и перспективные оценки изменения климата, что, на Ваш взгляд, следует делать на уровне государства для решения этой проблемы?

Все государства должны признать, что изменение климата – это глобальная проблема, и что климат в каждой стране есть не что иное, как результат глобального взаимодействия между факторами климатического воздействия и обратной связи, как природными, так и антропогенными.

Совместно проводя наблюдения и моделирование в рамках международной программы, такой, как ВПИК, страны мира могут значительно расширить свои ресурсы и координировать ответные меры на влияние изменения климата.

Хотя некоторые аспекты проблемы требуют дальнейших исследований, огромный объем научных данных свидетельствует о том, что основная часть наблюдаемого глобального потепления связана с деятельностью человека. Поэтому все страны должны совместными уси-

лиями пытаться снизить пагубное влияние глобального потепления, при этом особое внимание необходимо уделять странам, расположенным в зонах повышенного риска.

Засуха в Австралии в 2005 году

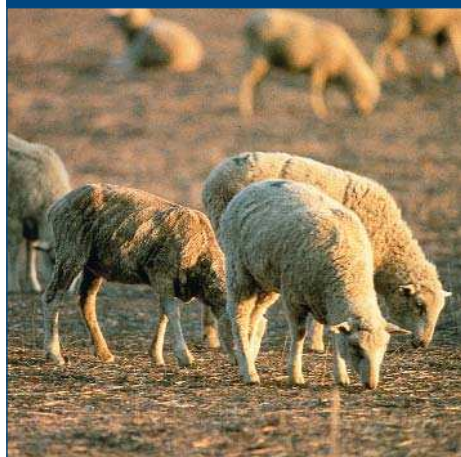


Фото Министерства иностранных дел и торговли Австралии

Эндрю Б. Уоткинс, Национальный климатический центр, Бюро метеорологии, PO Box 1289, Melbourne, VIC 3001
a.watkins@bom.gov.au

Предисловие

На большой территории Австралии первые пять месяцев 2005 г. были исключительно сухими (рис.1), поэтому многие назвали этот период чрезвычайно сильной засухой. Хотя для континента, известного своими продолжительными засухами, может показаться странным называть столь короткий период сухой погоды "засухой", не говоря уже о том, что этот континент отличается самой сильной на Земле климатической изменчивостью,

в первой половине 2005 г. на востоке континента установилась погода, напоминавшая об экстремальной засухе 2002–2003 гг.

Предшествующие гидрометеорологические условия

Засуха в Австралии в 2002–2003 гг., связанная с Эль-Ниньо (Coughlan et al., 2003), была, возможно, самой сильной кратковременной засухой, когда-либо наблюдавшейся в стране (Nicholls, 2004); она продолжалась с марта 2002 г. до января 2003 г. Анализ данных осадков за этот 11-месячный период показал, что на площадь, составляющую 90% всей страны, осадков выпало ниже многолетней средней, причем на площади, равной 56% страны, выпало осадков в количестве минимальных 10% (т.е. дециль-1) от суммарных величин (в масштабе всей страны данные об осадках начали собирать с 1900 г.).

Последствия повсеместного дефицита осадков усугублялись высокой скоростью потенциального испаре-

ния под действием очень высокой дневной температуры. В период с марта 2002 г. по январь 2003 г. отмечена аномалия максимальной температуры (+1,51°C), что значительно выше (0,61°C) предыдущего показателя, установленного в марте – январе 1980 г. Во время засухи 2002–2003 гг. во многих районах Австралии наблюдались разрушительные лесные пожары, сильные пыльные бури и отмечено бедственное положение в сельском хозяйстве, которое привело к снижению ВВП Австралии более чем на 1%.

Хотя дожди, начавшиеся в начале 2003 г. и продолжавшиеся до середины года, вначале принесли значительное облегчение, 2003 год оказался средним для Австралии по количеству выпавших осадков. Однако для того чтобы в достаточной степени пропитать почву влагой, вернуть рекам былую полноводность и заново наполнить сельские плотины и городские водохранилища, необходимо количество осадков выше средней величины. Действительно, на значительной

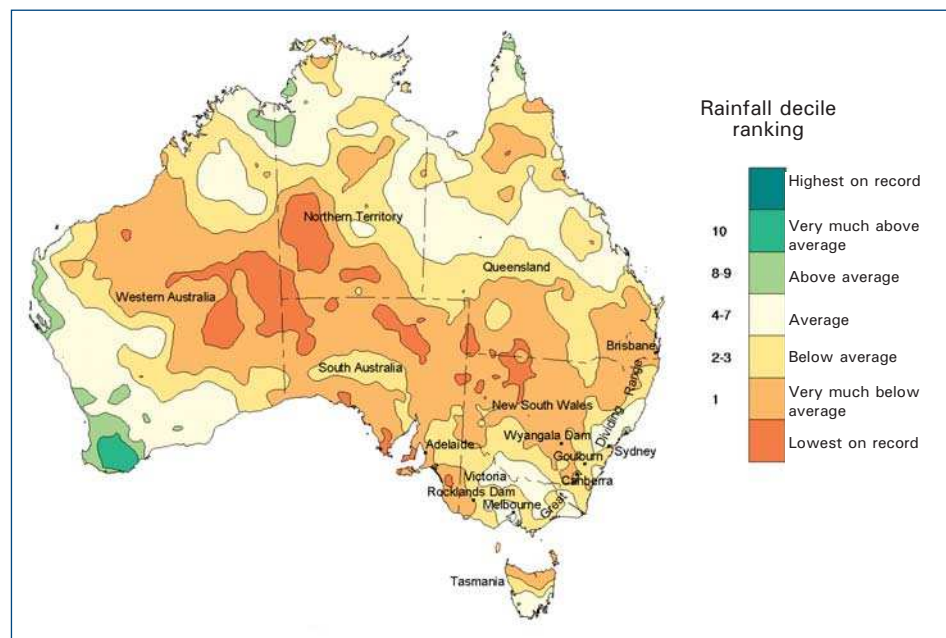


Рисунок 1 – Уменьшение количества осадков в период с 1 января до 31 мая 2005 г.

территории восточной части Австралии, в наибольшей степени пострадавшей от засухи 2002–2003 гг., количество осадков в основном колебалось от среднего до ниже среднего. Кроме того, отмечались высокие аномалии максимальных температур в 2003 г. (на $+0,65^{\circ}\text{C}$ выше средней за период 1961–1990 гг.), которые занимают шестое место в ряду самых высоких аномалий за весь период наблюдений. Во многих районах урожайность была ниже средней, хотя в целом выше урожайности предыдущего года. Отмечено лишь частичное восстановление после засухи.

В следующем, 2004 году повторилась та же картина. Опять количество осадков в пределах или ниже нормы на востоке Австралии не смогло компенсировать их дефицит, наблюдаемый в этом районе со времени засухи 2002–2003 гг. В частности, объем водохранилищ колебался от низкого до чрезвычайно низкого, что привело к ограничению потребления воды городскими пользователями Аделаиды, Мельбурна, Канберры и Сиднея и сокращению количества дождевальных установок в сельской местности. На большой территории восточной части континента дневная температура была также выше средней – это восьмой по счету самый жаркий год в Австралии ($+0,53^{\circ}\text{C}$) по данным о годовых температурах на территории страны, имеющимся с 1910 г.

Сухая погода в начале 2005 года

Поскольку как минимум три сезона подряд количество осадков было ниже нормы, а в некоторых районах еще дольше (на юго-востоке Австралии количество осадков ниже нормы наблюдалось с 1996 г.), надеялись, что 2005 год ликвидирует последствия длительной засухи в

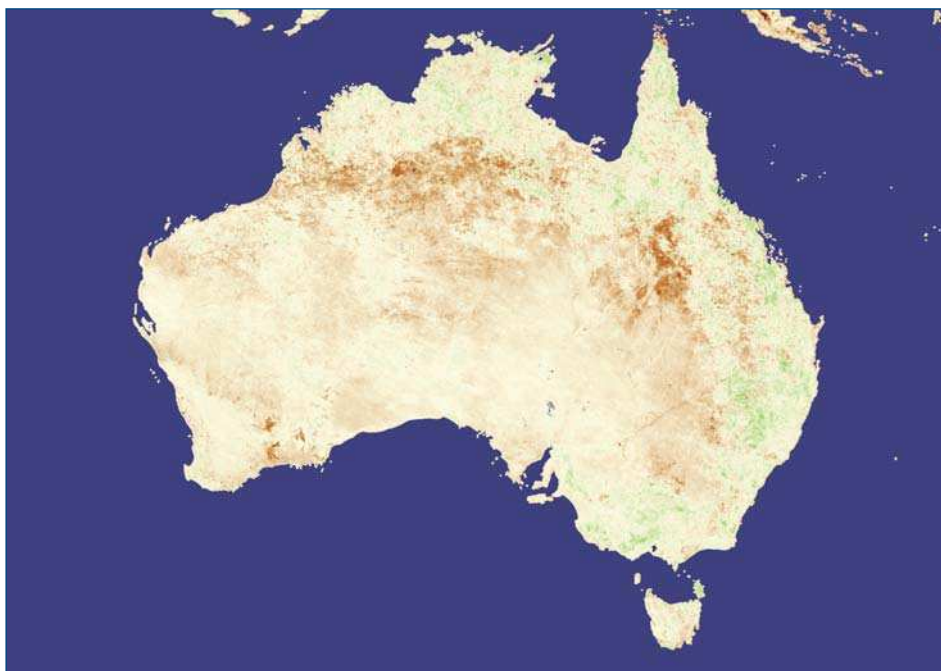
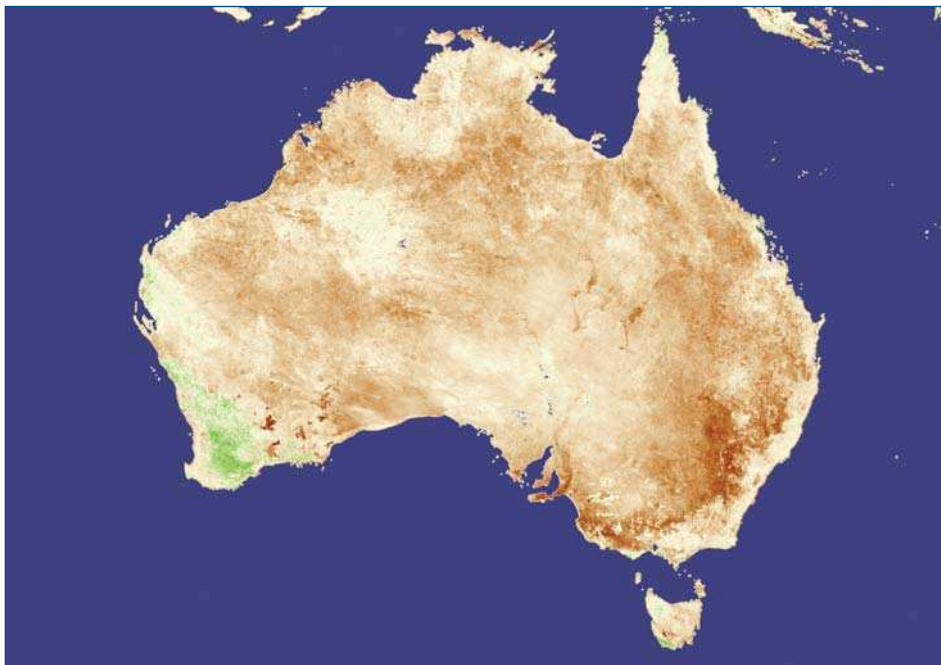


Рисунок 2 – Изображения аномалий растительности по нормализованному разностному индексу растительности (NDVI) за январь 2005 г. (верхний снимок) и май 2005 г. (нижний снимок). Более засушливые области (по сравнению с тремя предыдущими годами) обозначены коричневым цветом, а области с растительностью выше нормы обозначены зеленым цветом. Изображения НАСА сделаны Джесс Алленом из Обсерватории Земли с использованием данных, любезно предоставленных Службой сельского хозяйства зарубежных стран Министерства сельского хозяйства США и обработанных Дженифер Смол и Ассафом Аньямба (Группа GIMMS Годдардского центра космических полетов НАСА)



сельском хозяйстве. Однако, судя по чрезвычайно важным первым пяти месяцам (период, когда на большей территории южных пастбищных угодий выпадают крайне важные осенние осадки), эти надежды не оправдались (рис.2).

В период январь – май 2005 г. в Австралии выпало в среднем лишь 167 мм осадков (рис.1) – это второй по счету самый низкий показатель суммы осадков за этот период (после 1965 г.) по данным месячных осадков на территории страны, имеющимся с 1950 г. Особенно сильно пострадали от засухи основные сельскохозяйственные районы на юге Квинсленда, в центральной части и на севере Нового Южного Уэльса и на юге южных территорий Австралии. В Центральной Виктории также наблюдалась очень сухая погода несмотря на среднее количество осадков за весь период; несмотря на рекордные по силе ливни продолжительностью 36 часов, отмеченные 2 и 3 февраля, в этом районе выпало лишь около половины нормы осадков. Дефицит осадков еще больше усугублялся самой высокой температурой, когда-либо наблюдававшейся в этот пятимесячный период, при этом температура превышала норму на 1,75°C, тогда как за предыдущий период январь – май эта величина составила 0,57°C.

Апрель, когда у фермеров на юге страны обычно бывает "осенний перерыв" вследствие первых за сезон благодатных дождей, оказался удручающе неблагоприятным. Помимо того, что среднемесячное количество осадков составило 10,9 мм (при средней величине 31,05 мм), максимальная температура превысила норму на 3,11°C – это на 0,7°C выше не только предыдущего значения, но и самой большой месячной аномалии, зарегистрированной с момента начала наблюдений.

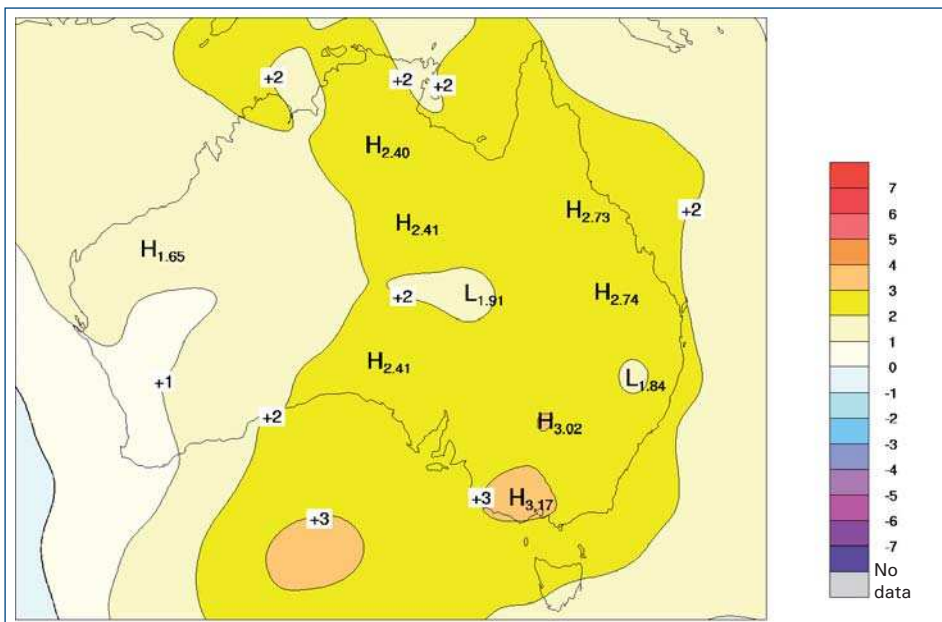


Рисунок 3 – Средние аномалии давления на уровне моря в гПа за март – май (осень) 2005 г. относительно 22-летних климатологических данных повторного анализа национальных центров по прогнозам окружающей среды

В мае в южных сельскохозяйственных районах выпало лишь 6 мм осадков (при среднем значении около 40 мм), а максимальная температурная аномалия в масштабе всей страны составила +1,95°C, за счет чего май стал вторым (после 2002 г.) в ряду самых теплых месяцев по данным наблюдений.

Экстремально сухая погода, установившаяся в начале 2005 г., была вызвана главным образом аномально высоким давлением над территорией страны, наблюдавшимся с начала года (рис.3). Это не только усилило субтропический гребень высокого давления и, следовательно, послужило препятствием для выпадения осадков во внутренних районах страны, но и не позволило более прохладному влажному воздуху распространяться от Южного океана на север в основном за счет сохранения активности фронта на юге континента. Кроме того, летом и в начале осени высокое давление препятствовало проникновению австралийского муссона на юг.

Хотя эти условия также способствовали повышению температуры, она была значительно выше предполагаемой, учитывая аномалии осадков, и, следовательно, также отражала более продолжительный тренд потепления в климате Австралии.

Сухая и жаркая погода в начале 2005 г. усугублялась более длительной засухой. Что касается восточной части Австралии в целом, четырехлетний период с июня 2001 г. по май 2005 г. явился самым засушливым за весь период наблюдений. Относительно сельскохозяйственных районов Австралии, более сухим был лишь четырехлетний период (с июня 1911 г. по май 1915 г.), при этом условия 2005 г. можно сравнить с длительной засухой 40-х годов прошлого века. Однако в 40-е годы прошлого века засуха была еще более продолжительной и, следовательно, можно утверждать, что по дефициту осадков это был более тяжелый период.

Таким же образом если рассматри-



вать 39 месяцев, начиная с марта 2002 г. (начало засухи 2002–2003 гг., связанной с явлением Эль-Ниньо) (рис.4), в восточной части Австралии (к которой относятся Квинсленд, Новый Южный Уэльс, Виктория и Тасмания) отмечен второй по засушливости период за всю историю наблюдений после периода "федеративной" засухи 1900–1903 гг. ("Федеративная" засуха началась примерно в 1895 г. и, следовательно, в целом была более длительной. Ее название связано с тем, что она затронула 1901 год, когда была образована Австралийская Федерация.) Аналогичным образом на востоке Австралии 39-месячный период, начиная с марта 2002 г., был, безусловно, самым теплым за всю историю наблюдений (средняя температурная аномалия составила $+0,69^{\circ}\text{C}$), причем за ним следует период 2001–2004 гг. Максимальная средняя температура для Австралии за 39-месячный период превысила норму на $0,99^{\circ}\text{C}$, что также выше аналогичного показателя 2001–2004 гг.,

Циркуляция Уолкера

Циркуляцией Уолкера называется круговорот воздуха, возникающего над Индонезией и опускающегося над восточной частью Тихого океана, вызывая восточные пассаты вблизи приземного слоя и западные ветры в верхней тропосфере.

причем третий из самых теплых периодов (1979–1982 гг.) был значительно прохладнее ($0,59^{\circ}\text{C}$). К сожалению, данные о температурных аномалиях в масштабе всей страны за период "федеративной" засухи отсутствуют. Однако годовые максимальные температурные аномалии за 4 года (1943–1946 гг.) в среднем составили $-0,14^{\circ}\text{C}$, что значительно ниже последних аномалий.

Последствия засухи 2005 года

Последствия продолжительной засухи в сочетании с сильной жарой и

дефицитом осадков в начале 2005 г. особенно остро ощущались в области сельского хозяйства (рис.5) и водных ресурсов. В начале июня 2005 г. Австралийское бюро по вопросам экономики сельского хозяйства и ресурсов (АБАРЕ) выпустило отчет о состоянии сельскохозяйственных культур, в котором сообщалось, что общий объем засеянных озимых, вероятно, сократится примерно на 8%, а производство сельскохозяйственной продукции, по прогнозу, снизится на 20%. Эти прогнозы основывались на гидрометеорологических условиях июня и на предполагаемой средней величине и ниже средней величины осадков в оставшуюся часть года.

Запасы воды как для домашних нужд, так и для нужд сельского хозяйства также оставались значительно ниже нормы в большинстве штатов после нескольких лет засухи. К июню запас воды в Сиднее составил 38,4% от общего объема, в Мельбурне – 52%, в Аделаиде – 46%, в Брисбене – 39,4% и в столице страны Канберре – 46%. Малые города и сельские районы также испытали серьезный дефицит воды. В распоряжении Голбурна, маленького городка в Новом Южном Уэльсе с населением 23 тысячи человек, оказалось лишь около 10% потребляемой воды, и жителям рекомендовано использовать менее 150 литров в день. В штате Виктория уровень воды в Роклендской плотине, которая является основным водохранилищем для мелиораторов на северо-западе страны, снизился лишь на 6%, тогда как в Вянгалской плотине на реке Лачлан в центральной части Нового Южного Уэльса он снизился на 8%, причем большинство мелиораторов не получали ассигнований в течение двух лет (см. рис.1).

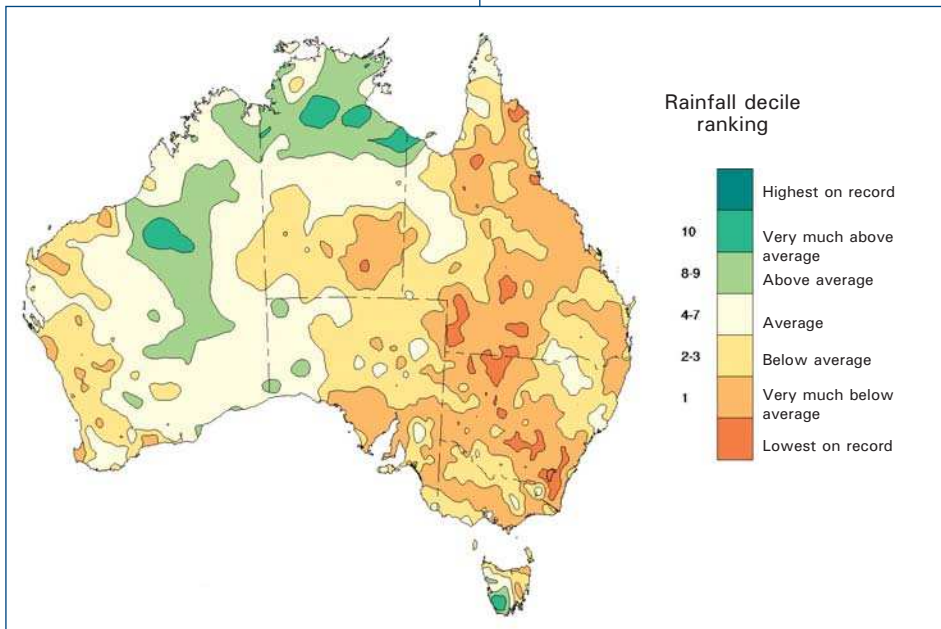


Рисунок 4 – Уменьшение количества осадков с марта 2002 г. (начало засухи 2002–2003 гг., связанной с явлением Эль-Ниньо) по май 2005 г.



Рисунок 5 – Тамворт (северная область центрального района Нового Южного Уэльса) в мае 2005 г. В начале 2005 г. погодные условия в Тамворте были типичными для большей части сельскохозяйственного района Австралии в бассейне рек Муррей и Дарлинг, на который приходится 41% валовой стоимости сельскохозяйственной продукции.
(Фото: Фклисити Гэмбл, NSW DPI/Бюро метеорологии)

Положительным было то, что в начале июня 2005 г. прошли обильные дожди во многих пострадавших от засухи районах. В районах, расположенных во внутриконтинентальной части относительно Большого Водораздельного хребта в штате Виктория, Новом Южном Уэльсе и на юго-востоке Квинсленда, выпало от 100 до 200% среднемесячного количества осадков в июне. Хотя этого количества отнюдь не достаточно для того, чтобы наполнить водохранилища и смягчить последствия засухи, фермеры получили возможность посадить поздние культуры, и начала увеличиваться площадь пастбищ. К тому же благодаря предшествующей теплой погоде температура почвы оказалась выше (и, следовательно, более благоприятной для роста растений), чем обычно бывает в начале австралийской зимы. Более того, хотя первые месяцы 2005 г. были крайне засушливыми на

востоке Австралии, в пшеничной зоне на западе Австралии блокирующие области высокого давления на востоке способствовали выпадению осадков в районах, в которых с 1975 г. количество осадков осенью и в начале зимы было ниже средней величины.

Возможные причины засухи 2005 года

Потепление океана

Причины продолжительной сухой и жаркой погоды в Австралии исследуются до сих пор. Однако ясно, что в течение последних четырех лет центральная часть экваториальной зоны Тихого океана, которая тесно связана с режимом осадков на востоке Австралии (Ropelewski and Halpert, 1987), оставалась чрезвычайно теплой. Осредненные за период март 2002 г. – июнь 2005 г. еженедельные значе-

ния индексов Ниньо* для районов 3, 3.4 и 4 составили, соответственно, +0.44, +0.82 и +0.66. Такие высокие значения индексов Ниньо согласуются с наблюдаемыми многолетними трендами потепления Мирового океана. Согласно последним исследованиям (Mendelsohn et al., 2005), с 1950 года район Ниньо 3 потеплел на 0,5°C.

Учитывая роль океана в общем состоянии атмосферы, неудивительно, что среднемесячный индекс Южного колебания (SOI) за период март 2002 г. – июнь 2005 г. был отрицательным при средней величине -5.9, что свидетельствует об общем изменении тропической циркуляции Уолкера (см. текст в голубой рамке). Длительные отрицательные аномалии SOI, а, следовательно, и ослабление циркуляции Уолкера, связаны с сухой погодой в юго-западной части Тихоокеанского региона и особенно на востоке Австралии (McBride and Nicholls, 1983).

Эти многолетние изменения несколько схожи с многолетними условиями типа Эль-Ниньо, которые наблюдались между 1990 и 1995 гг. (Trenberth and Hoar, 1995). Среднемесячные индексы Ниньо для районов 3, 3.4 и 4 в период между 1990 и 1995 гг. составили, соответственно +0.19, +0.43 и +0.58: они хотя и положительные, но заметно слабее значений 2002–2005 гг., особенно в районах Ниньо 3 и 3.4. В период 1990–1995 гг. лишь на востоке Квинсленда количество осадков было ниже среднего, при этом в неко-

* Индексы Ниньо относятся к аномалиям ТПМ в следующих районах, охватывающих центральную и восточную части экваториальной зоны Тихого океана: район Ниньо 3 – 5°с.ш.–5°ю.ш., 150°–90°з.д.; район Ниньо 3.4 – 5°с.ш.–5°ю.ш., 120°–170°з.д.; район Ниньо 4 – 5°с.ш.–5°ю.ш., 160°–150°з.д.



Фото Министерства иностранных дел и торговли Австралии

Некоторые полезные Web-сайты

Карты осадков BoM

<http://www.bom.gov.au/cgi-bin/climate/rainmaps.cgi>

Карты трендов осадков BoM

http://www.bom.gov.au/silo/products/cli_chg/

Месячные индексы Ниньо

<ftp://ftp.prdd.ncep.noaa.gov/pub/cpc/wd52dg/data/indices/sstoi.indices>

Перспективы на урожай по данным АБАРЕ

<http://www.abareconomics.com/pages/media/2005/7jun.htm>

Изображения NDVI

http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/natural_hazards_v2.php3?img_id=12906

Индекс SAM

[http://web.lasg.ac.cn/staff/ljp/data/SAM\(AAO\).htm](http://web.lasg.ac.cn/staff/ljp/data/SAM(AAO).htm)

<http://horizon.atmos.colostate.edu/ao/>

Значения SOI

<http://www.bom.gov.au/climate/current/soihtm1.shtml>

торых случаях суммы осадков за 5 лет были рекордно низкими. На большой территории юга Австралии количество выпавших осадков превысило среднюю величину.

Изменение западных ветров

Крупномасштабные изменения циркуляции в полушарии также могут влиять на уменьшение количества осадков в Австралии, особенно в южных районах. Это изменение циркуляции связано с истощением антарктического озона, вызванным повышением концентрации парниковых газов. Потеря озона и связанное с ней охлаждение нижней стратосферы на высоких широтах активизируют циркуляцию в районе Антарктики и заставляют тропосферное полярное струйное течение двигаться к полюсу (Thompson and Solomon, 2002). Это, в свою очередь, относит к югу западные ветры средних широт (и связанные с ними осадки). Эта картина особенно заметна в период южной зимы и ранней весны. Показателем силы циркумполярной циркуляции является индекс южного годового типа колебаний (SAM)

(Gong and Wang, 1999), при этом положительные значения свидетельствуют о повышенном давлении на средних широтах и пониженном давлении на высоких широтах.

Среднегодовые значения индекса SAM для 2003 и 2004 гг. составляют, соответственно, +0.46 и +0.96, что указывает на то, что в эти годы произошел общий сдвиг к югу внутритропических циклонов в Южном полушарии, что, в свою очередь, уменьшило количество осадков на юге Австралии. Однако стоит отметить, что наибольшее влияние озона на SAM отмечено зимой и весной, тогда как самое сильное многолетнее сокращение количества осадков на юге Австралии наблюдалось осенью и в начале зимы. Также показано увеличение значений SAM с 60-х годов прошлого века, когда еще не произошло значительного уменьшения озона, что наряду с модельными исследованиями (Fyfe, 2003; Marshall et al., 2004) свидетельствует о том, что существенное влияние на SAM и его тренды оказывает также повышение трендов парниковых газов.

Изменения в земном покрове

Еще одна предполагаемая причина уменьшения количества осадков на юге Австралии, точнее – на юго-западе западной части Австралии, заключается в изменении земного покрова (Pitman et al., 2004). Исчезновение растительности и изменение неровности поверхности (приводящее к изменению потока в данном регионе) вызывают локальные изменения сумм осадков: уменьшение – на юго-западе западной части Австралии и увеличение – внутри континента. Однако это влияние можно до некоторой степени локализовать, поскольку наблюдения подтверждают более сильные изменения циркуляции в масштабе полушария (например, Fyfe, 2003) и, следовательно, повышение тренда в индексе SAM, что может вызвать значительные изменения осадков в этом районе.

Хотя все эти факты указывают на общую тенденцию к более засушливым условиям, необходимо помнить о возможности более влажных климатических циклов, о чем свидетельствует 2000 год (когда наблюдалось явление Ла-Нинья), который был вторым в числе самых влажных лет в Австралии. Однако даже в 2000 г. южные районы, которые, как показано, находятся под сильным влиянием SAM (Meneghini et al., 2004), все же испытывали недостаток осадков; например, количество осадков в штате Виктория заняло лишь 44 место по данным с 1900 г. Области наиболее аномальных осадков в 2000 г. располагались на северо-западе Австралии. Это не только соответствует трендам осадков, наблюдавшимся на северо-западе страны, по крайней мере с 1950 г., но также согласуется с общей картиной взаимосвязи между ТПМ в северо-восточной части Индийского океана и осадками, выпавшими в Австралии зимой (Nicholls, 1989). Начиная

с марта 2002 г., индекс Drowdsowsky (1993 г.) для восточной части Индийского океана показал среднее аномальное значение (+0.37), что свидетельствует о возможном благоприятном влиянии Индийского океана на осадки на северо-западе Австралии в период засухи на востоке и юго-западе Австралии.

Заключение

Климат Австралии подвержен сильным изменениям и цикличности. Периоды сухой и влажной погоды наблюдаются при наличии или отсутствии крупномасштабных внешних воздействий, о чем свидетельствует тот факт, что засуха в 2002–2005 гг. на востоке Австралии была, безусловно, наиболее сильной со времени продолжительной засухи в Австралии в 40-е годы прошлого века, когда сухая погода, особенно на востоке Австралии, преобладала на протяжении многих лет. Однако с учетом того, что последнее уменьшение количества осадков соответствовало многолетним трендам потепления океана и изменения атмосферных характеристик, представляется трудным объяснить современные условия без рассмотрения глобального потепления, даже если необходимо описать только изменение среднего состояния, в котором естественная изменчивость всегда играет свою роль.

Литература

COUGHLAN, M., D. JONES, N. PLUMMER, A. WATKINS, B. TREWIN and S. DAWKINS, 2003: Impacts of 2002/2003 El Niño on Australian climate. In: *Proceedings of DroughtCom Workshop: Improving the Communication of Climate Information*. N. Plummer, M. Flannery, C. Mullen, B. Trewin, A. Watkins, W. Wright, T. Powell and S. Power (Eds), 2, 7–12.

DROSDOWSKY, W., 1993: Potential predictability of winter rainfall over southern and eastern Australia using Indian Ocean sea surface temperature anomalies. *Aust. Meteor. Mag.*, 42, 1–6.

FYFE, J.C., Extratropical Southern Hemisphere Cyclones: Harbingers of Climate Change? (2003) *Journal of Climate*, Vol. 16, No. 17, 2802–2805.

GONG, D. and S. WANG, 1999: Definition of Antarctic Oscillation Index, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 459–462.

MARSHALL, G.J., P.A. STOTT, J. TURNER, W.M. CONNOLLEY, J.C. KING and T.A. LACHLAN-COPE, 2004: Causes of exceptional atmospheric circulation changes in the Southern Hemisphere. *Geophysical Research Letters*, 31(14) doi: 10.1029/2004GL019952.

MENDELSSOHN, R., S.J. BOGRAD, F.B. SCHWING and D.M. PALACIOS, 2005: Teaching old indices new tricks: A state-space analysis of El Niño related climate indices. *Geophysical Research Letters*, Vol. 32, L07709, doi: 10.1029/2005GL022350.

MCBRIDE, J.L. and N. NICHOLLS, 1983: Seasonal relationships between Australian rainfall and the Southern Oscillation. *Mon. Weath. Rev.*, 111, 1998–2004.

MENEGHINI, B., I. SIMMONDS and I.N. SMITH, 2005: Links between the Southern Annular Mode and Australian Rainfall. In: CAS/JSC Working Group on Numerical Experimentation, Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling. J. Cote (Ed.) WMO/TD-No. 12276 35 2–03.

NICHOLLS, N., 1989: Sea surface temperature and Australian winter rainfall. *J. Climate*, 2, 965–973.

NICHOLLS, N., 2004: The changing nature of Australian droughts, *Climatic Change*, 63, 323–336.

PITMAN, A.G., G.T. NARISMA, R.A. PIELKE SR and N.J. HOLBROOK, 2004: Impact of land cover change on the climate of southwest Western Australia, *Journal of Geophysical Research. D. Atmospheres* 109(D18) doi: 10.1029/2003JD004347.

ROPELEWSKI, C.F. and M.S. HALPERT, 1987: Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1606–1626.

THOMPSON, D.W.J. and S. SOLOMON, 2002: Interpretation of Recent Southern Hemisphere Climate Change, *Science*, 296(5569) 895–899.

TRENBERTH, K. and T.J. HOAR, 1995: The 1990–1995 El Niño-Southern Oscillation Event: Longest on Record. *Geophysical Research Letters*, 23, 57–60.



Использование прогноза климата в рыболовстве



Как климатическая информация и прогнозы климата помогают Малым островным развивающимся государствам в Тихом океане

Последние достижения в области прогнозов явления Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНСО) на основе модели общей циркуляции океана и атмосферы (AOGCM) (см. McAvaney et al., 2001) вместе с успехами моделирования первичной продукции с использованием модели биохимии океана позволяют Малым островным развивающимся государствам в Тихом океане (СИДС – Тихий океан) более успешно управлять одним из важнейших природных океанических ресурсов – запасом полосатого тунца (*Katsuwonus pelamis*).

Вооружившись прогнозом ЭНСО и другой климатической информацией, государства СИДС – Тихий океан могут лучше обосновывать свою позицию в процессе принятия реше-

Питание полосатого тунца

Полосатый тунец питается рыбой (такой, как сельдь, анчоус и сардины), ракообразными и моллюсками. Скопления полосатого тунца обычно обнаруживают в зонах конвергенции и апвеллинга. В этих зонах сталкиваются различные воды, нередко обладающие разной температурой. Эти зоны отличаются высокой продуктивностью и благоприятными условиями для питания.

ния при переговорах относительно квот на ловлю тунца с представителями промысловых судов, желающими заниматься ловлей рыбы в пределах исключительных экономических зон (ИЭЗ) этих стран.

С начала 1970-х годов промысловые рыболовные компании действуют в регионе Тихого океана, поскольку здесь обнаружены самые большие запасы тунца (особенно полосатого тунца). Полосатый тунец составляет около 70% общего улова тунца в ИЭЗ стран СИДС – Тихий океан. Этот вид водится в основном в верхнем перемешанном слое экваториальной зоны океана, однако наибольший улов производится в теплых водах западной части экваториальной зоны Тихого океана (Lehodey et al., 1997).

На основе данных Секретариата Тихоокеанского сообщества (СТС) проведен анализ улова полосатого тунца в западной части Тихого океана, а также объема улова в метрических тоннах в день на протяжении одной недели с использованием кошелькового невода (около 25% годового улова полосатого тунца в этом регионе с использованием кошелькового невода).

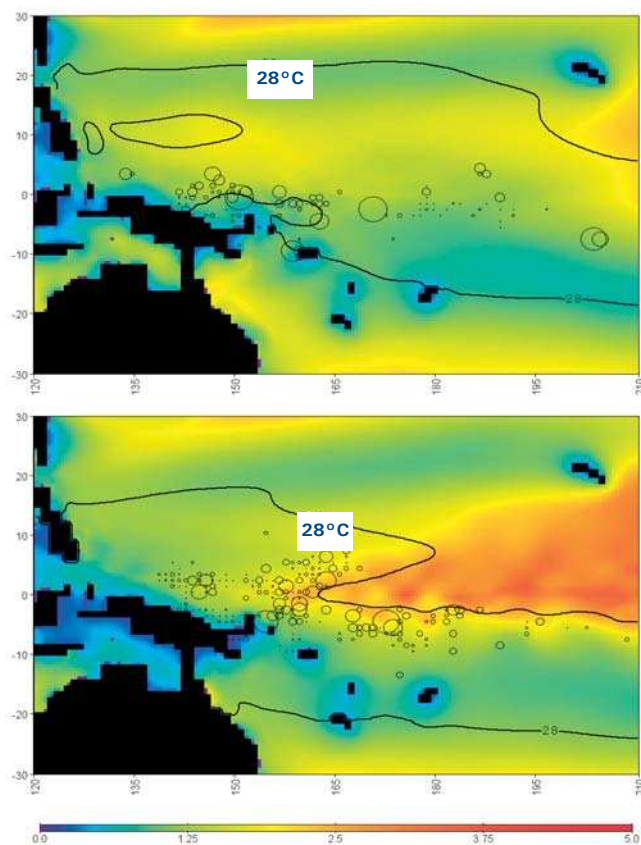
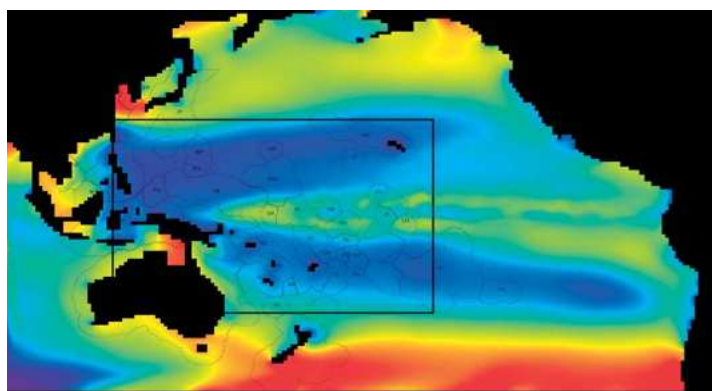
Как показал анализ, одно из наиболее удачных рыболовных мест рас-

положено вблизи зоны конвергенции между теплыми слабосолеными водами (с температурой выше 28–29°C) и относительно холодными водами в центральной части экваториальной зоны Тихого океана (Lehodey et al., 1997). Эта зона конвергенции с ярко выраженным соленым фронтом, которой примерно соответствует поверхностная изотерма 28,5°C, подвержена пространственным колебаниям, охватывающим несколько тысяч километров относительно ЭНСО.

Эта зона конвергенции привлекает тунца, возможно, благодаря наличию корма, накапливающегося за счет горизонтальных течений. Именно это предсказывает простая модель питания тунца, использующая спрогнозированные поля окружающей среды биогеохимической модели, сопряженной с моделью AOGCM, разработанной в СТС (Lehodey, 2001). Спрогнозированные максимальные значения корма хорошо соответствуют высоким объемам улова. Точные прогнозы ЭНСО учитывают прогноз корма полосатого тунца, а, следовательно, его миграции и улова (см. рисунок). Изменчивость, связанная с ЭНСО,

Страны-члены Секретариата Тихоокеанского сообщества, НГМС которых участвовали в проекте по исследованию полосатого тунца

- Американское Самоа
- Гуам
- Сайпан
- Северные Марианы
- Гавайи
- Французская Полинезия, Уоллис и Футуна
- Австралия
- Новая Зеландия
- Самоа
- Фиджи
- Тонга
- Кирибати
- Нуи
- Острова Кука
- Вануату
- Папуа - Новая Гвинея
- Соломоновы острова
- Тувалу
- Федеративные Штаты Микронезии
- Республика Маршалловы острова
- Республика Палау
- Токелау
- Науру



Прогноз пространственного распределения корма в поверхностном слое Тихого океана и объем улова полосатого тунца по данным наблюдений. Верхний рисунок слева: пример прогноза корма в поверхностном слое Тихого океана с наложением ИЭЗ Тихоокеанских островов на рассматриваемый район (черная рамка). Справа (верхний и нижний рисунки): прогноз распределения корма и объем улова полосатого тунца (указанный размером кружков) с использованием кошелькового невода в периоды Эль-Ниньо (октябрь 1997 г.) и Ла-Нинья (апрель 1999 г.). Налагается изотерма средней температуры 28°C в слое 0–100 м (источник: П. Леходей)

по-видимому, также влияет на увеличение численности популяции (количество мальков, присоединившихся к косяку взрослой рыбы) и общую массу тунца (Lehodey et al., 2003). Это влияние исследуется с помощью усовершенствованного варианта модели тунца, который более реалистично объясняет динамику промежуточных трофических слоев (т.е. мест кормежки тунца) в океане и реакцию тунца на изменения мест питания и нереста. Подтверждение того, что эта модель может прогнозировать связанное с климатом колебание численности тунца, имело бы важное значение для более эффективного управления запасами тунца особенно сейчас, когда начала действовать Международная комиссия по проблемам рыболовства в западной части центральной зоны Тихого океана.

Благодарности

Патрик Леходей, ведущий научный специалист в области рыболовства,

а также Секретариат Тихоокеанского сообщества (www.spc.int), г. Нумеа, Новая Каледония, предоставили рисунки и ценные комментарии относительно этой статьи. Два проекта Программы СТС по рыболовству в океане финансировались Европейским союзом: проект регионального мониторинга и оценки ресурсов тунца в южной части Тихого океана и Тихоокеанский региональный проект по рыболовству в прибрежной зоне и в открытом океане.

Литература

McAVANEY, B.J., C. COVEY, S. JOUS-
SAUME, V. KATTSOV, A. KITON,
A.J. PITMAN, A.J. WEAVER,
R.A. WOOD and Z.C. ZHAO, 2001:
Model evaluation. In: *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. van de Linden,

X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson (Eds.). Cambridge University Press, 471–523.

LEHODEY, P., M. BERTIGNAC, J. HAMPTON, A. LEWIS and J. PICAUT, 1997: El Niño Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature*, 389, 715–718.

LEHODEY, P., 2001: The pelagic ecosystem of the tropical Pacific Ocean: dynamic spatial modelling and biological consequences of ENSO. *Progress in Oceanography*, 49, 439–468.

LEHODEY, P., F. CHAI and J. HAMPTON, 2003: Modelling climate-related variability of tuna populations from a coupled ocean-biogeochemical-populations dynamics model. *Fisheries Oceanography*, 12 (4), 483–494.

Сезон ураганов 2004 г.



Ураган Фрэнсис (снимок: НУОА)

В основе этой статьи лежит доклад о сезоне ураганов в бассейне Атлантического океана и восточном районе северной части Тихого океана, подготовленный Ликсионом Авиллой, РСМЦ Майями, и представленный на заседании Комитета по ураганам PA IV (Сан-Хосе, Коста-Рика, апрель 2005 г.).

Сезон ураганов в Атлантике

США

Сезон ураганов 2004 г. в Атлантике был одним из самых разрушительных за весь период наблюдений. В этом году от штормов погибли 3100 человек, т.е. 2004 год стал вторым по количеству потерянных человеческих жизней; из 3100 человек 60 погибли в США. США понесли рекордный материальный ущерб в 45 миллиардов долларов США, пере-

жив выход на сушу пяти ураганов (*Чарли, Фрэнсис, Гастон, Иван и Жанна*) и прохождение шестого (*Алекс*) с эпицентром в 16 км от Ау-тер Бэнкс, Северная Каролина. Кроме того, в категории тропических штормов на сушу выходили *Бонни, Гермине* и *Мэтью*. "Солнечный штат" Флорида стал известен под названием "Фанерный штат" после того, как был сильно побит ураганами *Чарли, Фрэнсис, Иван* и *Жанна*.

Острова Карибского моря

Острова Карибского моря также сильно пострадали. Ураган *Чарли* обрушился на Кубу в качестве сильного урагана (скорость ветра – 179 км/час или выше – категория 3 или выше по шкале Саффира-Симпсона). Ураган *Иван* привел к гибели людей и крупным разрушениям на Гренаде, Ямайке, Большом Каймане и Кубе, а Ураган *Жанна* вызвал катастрофические ливневые паводки на Гаити, которые явились причиной гибели тысяч людей и оставили без крова сотни тысяч. В 2004 г. сформировалось пятнадцать именованных штормов, включая субтропический шторм *Николь*. Девять из именованных систем ста-

Сезон ураганов 2004 г. в Атлантике был одним из самых разрушительных за весь период наблюдений. Он унес более 3100 человеческих жизней в странах Карибского бассейна и США.

ли ураганами, из которых шесть – сильными ураганами. Еще одна дополнительная тропическая депрессия не достигла силы шторма. Эти цифры значительно превышают средние показатели за длительный период (1944–2003 гг.), когда в год в среднем наблюдалось 10,2 именованных штормов, 6,0 ураганов и 2,6 сильных ураганов. В 2004 г. только в августе наблюдалось формирование восьми тропических штормов, что является рекордом для этого месяца.

Сезон 2004 г. отличался также интенсивными и продолжительными ураганами. Шторм *Иван* (категории 5) достиг минимального давления в 910 гПа, тем самым уступая по интенсивности только пяти тропическим циклонам, когда-либо наблюдавшимся в Атлантическом бас-



Наводнение на Гаити, вызванное ураганом Жанна

сейне. Кроме того, *Иван* относился к категории сильных ураганов, который продолжался 10 дней, установив новый рекорд для одного шторма со времени начала надежных наблюдений в 1944 г. Что касается "накопленной циклонной энергии" (сумма площадей, на которых наблюдалась максимальная скорость ветра с интервалами в шесть часов), то суммарная величина в 2004 г. превысила долгосрочную среднюю величину более чем в два раза.

Уровни штормовой активности 2004 г., превысившие норму, продолжили тенденцию увеличения количества штормов, начавшуюся в 1995 г. Отчасти это происходит из-за того, что в последние 10 лет в северной части Атлантического океана температура поверхности моря (ТПМ) была значительно теплее, чем в предыдущее десятилетие. Фактически, 2004 г. был вторым самым теплым годом, начиная с 1948 г., если брать ТПМ на площади между 10°с.ш. и 20°с.ш. в тропической зоне Атлантического океана в пиковые месяцы сезона ураганов. Однако крупномасштабные ведущие системы распределения атмосферного давления в значительной степени отличались от систем, большей час-

тью наблюдавшихся в последнее десятилетие, для которых была характерна ложбина на среднем ярусе около восточного побережья США, отводившая многие штормы в море до того, как они могли выйти на сушу. Напротив, устойчивое высокое давление над восточной частью США и западной частью Атлантического океана в течение 2004 г. удерживало штормы сезона 2004 г. на более западных направлениях. Ведущий поток вступил во взаимодействие с вертикальным сдвигом ветра, который был ниже нормы над Карибским морем и западной частью Атлантического океана. Это сочетание позволило ураганам, приближающимся к Североамериканскому континенту, сохранить большую часть своей интенсивности. Остается выяснить, являются ли эти крупномасштабные системы аномалией на один год или представляют угрозу на более длительный срок.

Сезон ураганов в восточной части Тихого океана

В восточной части Тихого океана активность тропических циклонов была ниже среднего. Наблюдалось 12 именованных ураганов; шесть из них были квалифицированы как

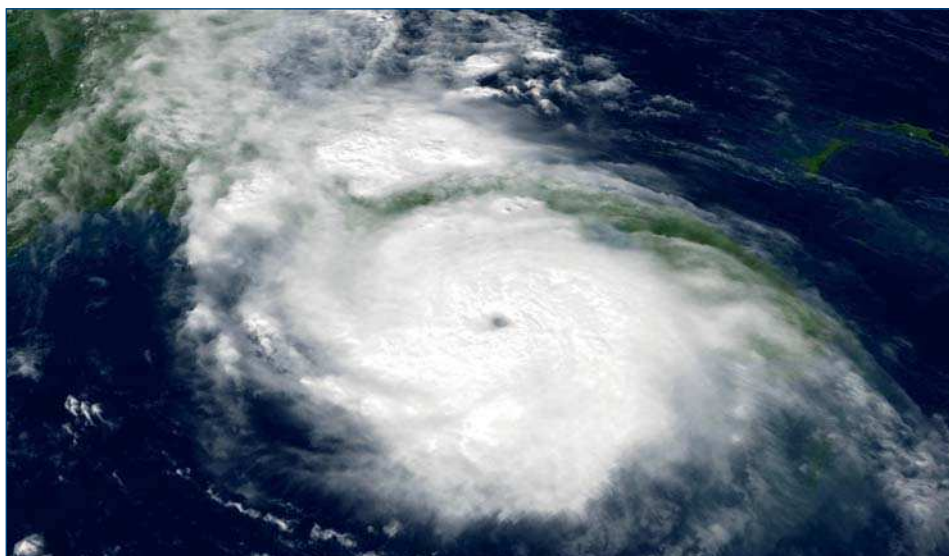
Уровни штормовой активности 2004 г., превысившие норму, продолжили тенденцию увеличения количества штормов, начавшуюся в 1995 г.

ураганы. Три из шести достигли категории 3 или выше по шкале Саффира-Симпсона, находясь далеко от суши. Для этого бассейна средние годовые показатели за длительный период составляют 16 именованных тропических циклонов и 9 ураганов. Кроме того, наблюдались три тропических депрессии, которые оставались в море, и еще одна, которая задела Мексику. Зарождение большей части тропических циклонов было связано с тропическими волнами, двигавшимися в западном направлении. Сезон был благоприятным, о человеческих жертвах или материальном ущербе, связанном с тропическими циклонами, не сообщается. Ни один из циклонов не вышел на сушу в качестве тропического шторма или урагана. Однако *Явьер* достиг Байи (Калифорния) в качестве тропической депрессии, а тропический шторм *Лестер* задел юго-западное побережье Мексики. Последний циклон сезона – тропическая депрессия 16-Е – оказался не длительным циклоном, который развился примерно в 507 км к юго-юго-востоку от Кабо Сан-Лукас, Мексика, утром 25 октября.

Циклон двигался на север и пересек самый дальний участок юго-восточной части моря Кортеса до того, как выйти на сушу по всей линии юго-западного побережья Мексики между Гуасаве и Тополобампо 26 октября. В прибрежных и горных районах запада, центра и северо-запада Мексики прошли сильные дожди, вызвав локализованные наводнения. В конечном счете влажность, обусловленная циклоном, распространилась на северо-восток север-



В сентябре 2004 г. ураган Иван разрушил 90 % зданий на Гренаде



Ураган Чарли (снимок: НУОА)

ной части Мексики и частично затронула участки южных равнин США.

Ураганы, тропические штормы, тропические возмущения и связанные с ними наводнения

Багамские острова

Два циклона затронули острова Багамского архипелага, один из которых затронул также острова Теркс и Кайкос. Сильный ураган *Фрэнсис* затронул всю территорию Багамских островов и островов Теркс и Кайкос, при этом эпицентр урагана прошел недалеко от островов Теркс и Кайкос прямо над Сан-Сальвадором. Через три недели после того, как *Фрэнсис* отошел от Багамских островов, рядом прошел эпицентр другого сильного урагана – *Жанна*. Ураган *Фрэнсис* унес две человеческих жизни: одну – на острове Нью-Провиденс, другую – во Флитпорте, остров Большой Багама. На многих островах большой ущерб был нанесен как государственной, так и частной инженерно-строительной инфраструктуре.

Барбадос

Тропические циклоны угрожали Барбадосу с начала августа до первой недели сентября. *Чарли*, возникший

в результате тропической волны, которая развилась в циклон 9 августа, располагаясь в нескольких сотнях миль к востоку от Барбадоса и в течение короткого периода угрожая острову. 13 августа в результате мощной тропической волны сформировалась ТД № 5 и 14 августа развилась в непродолжительный тропический шторм *Иарл*. Продолжительный и разрушительный сильный ураган *Иван* первый раз серьезно угрожал Барбадосу в течение первой недели сентября. Он обрушился на остров 7 сентября с ветром, имевшим силу сильного тропического шторма, и нанес ущерб на несколько миллионов долларов США.

Острова Кайман

Иван превратился в медленно движущуюся систему по мере приближения к островам Кайман и в качестве урагана 4 категории продви-

Иван относился к категории сильных ураганов, который продолжался 10 дней, установив новый рекорд для одного шторма со времени начала надежных наблюдений в 1944 г.

нулся на 34 км в глубь южного побережья острова Большой Кайман (см. Статью в Бюллетене ВМО 54(2), стр. 197). В результате этого медленного продвижения вперед Большой Кайман оставался под воздействием системы с полудня 11 сентября до утра 13 сентября. Это привело к штормовому нагону высотой 2,5–3 м, а также к крупным повреждениям и разрушениям собственности на сумму порядка 3,5 долларов США (по сообщениям Экономической комиссии ООН для стран Латинской Америки и Карибского бассейна) (ЭКЛАК)).

Однако отличное взаимодействие между средствами массовой информации, Метеорологической службой и Национальным комитетом по ураганам привело к частому и широкому распространению бюллетеней и предупреждений для населения из надежного источника. В результате много людей были эвакуированы с острова до появления урагана, а другие заранее нашли безопасное убежище. Поэтому сообщается только о двух подтвержденных жертвах, непосредственно связанных с ураганом.

Куба

Два чрезвычайно сильных урагана обрушились на Кубу. Ураган *Чарли* вышел на сушу на востоке Кубы 13 августа с максимальной постоянной скоростью 190 км/час и с порывами до 215 км/час. Был нанесен серьезный ущерб инфраструктурам связи и подачи энергии, зданиям и сельскому хозяйству, оцениваемый в 923 миллиона долларов США, и потеряно четыре человеческих жизни. Всего через месяц мощный ураган *Иван* категории 5 нанес удар по самой восточной части Кубы. Широкие мероприятия по подготовке были проведены заблаговременно.

Было эвакуировано более 2 миллионов человек, 60% из них – в дома родственников. Материальный ущерб



оценивается в 1,2 миллиарда долларов США, но человеческих жертв не было. Очень эффективно использовались телевидение и радио для подготовки людей и для передачи прогнозов и рекомендаций непосредственно из Кубинского национального центра прогнозов. Значительное влияние оказало присутствие Президента Кубы Фиделя Кастро в Центре прогнозов во время прохождения урагана *Чарли*, а также в других специальных телевизионных программах во время приближения урагана *Иван*.

Доминиканская Республика

Несмотря на то, что ураган *Жанна* достиг только первой категории во время прохождения над Доминиканской Республикой, он вызвал проливные дожди, сильный ветер, крупные наводнения и речные паводки, ущерб сельскому хозяйству и грязевые оползни. Были разрушены мосты, отрезаны дороги и линии подачи энергии, прервана телефонная связь. Погибли 23 человека, сотни остались без крова. По сообщениям ЭКЛАК, ураган *Жанна* нанес ущерб на сумму 270 миллионов долларов США – 1,7 % валового внутреннего продукта страны.

Гренада

Гренада подверглась воздействию трех тропических циклонов с возрастающей мощностью. 9 августа тропическая депрессия (ТД) №3, которая затем развилась в ураган *Чарли*, сформировалась недалеко от острова. Меньше чем через неделю, 15 августа, появился тропический шторм (ТШ) *Иарл*, а затем 7 сентября – ураган *Иван*. Реагирование населения на рекомендации относительно ТД №3 и ТШ *Иарл* было слабым. Несмотря на то, что реагирование на приближение урагана *Иван* улучшилось, в этом районе необходимо было проделать большую работу. Ураган *Иван* привел к большому ущербу и

разрушениям на Гренаде. Около 90% зданий было либо повреждено, либо полностью разрушено. Сильно пострадал сельскохозяйственный сектор. Такие отрасли, как образование, туризм, здравоохранение, промышленность, коммунальные услуги, пострадали по-разному, на общую сумму 1,1 миллиард американских долларов.

К сожалению, непосредственно в результате прохождения урагана *Иван* погибли 39 человек, что очень хорошо отражает низкий уровень реагирования населения на рекомендации и предупреждения. В период после прохождения урагана потери жизни были наиболее ощутимы среди пожилых людей, по мере того, как население пыталось справиться с последствиями урагана. Эпицентр урагана *Иван* прошел на расстоянии около 8 км от южного конца Гренады. Постоянная скорость ветра достигала 193 км/час, с порывами до 214 км/час, а в международном аэропорту Пойнт Салинес зарегистрированы осадки в количестве 133,7 мм.

Гаити

На Гаити в результате ливней выпало 300 мм осадков, а в некоторых местах количество осадков достигало 600 мм. Вызванные этим наводнения привели к тому, что погибли 1261 человек и 1414 человека пропали без вести. В результате тропической депрессии *Жанна* 18 сентября выпало около 300 мм осадков в течение 36 часов. Это вызвало сильное наводнение в городе Гонаивес и привело к гибели 1870 человек, при этом сообщается, что 1184 человека пропали без вести. В обоих случаях метеорологическая служба не смогла отреагировать и предупредить жителей надлежащим образом.

Ямайка

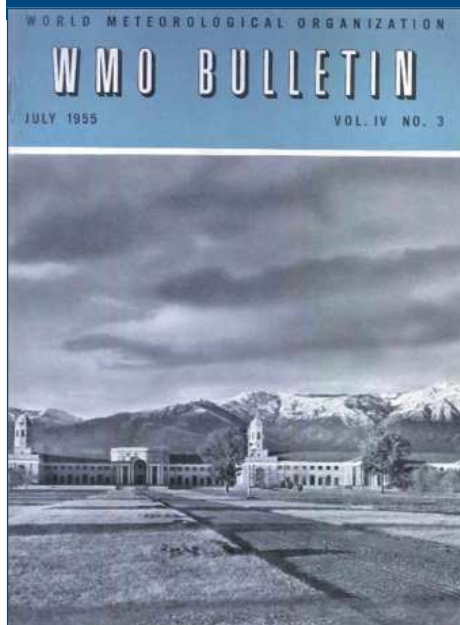
В течение сезона ураганов 2004 г. ураганы атаковали Ямайку дважды: сначала ураган *Чарли* – 11 и 12 августа, а затем ураган *Иван* – с 10 по 12 сентября. *Чарли* прошел приблизительно в 150 км к югу от Кингстона (перед тем как накрыть юго-западное побережье), что привело к значительным разрушениям в результате вызванного ураганом дождя и ветра, гибели одного человека и экономическому ущербу на сумму 4,1 миллиона долларов США. Через месяц ураган *Иван* с ветром категории 4 проявил еще большую ярость, так как его эпицентр находился в 30 км от южного побережья острова. Население Ямайки в полной мере почувствовало тяжесть ветра ураганной силы, проливного дождя, многочисленных оползней и опустошающих штормовых нагонов, оставивших после себя разрушения. В результате урагана *Иван* погибли 17 человек, а нанесенный ущерб оценивается в 575 миллионов долларов США.

Тринидад и Тобаго

Два тропических циклона прошли рядом с Тринидадом и Тобаго. Сначала тропический шторм *Иарл*, который прошел к северу от Тобаго, с порывами ветра, достигавшими скорости 61 км/час. Тропический шторм *Иарл* не оставил после себя крупных разрушений. Ураган *Иван* принес ветер, имевший силу тропического шторма с наветренной стороны Тобаго, и порывы, достигавшие скорости 74 км/час с подветренной стороны. Из-за урагана *Иван* погиб один человек и пострадали сельское и лесное хозяйства. По причине сильного ветра и дождя, вызвавших оползни и сели, повреждена инженерно-строительная инфраструктура. Ураган *Иван* нанес Тобаго ущерб в 4,9 миллиона долларов США. Непосредственно от урагана пострадали тысяча человек, а двадцать два человека остались без крова.



50 лет назад ...



Выдержки из *Бюллетеня ВМО* 4(3),
июль 1955 г.

Отчет Второго конгресса

Введение

Второй конгресс проходил во Дворце наций с 14 апреля по 13 мая 1955 г. под председательством д-ра Ф.В. Рейхельдерфера. В Конгрессе приняли участие делегаты от 80 стран-членов (из 90) и 5 стран, не являющихся странами-членами ВМО.

Вступительное слово

Исследования в области прогнозирования погоды с помощью числен-

ного процесса дали предварительные результаты, представляющие большой интерес для синоптиков, но работе препятствует недостаточное количество аэрологических зондирований в ряде регионов – это как раз тот недостаток, который ВМО может помочь преодолеть, содействуя сотрудничеству между национальными метеорологическими службами. Международный геофизический год (1957/1958 гг.) даст беспрецедентную возможность получить данные для устранения наиболее серьезных пробелов в знании о поведении атмосферы в целом.

Освоение водных ресурсов

ВМО было настоятельно рекомендовано принять на себя ответственность в рамках семейства организаций ООН за поддержку сбора гидрологических данных и за стандартизацию процедур в определенных аспектах гидрологических наблюдений. Генеральный секретарь представил документ, содержащий предложения относительно политики, принципов и будущей программы ВМО в отношении освоения водных ресурсов.

... Особенно было подчеркнуто полезное содействие, которое может быть оказано метеорологическим службам в прогнозировании паводков, вызванных сильными дождями и таящим снегом.

Конгресс решил, что ВМО следует принять ответственность за свое преобразование в специализированную организацию – Организацию Объединенных Наций, занимающуюся теми аспектами программы ООН по освоению водных ресурсов, которые базируются на общих для метеорологии и гидрологии основаниях.

Исполнительный комитет был нацелен на подготовку программы ВМО,

рассчитанной на удовлетворение потребностей Организации Объединенных Наций и специализированных организаций и содействие странам-членам в данной области. В то же время было рекомендовано, чтобы страны-члены, не имеющие централизованных гидрометеорологических служб, предприняли меры по обеспечению тесного сотрудничества между департаментами, отвечающими за выполнение метеорологических и гидрологических функций.

Телесвязь

Было сочтено, что имеется возрастающая необходимость в создании центрального органа, отвечающего за защиту интересов метеорологии в области телесвязи. Конгресс принял предложение Исполнительного комитета о том, что эта задача должна быть возложена на Техни-

Бюллетень ВМО, июльский выпуск 1955 г.

Основной темой выпуска стал отчет Второго Всемирного метеорологического конгресса.

Факты, представленные на этих страницах, взяты из указанного отчета и из статьи о создании системы заблаговременного предупреждения об ураганах в Доминиканской Республике. В 1954 г. ураган *Хейзл* вызвал наводнения в западной части страны, что привело к ряду человеческих жертв, гибели значительного количества скота и крупному ущербу урожаю и собственности.

В других статьях июльского выпуска 1955 г. речь идет о Метеорологической службе Вьетнама и о Программе по техническому сотрудничеству в области метеорологии в Югославии.

ческий отдел Секретариата. Работа будет включать изучение существующей глобальной сети передачи метеорологических данных с целью обнаружения недостатков и принятия мер по их устранению... Следует сохранить тесные контакты с Международным союзом телесвязи ...

Единицы измерения

Конгресс решил принять градусы по Цельсию и метрическую систему мер для оценки метеорологических элементов, включаемых в сводки для международного обмена.

Секретариат

Был одобрен штат из 68 сотрудников ... Будет дополнительный сотрудник, занятый проблемами телесвязи ... Будет принято на работу максимум пять переводчиков и предусматривается принятие дополнительного количества секретарш и машинисток ... Категория ряда постов была повышена.

Максимальное количество постов профессиональной категории выросло с 9 до 19...

Бюджет

Конгресс решил, что максимальные расходы на второй финансовый период составят 1 700 000 долларов США.

Должностные лица организации

Конгресс избрал следующих должностных лиц:

Президент: А. Виот (Франция)
Первый вице-президент: М.А.Ф. Барнетт (Новая Зеландия)
Второй вице-президент: Х. Аморим Феррейра (Португалия)
Избранные члены: Л. де Азкарага (Испания), А. Ниберг (Швеция),

Ф.В. Рейхельдерфер (США), А. Золотухин (СССР), сэр Грэхем Саттон (Соединенное Королевство), М.Ф. Таха (Египет).

Г-н Д.А. Дэвис, директор Британской восточно-африканской метеорологической службы был, назначен Генеральным секретарем.

Другие важные факты

Программа по техническому сотрудничеству

Программа предусматривает создание метеорологических служб в Афганистане и Никарагуа, где в настоящее время нет никакой метеорологической базы.

Радиозонды на борту судна

Транспортное судно "Генерал Гаффи" было оборудовано устройством для выполнения аэрологических зондирований и будет производить наблюдения в течение экспериментального периода продолжительностью один год во время рейсов между Сан-Франциско и Йокосука, Япония. Выражается надежда, что шары весом 100 г будут достигать уровня 300 гПа.

План по созданию системы заблаговременного предупреждения об ураганах в Доминиканской Республике

Рекомендовано следующее:

- Установить оборудование, необходимое для приема радиотелеграфных синоптических метеорологических передач из Майями, Флорида, США.
- Создать общенациональную систему распространения информации об ураганах с использованием печатных оповещений, курь-

ерской службы, телефона ... бюллетеней, размещаемых в общественных местах, сигнальных флажков и знаков, сирен, громкоговорящих установок на транспортных средствах, церковных и сельских колоколов.

- Принимать предупредительные меры ... среди которых обеспечение безопасности основных учреждений; наличие вспомогательного источника электроэнергии; двусторонняя радио и радиотелефонная связь; достаточные запасы продовольствия, воды и медикаментов... предупреждение об опасности выхода из помещений и избегание появления в местах, подверженных высоким приливам, штормовым волнам и речным наводнениям.
- Создание укрытий и предохранительных систем, работа которых во время чрезвычайных ситуаций, связанных с ураганами, обеспечивается правительством ... эвакуация людей, живущих в низинах, которые могут быть затоплены в результате высокого прилива или наводнения.

... Измененные формы систем предупреждения можно использовать в других чрезвычайных ситуациях, связанных, например, с землетрясениями или пожарами.

Планируется ввести в действие линии радиотелеграфной и радиотелефонной связи между Карибской метеорологической организацией и другими департаментами, связанными с системой предупреждения, а также вспомогательную энергоустановку для обеспечения надлежащего функционирования систем связи КМО в условиях чрезвычайной ситуации.



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.

Сенегал

По приглашению Президента Сенегала, Его Превосходительства г-на Абдулае Уэйда Генеральный секретарь посетил Дакар с 13 по 16 апреля 2005 г. Он встретился с Президентом, а также с рядом высокопоставленных правительственных чиновников и выступил с заявлением на церемонии введения в эксплуатацию доплеровского радиолокатора в Лингуере.

Г-н Мишель Жарро также воспользовался возможностью и посетил Метеорологическую службу, чтобы обсудить ее развитие с г-ном Мас-таром Ндиае, постоянным представителем Сенегала при ВМО. Визит повысил значимость Национальной метеорологической службы и укрепил уже и так очень хорошие отношения между Сенегалом и ВМО.

ООН–Нью-Йорк

По приглашению Его Превосходительства д-ра Джона У.Эша, председателя Комиссии по устойчивому

развитию, Генеральный секретарь в период с 20 по 21 апреля 2005 г. принял участие в 13-й сессии Комиссии. Он выступил с обращением на заседании высокого уровня и явился основным докладчиком на интерактивной дискуссии министерского уровня под названием "Воздействие стихийных бедствий на воду, санитарные условия и населенные пункты – предотвращение и реагирование". Он принял участие еще в одной интерактивной дискуссии между министрами и руководителями специализированных организаций ООН и учреждений Бреттен Вудс.

Генеральный секретарь выступил с

основным докладом на дополнительном мероприятии, организованном Международным институтом океана по теме "Устойчивое развитие прибрежных сообществ". Он встретился с Его Превосходительством послом Стаффордом О. Нейлом, постоянным представителем Ямайки и председателем Группы 77 и Китая, Его Превосходительством послом Муниром Акрамом, постоянным представителем Пакистана и председателем ЭКОСОС, а также с рядом министров и руководителей организаций ООН и делегатами, присутствовавшими на сессии. Он также дал два интервью радио ООН.

Президент Мальдивской Республики посетил штаб-квартиру ВМО



Его Превосходительство г-н Момун Абдул Гаюн, Президент Мальдивской Республики, посетил штаб-квартиру ВМО 17 мая 2005 г. и встретился с Генеральным секретарем г-ном М. Жарро.

Среди тем, вызывающих общую озабоченность, обсуждалось цунами, имевшее место 26 декабря 2005 г., и его последствия для Мальдивских островов, создание системы заблаговременного предупреждения о разных опасных явлениях для региона Индийского океана и запланированная миссия МОК/ЮНЕСКО и ВМО (19–21 мая) для обсуждения необходимых для создания такой системы организационных мероприятий; угроза, которую представляет для Мальдивских островов потенциальное изменение климата и подъем уровня моря, а также наращивание потенциала Национальной метеорологической службы и других связанных с ней национальных учреждений.

Генеральный секретарь и Президент надеются на укрепление отличных взаимоотношений между Мальдивской Республикой и ВМО.

Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) ООН–Рим

23 мая 2005 г. Генеральный секретарь посетил Рим (Италия) по случаю специального мероприятия, посвященного воздействию изменения климата, насекомых и болезней на продовольственную безопасность и сокращение бедности. Это мероприятие было организовано в связи с 31-й сессией комитета ФАО по мировой продовольственной безопасности.

Г-н Мишель Жарро встретился с д-ром Жаком Диофом, Генеральным директором ФАО. Он выступил с заявлением о роли ВМО, ее сотрудничестве с ФАО и о том, как две организации, объединив усилия, могут внести значительный вклад в достижение целей развития, сформулированных в Декларации тысячелетия ООН.

Генеральный секретарь также встретился с д-ром Массимо Капалдо, который вскоре после этого стал постоянным представителем Италии при ВМО, и обсудил сотрудничество между Италией и ВМО.

Третий международный симпозиум "Защита от наводнений и регулирование паводков", Неймеген, Нидерланды

25 мая Генеральный секретарь выступил на симпозиуме с основным докладом. Он призвал к комплексному подходу в регулировании паводков, который предполагает использование водных ресурсов, особенно в развивающихся странах, в соответствии с рациональными принципами управления рисками, концентрируя внимание на превентивных стратегиях и развивая в обществе устойчивость к неблагоприятным воздействиям паводков.

Генеральный секретарь встретился с государственным секретарем, Ее Превосходительством г-жой Мелани Шульц Ван Хаген-Маас Гестеранус и обменялся мнениями с д-ром Фритцем Дж. Дж. Брауэром, постоянным представителем Нидерландов при ВМО, и рядом других ученых.

Босния и Герцеговина

Генеральный секретарь посетил Сараево (Босния и Герцеговина) 2 июня 2005 г. Он выступил с докладом на Пятой сессии неофициальной конференции директоров национальных метеорологических служб (Юго)-Восточной Европы (2–4 июня), которая была организована Федеральным метеорологическим институтом Боснии и Герцеговины. Генеральный секретарь подчеркнул необходимость укреплять национальные метеорологические и гидрологические службы (НГМС) и вносить вклад в программу метеорологических и связанных с ними видов деятельности в субрегионе. Возможности имеются, а направление дальнейших действий для НГМС заключается в совместной работе, особенно в европейском контексте.

Генеральный секретарь имел пло-



Сараево, Босния и Герцеговина, 2 июня 2005 г. – Генеральный секретарь (третий слева) с премьер-министром, Его Превосходительством г-ном Ахметом Хадзипажичем (второй справа) и г-ном Енесом Сарачем, директором Федерального метеорологического института и постоянным представителем Боснии и Герцеговины при ВМО (первый справа)

дотворный обмен мнениями с рядом высокопоставленных представителей принимающей страны. Он встретился с премьер-министром, Его Превосходительством г-ном Ахметом Хадзипажичем, министром по гражданским вопросам, Его Превосходительством г-ном Сафетом Халивовичем и мэром Сараево г-жой Семихой Боровач. Он также провел дискуссии по широкому кругу вопросов с г-ном Енесом Сарачем, директором Федераль-



Изапа, Тенерифе, Испания, 5 июня 2005 г. Слева направо: Генеральный секретарь ВМО; министр по делам окружающей среды Испании; Советник по делам окружающей среды и территорий регионального правительства Канарских островов; постоянный представитель Испании при ВМО

ного метеорологического института и постоянным представителем Боснии и Герцеговины при ВМО, а также с другими постоянными представителями стран-членов ВМО, принимавшими участие в конференции.

Испания

5 июня Генеральный секретарь посетил Тенерифе (Испания) для празднования Всемирного дня охраны окружающей среды 2005 г. в Изанской обсерватории по исследованию атмосферы. Г-н Мишель Жарро встретился с министром по делам окружающей среды Испании г-жой Кристиной Нарбона и Советником по делам окружающей среды и территорий регионального правительства Канарских островов г-ном Доминго Берриэлем Мартинесом. После этого они дали пресс-конференцию для испанских и иностранных средств массовой информации.

Генеральный секретарь также встретился с постоянным представителем Испании при ВМО г-ном Франсиско Кадарсо Госалесом и исполняющим обязанности прези-

дента Региональной ассоциации VI г-ном Даниэлем Керлебером-Бурком. Они обсудили вопросы технического сотрудничества, укрепления НГМС и их связи с ВМО.

Соединенное Королевство

Генеральный секретарь принял участие в открытии практического семинара для метеорологов Содружества 14 июня в Эксетере (Соединенное Королевство), посвященного уменьшению опасности стихийных бедствий. Г-н Мишель Жарро выступил с докладом по стихийным бедствиям гидрометеорологического происхождения и их последствиям, а также о деятельности ВМО по уменьшению опасности стихийных бедствий. Он подчеркнул, что национальные метеорологические и гидрологические службы являются жизненно важным компонентом процесса по уменьшению опасности стихийных бедствий в каждой стране.

Г-н Мишель Жарро воспользовался возможностью и провел дискуссии с д-ром Дэвидом Роджерсом, постоянным представителем Соединенного Королевства при ВМО, по воп-

росам дальнейшего укрепления сотрудничества между Соединенным Королевством и ВМО. Он также обменялся мнениями с другими постоянными представителями стран-членов ВМО, принимавшими участие в практическом семинаре.



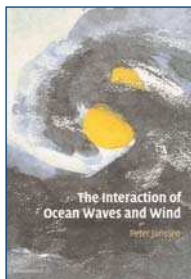
Эксетер, Соединенное Королевство, 14 июня 2005 г. – Участники практического семинара для метеорологов Содружества



Книжное обозрение

Interactions of Sea Waves with Wind

Peter Janssen.
Cambridge
University Press
(2004). VIII + 300 с.
ISBN 0-521-46540-0.
Цена: 70 фунтов
стерлингов/120 долларов США.



Поверхностные гравитационные волны представляют собой хорошо известное сложное явление, постоянно вызывающее большой интерес. Их легко наблюдать, но трудно описать математически. Многие работы посвящены исследованию ветровых волн, и эта монография Питера Дженсена является ценным вкладом в исследование этой проблемы.

Около 20 лет назад автор книги был членом Международной группы по моделированию волн (WAMDI). В настоящее время модель WAM усовершенствуется, испытывается и широко используется в водных объектах глобального и локального масштабов. Рабочий вариант модели усваивает спутниковую информацию для повышения качества прогноза волн. В настоящее время это одна из наиболее популярных моделей ветрового волнения, используемых во многих странах.

Питер Дженсен рассматривает проблему взаимодействия атмосферного пограничного слоя с морскими волнами. Ветры порождают

океанские волны, но в то же время воздушный поток меняется за счет потери энергии и импульса, передаваемого волнам. Таким образом, импульс, передаваемый атмосферой океану, зависит от состояния волн. Численное моделирование ветровых волн осуществляется на основе уравнения баланса взаимодействия волн.

В книге Дженсена описывается эволюция океанских волн за счет адвекции и физических процессов, таких, как ветер, диссипация и нелинейный перенос энергии в волновом спектре. Дан обзор нелинейного переноса и, как побочный результат, обсуждена роль взаимодействия четырех волн в возникновении экстремальных явлений, таких, как блуждающие волны. Моделирование взаимодействия океана и атмосферы позволяет повысить качество прогнозов погоды и волнения.

Однако проблема диссипации энергии ветровых волн недостаточно хорошо изучена. В настоящее время существует, по крайней мере, два разных подхода к описанию диссипации: подход, используемый в модели WAM и основанный на влиянии эволюции спектра почти во всей частотной области, и подход, предложенный В. Захаровым, согласно которому диссипация располагается в диапазоне высоких частот.

Подгоняя параметры диссипации, можно добиться удовлетвори-

тельного соответствия между численными результатами и полевыми данными эволюции волнения. Однако в этих двух случаях эффект взаимодействия океана и атмосферы в пограничном слое принципиально отличается, поскольку во втором случае могут существовать значительные потоки энергии из океана в атмосферу. Это может послужить вкладом в проблему прогнозирования погоды и климата.

Автор описывает алгоритм численного результата уравнения энергетического баланса, используемый в модели WAM. Тем не менее этой проблеме уделено недостаточно внимания. Известно, что ошибка, обусловленная недостаточно высокой точностью численного результата, может привести к подобной ошибке, связанной с плохо изученной физикой ветрового волнения и неправильно рассчитанной скоростью ветра, используемой в численном моделировании.

Игорь В. Лавренов
lavren@aari.nw.ru

**Моделирование
взаимодействия океана и
атмосферы позволяет
повысить качество
прогнозов погоды и
волнения.**

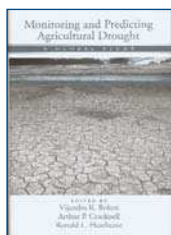
Новые поступления

Monitoring and Predicting Agricultural Drought

Vijendra K. Broken,
Arthur P. Cracknell,
and Ronald L.

Heatcote (Eds.)

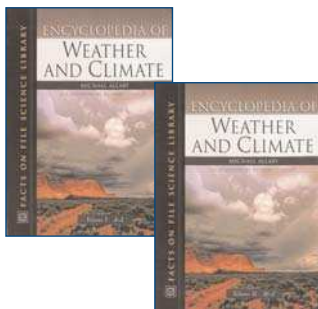
ISBN 0-19-516234-X. xix + 472 с.
Цена: 124,50 долларов США.



Сельскохозяйственные засухи оказывают большое влияние на жизнь общества: они повышают продовольственные затраты, представляют угрозу для экономики и даже вызывают голод. Чтобы смягчить последствия такого влияния, ученым необходимо прежде всего научиться контролировать и прогнозировать сельскохозяйственные засухи. Однако ни в одной из современных книг не рассматривается проблема мониторинга и прогноза этого вида засухи. Издатели книги привлекли группу экспертов для проведения глобального исследования с описанием биометеорологических моделей и методов мониторинга сельскохозяйственных засух. В этих моделях и методах отражена связь между осадками, почвенной влагой и урожайностью; в них используются данные, полученные с помощью традиционных методов и методов дистанционного зондирования. В книге описаны вероятност-

ные модели и методы, разработанные во всем мире. В заключение рассматривается проблема изменений климата и их влияния на сельскохозяйственное производство, описываются системы раннего оповещения о засухе и достижения в области борьбы с голодом.

Encyclopedia of Weather and Climate



Michael Allaby. Facts on File, New York (2002). ISBN 0-8160-4071-0 (в двух томах).

Цена: 150 долларов США.

В этой двухтомной энциклопедии, включающей 4000 словарных статей, содержится вся имеющаяся на сегодняшний день информация о погоде и климате, а также около 300 карт, графиков и фотографий. Имеются приложения и 34-страничный указатель.

Читая статьи энциклопедии, можно узнать, каким образом различные процессы влияют на погоду, которую мы повседневно наблюдаем. В ней объясняются причины снежных бурь, торнадо, ураганов и ледовых явлений, а также обычных ливней, росы и мороза. В ней также подробно рассказано об изобретении метеорологических приборов и о принципах их работы. Кроме того, в ней дается краткое описание жизни некоторых ученых, внесших значительный вклад в климатологию и метеорологию.

Baroclinic Tides – Theoretical Modeling and Observational Evidence

Vasiliy Vlasenko,
Nataliya Stashchuk
and Koluman Hutter.
Cambridge University
Press (2005).
ISBN 0-521-84395-2.
xix + 351 с.

Цена: 70 фунтов
стерлингов/120 долларов США.

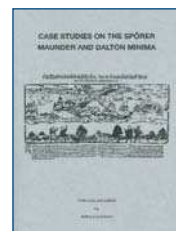


В этой книге рассмотрены аналитические и численные методы изучения возникновения и развития бароклинных приливов. На основе сравнения экспериментальных данных с данными наблюдений показано, как различать и интерпретировать внутренние волны. Подробно исследуются нелинейные одиночные внутренние волны, порождаемые внутренними приливными волнами на последней стадии их развития. Эта книга предназначена для исследователей и студентов старших курсов, изучающих физическую океанографию, динамику геофизической жидкости и гидроакустику.

Case Studies on the Spörer Maunder and Dalton Minima

Collected and edited
by Wilfried Schröder.
Science Edition, Arbk
Geschichte

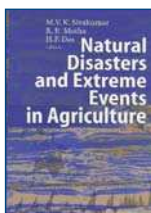
Geophysik, Rönnebeck/Potsdam
(2005). ISSN 1615-2824. – 190 с.



Последние публикации ВМО

Стихийные бедствия и экстремальные явления в сельском хозяйстве

M.V.K. Sivakumar, R.P. Motha and H.P. Das (Eds). Springer (2005)
ISBN 3-540-22490-4.
Xxii + 367 стр.
Цена: US\$ 169.



Сельскохозяйственное производство сильно зависит от погоды, климата и обеспеченности водой и испытывает неблагоприятное воздействие бедствий, связанных с погодой и климатом. Засухи и стихийные бедствия, такие, как наводнения, могут привести к гибели урожая, продовольственной незащищенности, голоду, потери имущества и жизни, массовой миграции и негативным последствиям для национального экономического роста. Вероятно, нет возможности предотвратить стихийные бедствия, однако их разрушительное воздействие может быть в значительной степени уменьшено посредством надлежащего планирования и эффективной подготовки. Уязвимость в отношении опасности стихийных бедствий можно в определенной степени контролировать с помощью точного и своевременного прогнозирования и контрмер, направленных на уменьшение последствий для сельского хозяйства.

Комиссия по гидрологии, 12 сессия (2004 г.) – Сокращенный окончательный отчет с резолюциями и рекомендациями (ВМО № 979)

2004; iv + 55 стр.
[A] - [C] - [E] - [F] - [R] - [S]
ISBN: 92-63-10979-6
Цена: CHF 20.-

Годовой отчет Всемирной метеорологической организации

(2004 г.) (ВМО № 980)

2004; iv + 80 стр.
[E] (F, R и S находятся в процессе подготовки)
ISBN: 92-63-10980-X
Цена: CHF 25.-



Региональная ассоциация II (Азия), 13-я сессия (2004 г.) – Сокращенный отчет с резолюциями (ВМО № 981)

2005; v + 116 стр.
[A] - [C] - [E] - [F] - [R]
ISBN: 92-63-10981-8
Цена: CHF 25.-

Комиссия по основным системам, 13-я сессия (2004 г.) – Сокращенный окончательный отчет с резолюциями и рекомендациями (ВМО № 985)

2005; iv + 157 стр.
[E] - [R] (A, C, F и S находятся в процессе подготовки)
ISBN: 92-63-10985-0
Цена: CHF 25.-

Региональная ассоциация IV (Северная Америка, Центральная Америка и Карибский бассейн), 14-я сессия – Сокращенный окончательный отчет с резолюциями и рекомендациями (ВМО № 987)

2005; v + 94 стр.
(S находятся в процессе подготовки)
ISBN: 92-63-10987-7
Цена: CHF 25.-

Доклады, представленные на Технической конференции ВМО по метеорологическим и экологическим приборам и методам наблюдений (ТЕСО-2005)

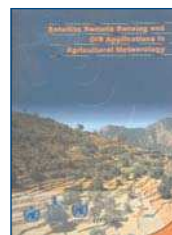
Бухарест, Румыния, 4-7 мая 2005 г.
ВМО/ТД № 1265



Дистанционное спутниковое зондирование и применения ГИС в сельскохозяйственной метеорологии

Материалы учебно-практического семинара
7-11 июля 2003 г., Дехрадун, Индия

M.V.K. Sivakumar, P.S.Roy, K. Harmsen and S.K. Saha (Eds.)
ВМО/ТД № 1182
Vi + 427 стр.
Цена: CHF 30.-



Этот учебно-практический семинар был предназначен для агрометеорологов, имеющих начальную подготовку или не имеющих никакой подготовки в области спутникового дистанционного зондирования и применений географических информационных систем (ГИС) в сельскохозяйственной метеорологии.

На семинаре рассматривались такие вопросы, как обработка снимков, основные принципы ГИС и систем определения географического местоположения, анализ пространственных данных, программное обеспечение ГИС, теоретические и практические аспекты выборки агрометеорологических параметров, применения в агроэкологическом районировании, мониторинг и моделирование роста и продуктивности сельскохозяйственных культур, а также оценка и мониторинг засух, наводнений и эрозии почвы, вызванной водой и ветром.

Участники были также ознакомлены с применениями спутниковых данных в прогнозировании погоды, консультативном обслуживании сельского хозяйства, мониторинге пустынной саранчи и оценке лесных пожаров и деградации.

Новости мирового климата № 27 (июнь 2005 г.)

12 стр.
[E] - [F]

Тема: Климат и туризм
Печатная версия предоставляется Секретариатом ВМО по запросу бесплатно.

Электронная версия (в формате pdf) доступна по адресу:
<http://www.wmo.ch/web/catalogue/New%20HTML/frame/engfil/wcn.html>



Новости Секретариата

Назначения



Дэвид Гудрич

14 июня 2005 г. назначен директором Секретариата глобальной системы наблюдений за климатом.



Бурухани С. Нуензи

15 июня 2005 г. назначен директором Департамента Всемирной климатической программы.



Федерико Г. Галати

1 мая 2005 г. назначен сотрудником по разработке Web-страниц отдела информационных технологий Департамента по управлению ресурсами.



Джоэль Фернадес

1 апреля 2005 г. назначена на должность старшего секретаря Секретариата Межправительственной группы экспертов по изменению климата.



Патрисия Бруссо

1 мая 2005 г. назначена клерком по вопросам людских ресурсов Группы по найму и обучению персонала отдела людских ресурсов

Департамента по управлению ресурсами.



Зенаида де ла Росса

1 июля 2005 г. назначена на должность старшего секретаря Отдела сельскохозяйственной метеорологии Департамента Всемирной климатической программы.



Янник Пеллет

1 июля 2005 г. назначена помощником по бюджетным вопросам Бюро по бюджету Департамента по управлению ресурсами.

Повышения

С 1 января 2005 г. в результате реклассификации постов следующие сотрудники получили повышение:

Азеддин Абдеррафи, клерк по вопросам цифрового воспроизведения Группы по тиражированию печатных материалов и материалов для СМИ Отделения по печатанию и электронным публикациям Департамента конференций, печатных работ и распространения публикаций

Ольга С. Бернашина, клерк по вопросам терминологии и справочных материалов Департамента лингвистического обслуживания и подготовки публикаций

Роланд Е. Бронниманн, ведущий печатник Группы по тиражированию печатных материалов и материалов для СМИ Отделения по печатанию и электронным публикациям Департамента конференций, печатных работ и распространения публикаций

Маргарет Л. Бернс, руководитель Отделения по печатанию и электронным публикациям Департамента конференций, печатных работ и распространения публикаций

Дж. Леони Калегари, оператор цветной оперативной печати Группы по тиражированию печатных материалов и материалов для СМИ Отделения по печатанию и электронным публикациям Департамента конференций, печатных работ и распространения публикаций

Натали Гентет, клерк по административным вопросам Департамента лингвистического обслуживания и подготовки публикаций

Андрес Е. Ориас Блейшнер, редактор Департамента лингвистического обслуживания и подготовки публикаций (испанское отделение)

Юдит С.С. Торрес, старший редактор отделения по представлению информации и связям с общественностью Бюро директора Кабинета (Генерального секретаря) и внешних связей

Алесандро Уголини, редактор Департамента лингвистического обслуживания и подготовки публикаций (английское отделение)

Керолин С. Ван Вин, клерк по вопросам организации конференций Сектора по обслуживанию конференций Департамента конференций, печатных работ и распространения публикаций

Моника Яби, помощник редактора Отделения по представлению информации и связям с общественностью Бюро директора Кабинета (Генерального секретаря) и внешних связей

С 1 марта 2005 г. в результате реклассификации постов следующие сотрудники получили повышение:

Дональд Е. Хинсман, директор Космической программы ВМО

Токиоши Тойя, директор Программы добровольного сотрудничества, Бюро глобальных программ и стратегических партнерств Департамента по региональному и техническому сотрудничеству для целей развития

С 1 апреля 2005 г. в результате реклассификации поста следующая сотрудница получила повышение:

Валерии А.Климент, административный помощник по Космической программе Бюро заместителя Генерального секретаря.

Отставки

Рамон А.Сонзини ушел на пенсию с поста директора Регионального бюро для Америки 30 марта 2005 г.

Теруко Манабе покинула Секретариат 25 апреля 2005 г. в связи с окончанием ее контракта на работу в качестве научного сотрудника Отдела по вопросам океана Департамента Программы по применениям метеорологии.

Эса аль-Мажид ушел на пенсию с поста директора Регионального бюро Азии и юго-западной части Тихого океана 30 марта 2005 г.

Алан Р. Томас ушел на пенсию с поста директора Секретариата Глобальной системы наблюдений за климатом 31 марта 2005 г.

Эрна Дар-Зив ушла на пенсию с поста руководителя Сектора по обслуживанию конференций Департамента конференций, печатных работ и распространения публикаций 31 мая 2005 г.

Йоширо Танака покинул Секретариат 14 июня 2005 г. в связи с окончанием его двухгодичного контракта на работу в качестве младшего сотрудника профессиональной категории Бюро Космической программы.

Герардо Лизано Виндас 30 июня 2005 г. досрочно ушел на пенсию с поста специального помощника заместителя Генерального секретаря.

Вера Г. Шварц 30 июня 2005 г. покинула ВМО по состоянию здоровья, оставив должность старшего секретаря сотрудника по социально-бытовым вопросам.

Юбилеи

Линда Хидалго, административный помощник в Департаменте Всемирной климатической программы, 1 апреля 2005 г. отметила 25-летний юбилей своей службы.

Марк Питерс, руководитель Сектора по обслуживанию конференций Департамента конференций, печатных работ и распространения публикаций, 11 мая 2005 г. отметил 25-летний юбилей своей службы

Диана Педли, старший помощник по вопросам людских ресурсов Отдела людских ресурсов Департамента по управлению

ресурсами, 19 мая 2005 г. отметила 25-летний юбилей своей службы.

Кацухиро Абе, начальник Отдела Программы по тропическим циклонам Департамента программы по применениям метеорологии 1 июня 2005 г. отметил 20-летний юбилей своей службы.



Некрологи

Кришна Партасарати

Кришна Партасарати, бывший директор Департамента технического сотрудничества Секретариата ВМО, скончался в Женеве 31 января 2005 г.

Г-н Партасарати родился 4 июля 1913 г. в г. Каликут (шт. Керала) на юге Индии. После получения степени бакалавра в Мадрасском университете он стал работать преподавателем в Мадрасском христианском колледже, а в 1942 г. поступил на работу в Индийский метеорологический департамент (ИМД) в г. Пуна. В последующие несколько лет штат ИМД значительно расширился, и он стал заниматься обучением новых сотрудников.

Затем он работал синоптиком в Метеорологическом центре Пуны и занимался авиационными прогнозами, будучи начальником Метеорологического бюро аэропорта в г. Джодхпур. В течение 7 лет он был начальником гидрометеорологического отдела штаб-квартиры ИМД в Нью-Дели. В этот период Центральная комиссия по водным и энергетическим ресурсам включила его в состав небольшой группы сотрудников других департаментов, занимающихся различными аспек-

тами гидрологии и развития водных ресурсов, для посещения важных гидрологических учреждений США.

В 1960 г. г-н Партасарати поступил на службу в Секретариат ВМО на должность старшего технического сотрудника в отдел технической помощи, возглавив первую группу проектов ВМО, финансируемых специальным фондом ООН. Это были крупномасштабные долгосрочные проекты в ряде стран Южной Америки по расширению сетей гидрологических и гидрометеорологических станций с целью укрепления гидрометеорологических служб. В 1971 г. он стал директором Департамента технического сотрудничества, а в 1975 г. ушел на пенсию.

Г-н Партасарати был великолепным игроком в бридж. Другим его увлечением было вождение, и он часто совершал дальние поездки. У него остались жена, сын и две дочери.

Сунил Гупта

Андре Беллок

Андре Беллок скончался 11 апреля 2005 г. в г. Сен-Бриё в возрасте 72 лет.

Он вышел на пенсию в августе 1998 г., прожив активную трудовую жизнь, которая началась в 1959 г., когда он прошел по конкурсу на должность инженера в Национальную метеорологическую школу.

Свои исследования он описал в статье о корабле погоды "France II" на станции К. Затем он вернулся в Национальную метеорологическую школу (НМШ), но уже в качестве преподавателя, где проработал 10 лет (до 1973 г.). После этого он два года работал в Швейцарии, в Политехнической школе Лузанны,

где он организовал аспирантуру и ввел курс метеорологии. Затем он вернулся в Париж в качестве заместителя начальника Bureau de l'eau, где проработал 4 года.

В 1979 г. его направили в Дакар в качестве эксперта по метеорологии и агрометеорологии в рамках программы АГРГИМЕТ. В 1984 г. он предложил свои услуги ВМО как гидролог и агрометеоролог. Спустя несколько месяцев он сдал экзамен на должность инженера-метеоролога. В 1985 г. он получил должность инженера-исследователя в Лион-Броне, а затем, в 1987 г., он стал начальником отдела разработок и сотрудником технической программы Олимпийских игр в Альбертвилле (февраль 1992 г.).

В начале 1993 г. он стал начальником отдела исследований и разработок Межрегионального метеорологического центра в Рене, а затем, в июне 1995 г. – директором Центра космической метеорологии в Ланьоне.

Я имел честь работать с Андре Беллоком над проектом ВМО по расширению агрометеорологического и гидрологического обслуживания в Сенегале. Я считаю его выдающимся метеорологом, ответственным и компетентным специалистом, работавшим на благо общества. Он был инициатором организации компьютерных курсов для метеорологов и гидрологов и модернизировал процесс обработки данных. Что касается рабочих отношений, он всегда честно и прямо высказывал свое мнение, что способствовало принятию необходимых мер даже в самых сложных условиях. Андре гордился своим родным языком и блестяще владел им, часто повторяя, что обязан этим своей родине – Loire Valley, Saumur, где он нашел свое последнее пристанище.



Андре Белок – ведущий специалист в области метеорологии и кавалер Национального ордена за заслуги перед отечеством – надолго останется в памяти тех, кто знал его как личность высокой культуры, огромной эрудиции и большого гуманизма.

Ержи Шкутники

Йомар Морада Соуза

Йомар Морада Соуза родился 14 февраля 1926 г. в г. Шао Луис в северном штате Маранхао (Бразилия). Свой первый диплом бухгалтера Йомар получил в 1945 г. В этом же году он начал выполнять метеорологические наблюдения в Шао Луисе (станция ВМО №82280). Работу он совмещал с учебой, получив профессию стоматолога. Стоматологом он никогда не работал, так как страстно увлекся метеорологией. Закончив несколько учебных курсов и имея большой опыт в метеорологии и смежных областях, он сдал экзамены и стал профессиональным метеорологом в правительственном учреждении Бразилии.

В 1958 г. он поступил на службу в Национальный департамент метеорологии (именуемый в настоящее время Национальным метеорологическим институтом – ИНМЕТ) в Рио-де-Жанейро, где работал вместе с Жозе Серра – одним из наиболее выдающихся бразильских климатологов. Он занимал несколько технических и руководящих должностей в ИНМЕТ и несмотря на это находил время для преподавания метеорологии в Национальной технической школе в Рио-де-Жанейро. Активно занимаясь климатологией и обладая обширными знаниями в области новых компьютерных тех-

нологий, он возглавил деятельность по разработке первой национальной базы климатологических данных ИНМЕТ.

Кроме того, он сыграл ведущую роль в создании Бразильского центра солнечной радиации и в организации Бразильской региональной базовой сети синоптических станций.

Йомар несколько раз привлекался к сотрудничеству с ВМО, участвуя в нескольких сессиях и рабочих группах технических комиссий, в том числе комиссий по приборам и методам наблюдений, базовым системам и гидрологии.

Официально выйдя на пенсию в 1976 г., он продолжал работать в ИНМЕТ в качестве помощника генерального директора вплоть до 1988 г. С тех пор все свое время он посвящал еще одной страсти – фотографии. Все его коллеги никогда не забудут красочные фотографии пляжей Рио, подписанные на обороте его рукой.

Йомар был новатором и энтузиастом. Он был приветлив и всегда был готов помочь молодым коллегам. Он любил Рио-де-Жанейро, где скончался 30 мая 2005 г. У него осталась вдова Дейз Люсия Питта.

Франциско де Паула Манхаес и
Жозе Аримате де Соуса Брито

Календарь мероприятий

Дата	Название	Место
5–6 сентября	Техническая конференция по международному сотрудничеству по вопросам погоды, климата и воды в рамках европейских задач и возможностей	Гейдельберг, Германия
5–8 сентября	Практический семинар по оценке социально-экономических последствий, связанных с тайфунами, и по управлению рисками в контексте целей развития, сформулированных в Декларации тысячелетия (при частичной финансовой поддержке ВМО)	Куала-Лумпур, Малайзия
5–10 сентября	Международный симпозиум по прогнозированию текущей погоды, сверхкраткосрочному прогнозированию и проверке правильности RAF	Тулуза, Франция
6–11 сентября	Международная конференция по воде, земле и продовольственной безопасности в засушливых и полузасушливых регионах (организуется МАВР, СИХЕАМ/МАИБ и АВС)	Валензано (Бари), Италия
7–15 сентября	Региональная ассоциация VI (Европа) – 14 сессия	Гейдельберг, Германия
12–17 сентября	Практический семинар РА I по NWS для стран, готовых осуществить оперативную систему ЧПП	Касабланка, Марокко
19–23 сентября	Международный практический семинар по прогнозированию ливневых паводков	Сан-Хосе, Коста-Рика
19–23 сентября	Группа экспертов КОС по моделированию атмосферного переноса для деятельности по реагированию на чрезвычайные ситуации неядерного характера	Мельбурн, Австралия
19–28 сентября	Совместная техническая комиссия ВМО/МОК по океанографии и морской метеорологии – 2 сессия	Галифакс (Новая Шотландия), Канада
25–30 сентября	Седьмая Международная конференция по двуокиси углерода (МКДУ)	Боулдер, Колорадо, США
26–28 сентября	XXIV сессия МГЭИК	Монреаль, Канада
26–29 сентября	Научная руководящая группа СПАРК – 13 сессия	Оксфорд, Соединенное Королевство
26–30 сентября	Совместный практический семинар по метаданным и межпрограммная группа экспертов КОС по по осуществлению метаданных	Пекин, Китай
28–30 сентября	Совещания экспертов КОС/ГСНК по координации ПСГ и ГУАН	Ашвилл, Северная Каролина, США
10–14 октября	Практический семинар глобальных центров по производству долгосрочных прогнозов	Остров Чеджу, Республика Корея
10–14 октября	Учебный центр ЕЦСПП по использованию и интерпретации продукции ЕЦСПП для стран-членов (при частичной финансовой поддержке ВМО)	Рединг, СК
10–14 октября	Методы обработки, интерпретации и использования спутниковых данных для оперативного прогнозирования и научно-исследовательской деятельности в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды	Москва, Российская Федерация
10–15 октября	Пятый межамериканский диалог по рациональному использованию водных ресурсов	Монтего Бэй, Ямайка
17–21 октября	Учебно-практический семинар по метрологии для региональных центров по приборам	Париж-Траппес, Франция
24–28 октября	Научная руководящая группа КлиК – 2 сессия	Боулдер, Колорадо, США
3–11 ноября	Комиссия по климатологии – 14 сессия	Пекин, Китай
14–16 ноября	Совместный комитет по Международному полярному году 2007–2008 гг. – вторая сессия	Женева
14–16 ноября	Внеочередная сессия Группы экспертов ИС по обучению и подготовке кадров	Женева



Всемирная
Метеорологическая
Организация
Погода • Вода • Климат

Бюллетень

тематические статьи - интервью - новости - книжное обозрение - календарь



ПОЧЕМУ БЫ НЕ ПОМЕСТИТЬ РЕКЛАМУ В *БЮЛЛЕТЕНЕ ВМО?*

Бюллетень ВМО, основной тираж которого составляет 6500 экземпляров и который широко распространяется во всем мире на четырех языках (английском, французском, русском и испанском), является идеальным средством рекламы по всем вопросам, представляющим интерес для метеорологов, гидрологов, а также ученых, работающих в смежных областях. Помимо его распространения среди метеорологических и гидрометеорологических служб всех стран-членов ВМО, *Бюллетень* направляется в службы тех немногих стран, которые еще не присоединились к Организации. Он также направляется в различные правительственные учреждения, университеты, научные общества, а также широкому кругу других соответствующих органов и индивидуальным подписчикам.

Если Вы разместите одну и ту же рекламу в четырех последовательных выпусках *Бюллетеня ВМО*, Вы получите скидку в 25%!

Для получения более подробных сведений о размещении рекламы в *Бюллетене ВМО*, пожалуйста, свяжитесь с помощником редактора *Бюллетеня ВМО* по адресу: World Meteorological Organization, Case postal 2300, CH-1211 Geneva 2, Switzerland.

Tel.: (+41) (0) 22 730 82 86.

Fax: (+41) (0) 22 730 80 24.

E-mail: myabi@wmo.int



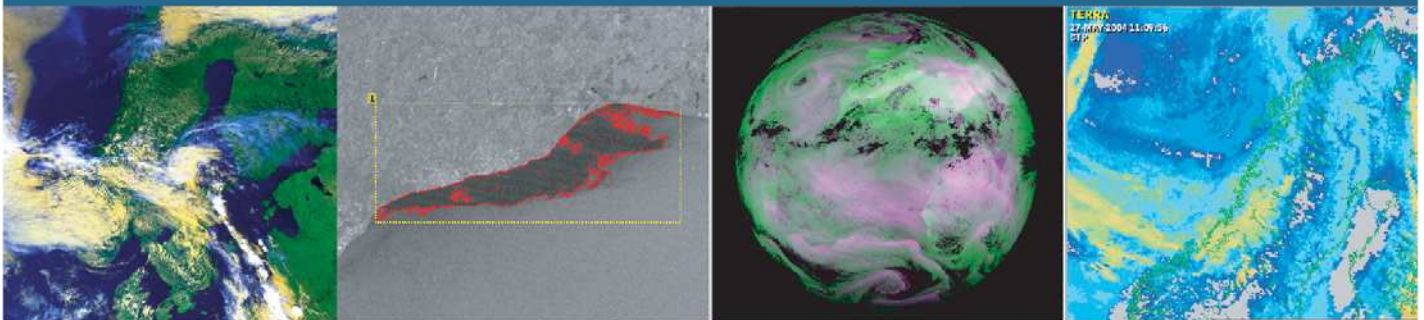
www.wmo.int



KONGSBERG

MEOS™ Multi-Mission Earth Observation System

Kongsberg Spacetec's MEOS 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:

- Meteorological turn-key systems
- Meteorological Value Added Applications
- Environmental and Marine Surveillance turn-key systems
- Environmental and Marine Surveillance Value Added Applications
- Direct Ingest System
- Network and Station Control System
- Engineering, installation, training, maintenance and support
- Consultancy and studies

Kongsberg Spacetec provides receiving stations for a number of satellites: MSG HRIT/LRIT, NOAA HRPT, TERRA and AQUA Direct Broadcast, METOP HRPT and MTSAT HiRID, FY-1 CHRPT, Sea Star HRPT.

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

www.spacetec.no

WORLD CLASS - *through people, technology and dedication*

LAS

LARGE APERTURE SCINTILLOMETER

REMOTE SENSING TECHNOLOGY FOR
MONITORING AREA-AVERAGED SENSIBLE
HEAT FLUX AND EVAPO-TRANSPIRATION



The line of sight path-integrating capabilities of the LAS (0.2 to 4.5 km) and X-LAS (1 to 10 km) provide reliable area-representative fluxes of sensible heat. The Scintillometers are also the basis of a complete system comprising selected environmental sensors, data loggers and specially developed Evation software for the real-time measurement of evapo-transpiration, ideal for earth energy balance and water management studies.

MEASUREMENT
EXCELLENCE
SINCE 1830



**Kipp &
Zonen**

175 YEARS

Kipp & Zonen B.V.

P.O. box 507 2600 AM

Delft, The Netherlands

T +31(0)15 269 8000

F +31(0)15 262 0351

E info@kippzonen.com

WWW.KIPPZONEN.COM



get in touch with MTSAT.

Remote Sensing Technology

The VCS MTSAT user station is ready for reception of LRIT and HRIT data being transmitted by the new MTSAT 1R satellite

Based on the well-known **2met!**® concept, VCS is your reliable partner for the complete range of next generation remote sensing systems and technologies. Beside sophisticated application features, **2met!**® is now ready to receive LRIT and HRIT data being transmitted by the new geo-stationary MTSAT satellite.

Ask us about your solution

by emailing peter.scheidgen@vcs.de
or by calling +49 234 9258-112



Новая форма аэрологических наблюдений – ЧАСТЬ II

Национальные метеорологические службы по всему миру переходят на новую форму аэрологических наблюдений: радиозонды RS92 и система зондирования DigiCORA® MW31 фирмы Вайсала.

Фирма Вайсала предлагает новую подсистему обработки зондирования DigiCORA® MW31. Новая подсистема работает с радиозондами Вайсала семейства RS92, и ее отличительной чертой является использование передовой технологии с программируемыми радиоинтерфейсами (SDR). Большая часть этой радиотехнологии встроена в программное обеспечение мощного процессора цифровых сигналов (DSP). Это значительно улучшает гибкость и возможности наращивания системы.

Сочетание полностью цифрового зонда RS92-SGP и новой подсистемы SPS311 обеспечивает высшую производительность линий телеметрии и эффективность использования полосы пропускания. Характеристики радиозонда RS92 при измерениях ДТВ гораздо лучше, чем у старых радиозондов Вайсала. Он обеспечивает превосходное временное разрешение и тонкую структуру всего профиля зондирования.



Подсистема обработки зондирования SPS311 фирмы Вайсала

www.vaisala.com

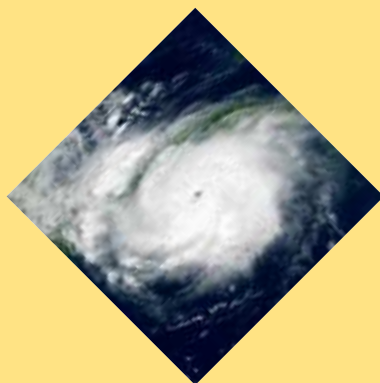
Vaisala Oyj, P.O. Box 26, FIN-00021, Helsinki, Finland
Phone +358 9 894 91, Fax +358 9 8949 2227
Email weather.marketing@vaisala.com

 **VAISALA**
Reliable.

CD-ROM

Содержание компакт-диска (в .pdf формате,
в двух вариантах: с высоким и низким разрешением)

- Бюллетень ВМО 54 (3) – Июль 2005 г.
- MeteoWorld – June 2005 and August 2005
- World Climate News No. 27 – June 2005
- Weather, climate, water and sustainable development (WMO-No. 974) (brochure for World Meteorological Day 2005)
- Saving paradise, ensuring sustainable development (WMO-No. 973)



World Meteorological Organization

7bis, avenue de la Paix

Case postale No. 2300

CH-1211 Geneva 2, Switzerland

Tel: + 41 22 730 81 11

Fax: + 41 22 730 81 81

E-mail: wmo@wmo.int

Web: <http://www.wmo.int>

ISSN 0250-6076