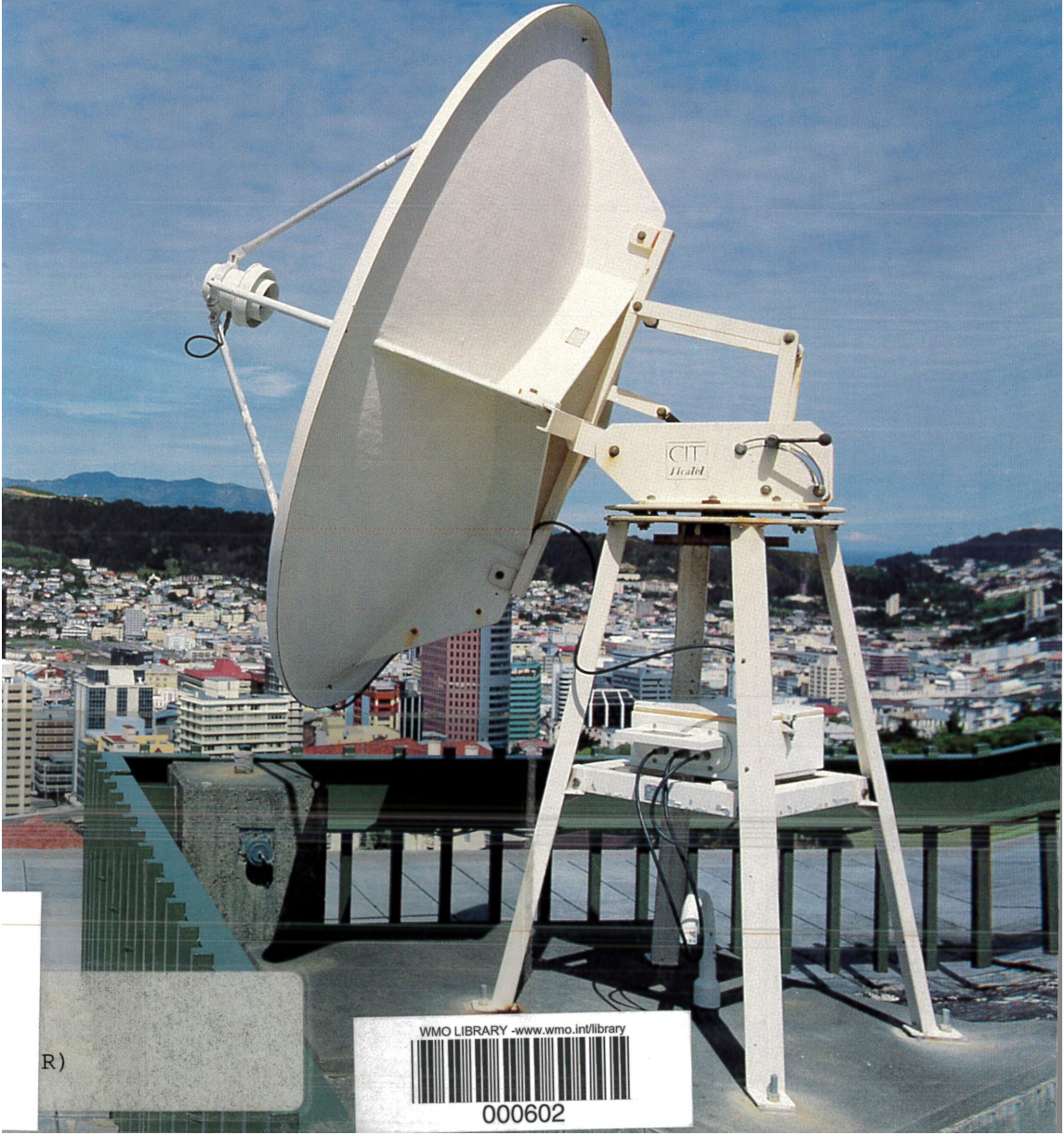
Всемирная Метеорологическая Организация

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА МИРОВОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ: ПОГОДА, КЛИМАТ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ



R)

WMO LIBRARY -www.wmo.int/library
000602

ВСЕМИРНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА МИРОВОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ:

ПОГОДА, КЛИМАТ

И

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

ВМО — № 796

Секретариат Всемирной Метеорологической Организации – Женева – Швейцария
1994

Фото на обложке: Антенна для приема изображений низкого разрешения ГМС на крыше Центра прогнозов, возвышающегося над Веллингтоном и его гаванью, принимает сигналы японского спутника на стационарной орбите над Папуа-Новой Гвинеей. *(Фото: Метеорологическая служба Новой Зеландии)*

© 1994, Всемирная Метеорологическая Организация
ISBN 92–63–40796–7

Употребляемые здесь обозначения и оформление материала не должны рассматриваться как выражение какого бы то ни было мнения со стороны Секретариата Всемирной Метеорологической Организации относительно правового статуса той или иной страны, территории, города или района, или их властей, или относительно делимитации их границ.

Содержание

	Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ	v
ГЛАВА 1: ЗА ОДИН ДЕНЬ	1
ГЛАВА 2: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ПОГОДЕ, КЛИМАТЕ И ВОДНЫХ РЕСУРСАХ	3
Центральное место климата	3
Роль метеорологических прогнозов и предупреждений	3
Стихийные бедствия	4
Экологические бедствия	5
Сезонные прогнозы и борьба с засухой	6
Изменение климата	7
ГЛАВА 3: МЕЖДУНАРОДНЫЕ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЙ	10
1. *Всемирная служба погоды (ВСП)*	10
Глобальная система наблюдений (ГСН)	11
Наземные подсистемы	11
Космические системы	12
Достижения и нужды ВСП	15
Особые проблемы развивающихся стран	16
Глобальная система телесвязи (ГСТ)	16
Глобальная система обработки данных (ГСОД)	17
Программа по тропическим циклонам	18
2. *Глобальная служба атмосферы (ГСА)*	19
Глобальные и региональные изменения	19
Глобальная система наблюдений за озоном	20
Сеть мониторинга фонового загрязнения воздуха	22
3. *Климат и Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК)*	24
Всемирная климатическая программа (ВКП)	24
Наблюдения за климатической системой — атмосфера	26
Наблюдения за океанами, льдом и сушей	27
Циклы: геохимический и гидрологический	29
Наблюдения для исследований климата	29
Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК)	31
ГЛАВА 4: ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ ЦИКЛ — МИРОВЫЕ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ	33
Вода — основной ресурс	33
Оценки водных ресурсов	35
Долгопериодные систематические измерения и организационные меры	36

Стр

Состояние дел в области оценок водных ресурсов 36
Потребности 1990-х гг. 39
Международные потребности — ВСНГЦ 39

ГЛАВА 5: ОТВЕТНЫЕ МЕРЫ ПО РЕКОМЕНДАЦИЯМ КОООНОСР-92..... 41

ЧТО ЕЩЕ МОЖНО ПРОЧИТАТЬ ПО ДАННОЙ ТЕМЕ 44

Предисловие

Систематические наблюдения за окружающими нас воздухом и водой имеют первостепенную важность для понимания их поведения и огромного воздействия на нашу жизнь. Поэтому первая цель Всемирной Метеорологической Организации (ВМО), как указано в ее Конвенции (статья 2), состоит в том, чтобы: "*Облегчать всемирное сотрудничество в создании сети станций, производящих метеорологические наблюдения, а также гидрологические и другие геофизические наблюдения, относящиеся к метеорологии . . .*".

Ежегодно 23 марта – день вступления в силу Конвенции ВМО в 1950 г. – отмечается как Всемирный метеорологический день с уделением особого внимания определенной теме. В 1994 г. этой темой является "Наблюдение за погодой и климатом".

Настоящую брошюру по теме дня написал Дж. П. Брюс (Канада), который в настоящее время является председателем канадского Совета по климатической программе и был председателем многих международных комитетов по сотрудничеству в области климата. Он долгое время занимал пост руководителя служб атмосферной и водной окружающей среды Канады, а также в течение некоторого периода работал как заместитель Генерального секретаря в Секретариате ВМО. Поэтому автор привнес многосторонность в ее содержание.

В брошюре отмечается то значение, которое придали мировые лидеры на *Конференции ООН по окружающей среде и развитию*, состоявшейся в Рио-де-Жанейро в 1992 г., надежным национальным и глобальным системам наблюдений за ключевыми компонентами окружающей среды. В ней описываются достижения программ ВМО, включая Всемирную службу погоды, Всемирную климатическую программу, Глобальную службу атмосферы и Программу по гидрологии и водным ресурсам. В ней также указываются некоторые недостатки, в том числе произошедшие в последнее время сокращения программ наблюдений в некоторых странах, не отвечающие требованиям водохозяйственные программы в таких регионах, как Африка, где нужда в них наибольшая, и несостоятельность в измерении изменчивости и изменений находящейся под стрессом глобальной климатической системы. Описываются также новые совместные инициативы в рамках семейства ООН, такие, как Глобальная система наблюдении за климатом и Всемирная система наблюдений за гидрологическим циклом. Эти и другие созданные системы, такие, как Глобальная система наблюдений, играют жизненно важную роль для охраны и рационального использования окружающей среды в будущем. Они нуждаются в постоянной национальной и международной поддержке.

Всемирный метеорологический день 1994 г. предоставляет благоприятную возможность правительствам, международным организациям, средствам массовой информации и населению в целом сосредоточить больше внимания на мониторинге, понимании и прогнозе погоды и климата, с тем чтобы человечество достойно отреагировало на вызов – решение проблем климата и погоды с перспективой на XXI век.

Г. О. П. Обаси
Генеральный секретарь

ГЛАВА 1

За один день

Ровно в 12.00 по Гринвичу метеорологический наблюдатель в Папуа-Новой Гвинее подходит к белой деревянной будке с жалюзийными стенками (будка Стивенсона), расположенной на площадке возле здания станции, считывает показания установленных приборов и осматривает небо. Среди приборов находятся термометры (смоченный и сухой), осадкомер, барометр атмосферного давления и анемометр для определения скорости и направления ветра. Наблюдатель также оценивает облачность и погодные условия, включая видимость. На основных станциях нижняя граница и высота облачности, а также видимость измеряются с помощью оптических приборов. Данные наблюдений переводятся в численную закодированную форму и передаются по радио. Замечательным является то, что точно в то же самое время, используя аналогичные приборы, и в точности те же международные коды, то же самое делают более 10 000 других наблюдателей, от Юрики (Канада) вблизи Северного полюса до станций в Антарктике, во всех странах и на судах, плавающих по морям всего мира. Это повторяется с трех- или шестичасовыми интервалами на протяжении всего дня. Такие одновременные наблюдения являются основой системы Всемирной службы погоды — основного источника всем нам известных и жизненно важных для нас метеорологических прогнозов и штормовых предупреждений, а также наших основных знаний о глобальном климате.

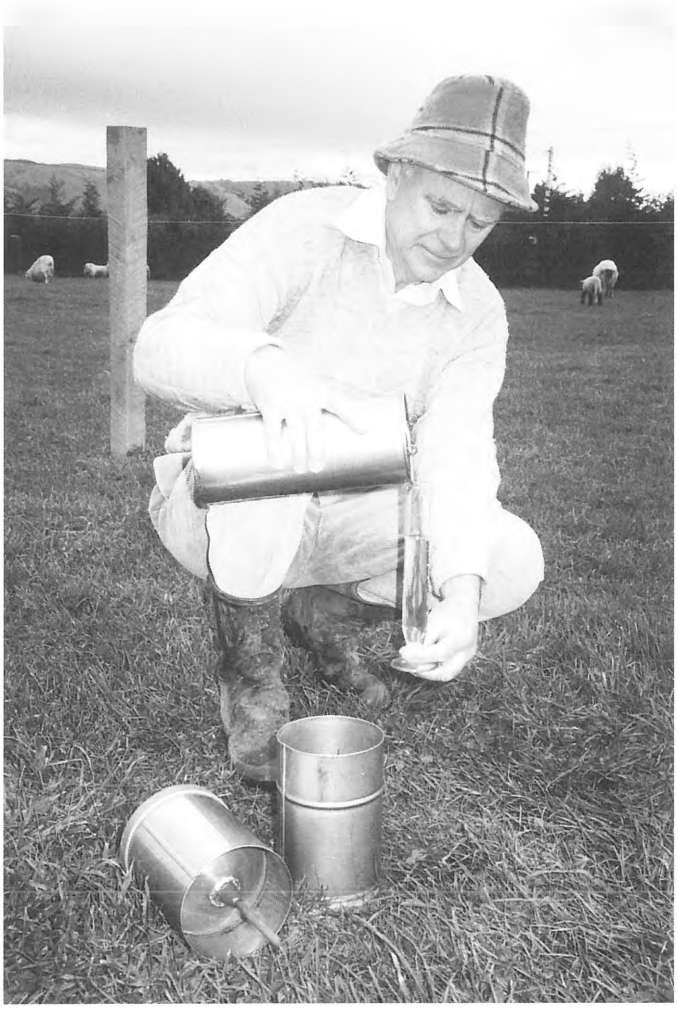
Эта совместная международная система, построенная на свободном и открытом обмене данными о погоде между странами, была впервые скоординирована на глобальном уровне Международной Метеорологической Организацией, основанной 120 лет тому назад. До этого имел место маломасштабный международный обмен данными наблюдений на региональной основе. В 1950 г. Всемирная Метерологическая Организация – специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, пришла на смену Международной Метеорологической Организации (ММО). Построив свою работу на фундаменте, основанном ММО, государства мира, работая через посредство ВМО, постепенно усовершенствовали наземную систему, добавив к ней измерения на высотах, дистанционное зондирование, системы метеорологических спутников и радиолокационных измерений.

Ежедневно обученные наблюдатели считывают показания уровней воды по рейкам (или линейкам), как это проводилось на реке Нил на протяжении 5 000 лет. На многих реках установлены поплавковые или манометрические уровнемеры, непрерывно измеряющие уровень воды. Посредством периодических измерений скорости течения рек, уровни воды могут быть преобразованы в надежные оценки стока или расхода воды, протекающей через данный гидрометрический створ.

Также ежедневно на многих метеорологических и гидрометрических станциях берутся образцы осадков, снега или воды для анализа их химического состава и

загрязнителей. Образцы воздуха забираются с помощью фильтров для лабораторных анализов химических загрязнений и частиц. Именно эти измерения показали серьезное загрязнение глобальной атмосферы и водных ресурсов в результате деятельности человека.

Эти системы наблюдений организованы национальными метеорологическими, гидрологическими и/или гидрометеорологическими агентствами, которые работают совместно на международной арене при посредстве Всемирной Метеорологической Организации. Даже при неоценимой помощи спутников основные сведения для глобального понимания погоды, климата и водных ресурсов продолжают поступать от этой армии верных наблюдателей, которые регулярно, день и ночь, проводят многие сотни тысяч наблюдений во всех частях нашей планеты. Именно они — невоспетые герои глобального сотрудничества.



Этот фермер — один из тысяч добровольцев-метеонаблюдателей во всем мире. (Фото: Метеорологическая служба Новой Зеландии)

ГЛАВА 2

Использование информации о погоде, климате и водных ресурсах

Всемирный метеорологический день 1992 г. был посвящен "метеорологии и гидрологии на службе устойчивого развития". В брошюре на эту тему было показано многообразное использование информации о погоде, климате и водных ресурсах для повышения урожая сельскохозяйственных культур при искусственном и естественном орошении. Это особенно важно сейчас, поскольку мы начинаем приближаться к пределу глобального производства продовольствия на душу населения. Водное хозяйство при удовлетворении растущих многосторонних потребностей должно также быть более эффективным и экологически безопасным. В нижеследующих разделах описаны некоторые специальные аспекты использования информации об окружающей среде, где подчеркивается их важность, оставляя более всестороннее рассмотрение этого критически важного использования основной информации об окружающей среде на долю более крупных публикаций.

Центральное место климата

Климат является основным природным ресурсом, от которого зависят все другие. Для понимания климата необходимо проводить измерения и понимать ежедневные параметры погоды. Было хорошо продемонстрировано, что подробные измерения и понимание изменений климата и их взаимодействия с деятельностью человека могут привести к принятию более эффективных экономических и социальных решений. Выбор наилучших культур и их оптимальных сроков сева и уборки; количество воды, необходимое для использования человеком; безопасное и эффективное проектирование зданий и мостов, трубопроводов и каналов; потребности в энергии для отопления и охлаждения; эффективность программ борьбы с загрязнением воздуха и воды; оптимальные транспортные маршруты; проектирование и размещение зон туризма и отдыха — вот лишь несколько примеров экономических решений, которые регулярно принимаются с учетом в явном или неявном виде информации о климате. Чем больше мы будем основывать эту информацию на измерениях и анализе климата и водных систем и их изменчивости, тем более надежными и эффективными будут решения по экономическому развитию и планированию.

Роль метеорологических прогнозов и предупреждений

Для принятия важных повседневных решений важна не только климатическая информация за длительный период времени. Ежедневные и сезонные прогнозы погоды и штормов, предупреждения о засухе и наводнениях основаны на той же системе наблюдений, которая используется для определения климата. От этих своевременных прогнозов и предупреждений, выпускаемых национальными метеорологическими службами, в большой степени зависят принимаемые нами решения — от

персональных — "захватить ли с собой зонтик?", до экономических — "заливать ли сегодня бетон?" и вопросов безопасности "давать ли этому самолету разрешение на взлет или этому судну — на выход в море?" Во многих случаях важность точных прогнозов выходит далеко за рамки немедленных последствий. Предупреждения о суровой погоде в море позволяют танкерам и другим судам избегать опасных штормов, которые, в противном случае, могут привести к разливу нефти или других химических веществ.

Трансформация измерений и наблюдений в "оперативные" предупреждения и прогнозы является наиболее широким требованием к международной практике наблюдений. Глобальные "моментальные снимки погоды с поверхности земли и из космоса" являются отправной точкой для выпуска предупреждений о штормах и прогнозов погоды. Для обмена данными быстрее, чем скорость движущихся штормов, требуется быстродействующая глобальная система телесвязи, обслуживающая все части земли. Необходима также сеть компьютерных центров для обработки и анализа огромных объемов данных, как основы для прогнозов. Всемирные системы, предназначенные для связи, анализа и прогноза, описаны в разделе главы 3, посвященном Всемирной службе погоды.

Стихийные бедствия

Экономический ущерб, причиняемый стихийными бедствиями, увеличился в огромных размерах с середины 1960-х годов. Общий глобальный ущерб в постоянных долларах США от выборочных "крупных" стихийных бедствий возрос от 3-4 млрд. в год в 1960-х гг. до 25-35 млрд. долларов в год в начале 1990 гг. Общая сумма ущерба от всех стихийных бедствий, больших и малых, в 1992 г. превышает 62 млрд. долларов. Хорошей вестью является то, что за тот же период количество людей, погибших от штормов, наводнений и засухи в странах с надежными системами предупреждений и готовности населения, сократилось (рисунок 1). Повышение надежности прогнозов суровой погоды, наводнений и засухи является ключевым фактором сокращения человеческих жертв. Это справедливо, например, для стихийных бедствий, вызванных ураганами на юге США, хотя экономический ущерб продолжает расти (например, ураган Эндрю, 1992 г. — около 25 млрд. долл. США).

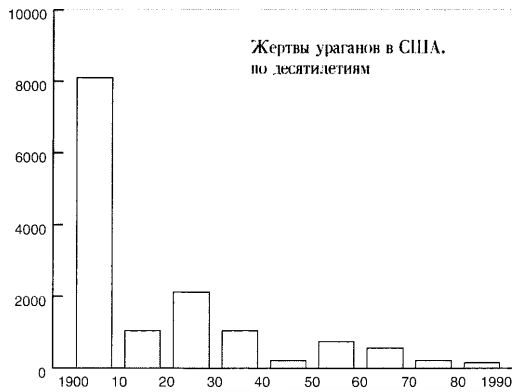


Рисунок 1 — Уменьшение числа человеческих жертв, вызванных ураганами в южной части США, является убедительным свидетельством все более надежного прогнозирования.

Таблица 1— **Мировая классификация бедствий и статистика нанесенного ущерба**

Классификация бедствия	Количество	Процент	Количество жертв	Процент	Количество пострадавших	Процент
Гражданские столкновения	137	5,8%	2 912 612	62,2%	117 493 613	5,6%
Засуха и голод	308	13,1%	636 583	13,6%	1 085 563 917	51,8%
Геофизические*	315	13,4%	497 500	10,6%	42 023 615	2,0%
Гидрометеорологические**	1 109	47,1%	536 820	11,5%	845 462 237	40,3%
Пожары и эпидемии	486	20,6%	96 843	2,1%	4 811 138	0,2%
Итого	2 355	100,0%	4 680 358	100,0%	2 095 354 520	100,0%

* землетрясения, вулканы

** шторма, наводнения

Именно стихийные бедствия гидрометеорологического характера оказывают воздействия на большинство жителей планеты. Статистика бедствий, собранная Бюро США по оказанию помощи потерпевшим от стихийных бедствий, показывает, что за 1960-1989 гг. более 90% людей, пострадавших от них, подверглись воздействию гидрометеорологических бедствий, т.е. засух, паводков и штормов (таблица 1).

Признавая возрастающую дань, которую человечество платит стихийным бедствиям, и что количество жертв и экономический ущерб можно серьезно сократить путем принятия соответствующих подготовительных мер, Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций объявила десятилетие 1990-х годов Международным десятилетием уменьшения опасности стихийных бедствий (МДУОСБ). В течение этого периода ко всем странам обращается просьба лучше оценить риск подверженности штормам, наводнениям, засухам, землетрясениям и пр. для совершенствования своих систем предупреждения по линии международного сотрудничества и развертывания эффективных систем реагирования на предупреждения. Всем регионам рекомендуется принять долгосрочные превентивные меры в виде законодательства по строительству и районированию, направленные на сокращение опасности для районов, подверженных стихийным бедствиям. Эти превентивные меры необходимо разработать на основе климатологических и гидрологических анализов частоты повторяемости и опасности экстремальных явлений.

Экологические бедствия

Роль метеорологической информации может быть такой же существенной при экологических бедствиях (неприродные бедствия), как и при стихийных бедствиях. Первые вопросы, которые задаются после промышленных аварий с утечкой токсических или радиоактивных веществ в атмосферу, включают "куда будет распространяться загрязнение под воздействием ветра?", "когда и в каких концентрациях оно выпадет на землю?" В море, на реках или озерах эти вопросы включают также "куда разлитое вещество будет переноситься течением?" и "как быстро?".

В случае озер и морей разработаны математические модели для прогнозирования поверхностных течений на основе наблюдений за ветром и прогнозов. Эти модели

позволяют спрогнозировать передвижение и дисперсию нефтяного пятна, либо плавучих загрязняющих веществ, позволив закрыть соответствующие водозаборники или другие средства водопользования на пути движения пятна. Прогнозы погоды также важны для руководства операциями по размещению оборудования для борьбы с разливами загрязнителей, такого, как боновые заграждения, диспергаторы и аспираторы. План срочных мероприятий Международной морской организации по борьбе с разливами нефти в океанах предусматривает тесное сотрудничество с ВМО в предоставлении важных метеорологических консультаций по линии совместных усилий соответствующих национальных метеорологических учреждений. В случае аварийных выбросов токсических веществ в реки прогноз перемещения и распространения загрязнителей зависит от гидрологической информации о течениях и скорости дисперсии.

Имел место ряд случаев крупных аварийных промышленных выбросов в атмосферу с трагическими национальными или международными последствиями, такие, как авария ядерного реактора на Чернобыльской АЭС и химические аварии (Сервесо, Бхопал), которые вызвали тревогу во всем мире. После Чернобыльской аварии семейство организаций ООН приняло решение по созданию более надежной системы предупреждений, которая затем и была создана. В ней участвуют Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), ВМО, Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП). В качестве части этой системы ВМО официально утвердила через свои страны-члены процедуры предоставления прогнозов перемещения и дисперсии радиоактивных выбросов в результате аварии, полученных на математических моделях, аналогичных тем, которые применяются для выпуска ежедневных прогнозов погоды, и при использовании моделей речного стока. На базе таких прогнозов можно оценить выпадение радиоактивных веществ или их концентрацию в любой точке, что обеспечивает надежную основу для принятия мер по защите водных ресурсов, продовольствия и населения. Скоординированные в региональном и глобальном масштабе опорные метеорологические и гидрологические сети наблюдений являются фундаментом всех таких систем консультаций и предупреждений.

Сезонные прогнозы и борьба с засухой

Научные исследования, проведенные за последние годы, особенно в рамках Всемирной программы исследований климата (при спонсорстве ВМО, Межправительственной океанографической комиссии (МОК) и Международного совета научных союзов (МСНС)) дали гораздо лучшее понимание сезонных климатических аномалий. Такое улучшенное понимание позволяет выпускать сезонные прогнозы засухи и наводнений, связанных с явлением Эль-Ниньо/Южное колебание (ЭНСО) (рисунок 2) в тропических и субтропических регионах. Это в свою очередь позволяет лучше подготовиться и отреагировать на эти явления.

На основе таких сезонных прогнозов несколько стран внедрили системы борьбы с засухой, которые значительно сокращают экономические потери и человеческие жертвы во время аномально засушливых периодов. В Индии, например, разработана комплексная система, благодаря которой успешно осуществлялись заблаговременные

меры на основе сезонных предупреждении о засухе (см. Р. С. А. Джейн, 1993 г.). Предупреждения, подготовленные Метеорологическим департаментом Индии, первоначально основывались на статистических взаимосвязях с явлением ЭНСО, но в настоящее время они более надежно основываются на физических научных данных, полученных от ВПИК.

Сравнивая последствия засухи 1963 г., при которой не было предупреждений и заблаговременно принятых мер, и засухи века 1987 г., которая произошла уже после того, как была создана система раннего предупреждения, Джейн дает следующие цифры:

1963 г.	1987 г.
80% правительственных расходов для преодоления последствий засухи	94% правительственных расходов на долгосрочное развитие (водохозяйственная деятельность, системы распределения продовольствия и пр.)
37% населения страдало от голода в пораженных районах	1,5% страдало от голода в пораженных районах
Падение производства зерновых культур на 18% в пораженных районах	Колебания производства зерновых культур от -7 до + 3% в различных пораженных районах

Трагедия заключается в том, что такие системы предупреждений и заблаговременных действий отсутствуют во многих странах, подверженных засухе. Содержашееся в главе 3 предложение об учреждении межнационального центра климатических прогнозов во временных масштабах от сезона до года, работающего при сотрудничестве с региональными прикладными центрами, может создать основу для эффективной борьбы с засухой во многих странах.

Изменение климата

Один из наиболее трудных вопросов, стоящих перед лицами, принимающими решения, которые обязательно должны принимать во внимание информацию о климате, состоит в том, как учесть предполагаемые изменения климата в результате все более возрастающих концентраций парниковых газов в атмосфере. Со времени начала промышленной революции уже наблюдаются повышение концентраций двуокиси углерода на 27% и повышение концентрации метана более чем на 100%. Это является причиной изменений радиационного баланса атмосферы, которые, очевидно, будут продолжаться и увеличиваться в течение некоторого времени. Даже если Рамочную конвенцию об изменении климата (1992 г.) подпишут почти все страны, мировые экономические и энергетические системы обладают инерцией, которая будет замедлять обращение вспять нынешней тенденции увеличения выбросов парниковых газов. Современный научный консенсус сводится к тому, что при эквивалентном удвоении концентрации CO_2 с учетом всех парниковых газов, что может произойти в течение первой половины следующего столетия, глобальная средняя температура повысится на 1,5-4,5°С (МГЭИК, 1990-1992 гг.) в течение нескольких десятилетий после такого удвоения. Это будет весьма глубоким изменением, которое сделает нашу планету самой теплой с тех пор, когда человек впервые начал обрабатывать землю 10 000 лет тому назад. Как такое глобальное изменение скажется на региональном и локальном уровне, остается пока

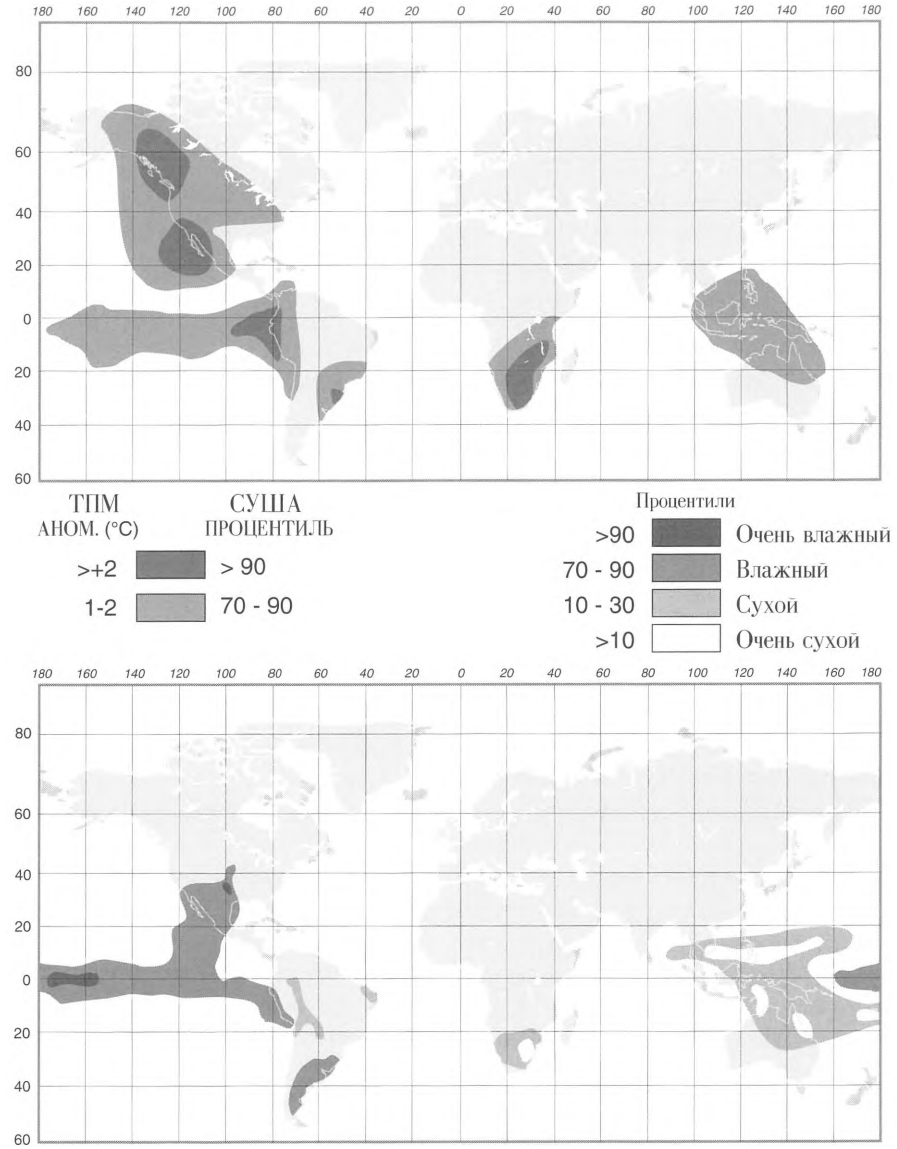


Рисунок 2—Климатические аномалии, связанные с явлением Эль-Ниньо/Южное колебание.

неизвестным, что создает трудности для принятия политических решений об ограничениях выбросов парниковых газов и капиталовложениях для адаптации к предполагаемым изменениям (см. рисунок 3).

Например, какие виды деревьев, которые требуют 40-80 лет для своего созревания, следует высаживать для оптимального роста? Каких размеров плотина

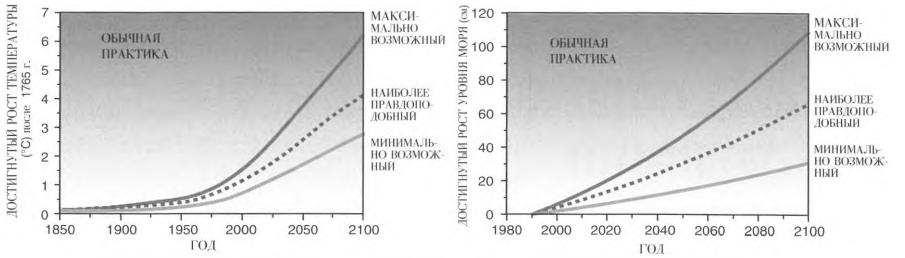


Рисунок 3 — Прогнозируемый МГЭИК рост температуры и уровня моря, связанный с ожидаемым увеличением концентраций парниковых газов в атмосфере (МГЭИК, 1991 г.).

является безопасной и практичной для водоснабжения или выработки гидроэлектроэнергии, когда речные расходы могут меняться, а срок экономической жизни составляет 50-100 лет? Следует ли помогать фермерам оставаться в занимаемых ими районах, подверженных засухе, или рекомендовать им переселиться в районы, где будущий климат будет более благоприятным для сельского хозяйства? Будут ли более частыми сильные дожди и сопровождающие их наводнения, как это предсказывают некоторые модели климата? Расширится ли территория, на которую будут воздействовать тропические шторма? Смогут ли береговые зоны противостоять прогнозируемому сейчас убыстряющемуся подъему уровня моря?

Абсолютно необходимо, чтобы государства мира вложили средства в проведение дальнейших исследований и совершенствование измерений глобальной климатической системы как для обнаружения климатической изменчивости и изменений, так и для более определенного ответа на эти и многие другие аналогичные важные вопросы.

ГЛАВА 3

Международные системы наблюдений

1. Всемирная служба погоды (ВСП)

«Самой первой Глобальной системой мониторинга окружающей среды является Всемирная служба погоды — международная сеть систем наблюдений, линий телесвязи и оснащенных компьютерами центров анализа.» — Е. Роденбург, Институт мировых ресурсов, Вашингтон, март 1991 г.

Программа Всемирной службы погоды стран-членов Всемирной Метеорологической Организации развилась из разрозненных региональных обменов приземными метеорологическими наблюдениями, которые велись еще в XIX столетии, в крупномасштабную систему, охватывающую все государства земного шара и разделяющие их моря. Не случайно, что первая цель ВМО, изложенная в ее Конвенции, состоит в том, чтобы «облегчать всемирное сотрудничество в создании сети станций, производящих метеорологические наблюдения, а также гидрологические и другие геофизические наблюдения, относящиеся к метеорологии . . .»

Наблюдения за погодой в обсерватории Ташкента, созданной в 1876 г.; это — старейшая метеорологическая станция, расположенная на территории государств Центральной Азии. (Фото: Анатолий Рахимбаев)

ВСП продолжает развиваться по мере того, как становятся доступными новые методы наблюдений и усовершенствованные средства обмена информацией. Она имеет три основных компонента: Глобальную систему наблюдений (ГСН), Глобальную систему телесвязи (ГСТ) и Глобальную систему обработки данных (ГСОД).

Глобальная система наблюдений

Наземные подсистемы

Всемирная система наблюдений предусматривает проведение измерений у поверхности Земли, шары-зонды поднимают измерительные устройства в атмосферу, а спутниковые системы наблюдают Землю из космоса. Как описано в главе 1, наземные наблюдения являются "синоптическими", т.е. проводятся в одно и то же время одинаковым образом во всех частях земного шара. Это — сеть станций, в которую вносят свой вклад по существу все страны, обеспечивая каждые 3 или 6 часов основные измерения атмосферного давления, температуры, влажности, ветра, осадков, погодных условий, облачности и видимости. Некоторые станции, главным образом в аэропортах, проводят ежечасные наблюдения и выпускают специальные сводки о неожиданных изменениях. В соглашениях о сотрудничестве, разработанных по линии ВМО, определен ряд приземных синоптических станций, данные с которых предназначены для региональных и глобальных анализов и прогнозов. Дополнительная группа станций имеет целью удовлетворение национальных потребностей. В таблице 2 показано количество станций по каждой

Таблица 2— **Всемирные сети синоптических станций в 1992 г.**

Приземные синоптические	**Требующееся или запланированное количество**	**Количество станций, передающих сводки за 1200 МСВ (ноябрь 1992 г.)**
Для удовлетворения региональных и глобальных потребностей	4 055	3 251
Для удовлетворения региональных и глобальных плюс национальных потребностей	9 762	8 065 (530 — автоматические станции)
Подвижные суда, оборудованные для производства наблюдений	7 362	около 40% действуют на постоянной основе
Станции, передающие сводки CLIMAT (ежемесячные сводки по ГСТ)	2 884	
Аэрологические		
Для удовлетворения региональных и глобальных потребностей	R/W 990 R/S 896	699 (в 00 и 12 МСВ) 634 (в 00 и 12 МСВ)
Суда, оборудованные для проведения аэрологических наблюдений	42	

категории во всем мире, количество судов, оборудованных для производства наблюдений, и количество станций, в настоящее время передающих свои сводки.

Наблюдения температуры, ветра, влажности и атмосферного давления над поверхностью Земли на высотах до 15 – 20 000 м производятся с помощью шаров, несущих радиозонды, которые передают данные их датчиков на наземные станции. Во всем мире выделено около 1000 станций для проведения зондирования температуры воздуха, влажности и давления, по крайней мере один раз, а иногда дважды (00 и 12 МСВ), или четырежды в сутки. Шары, оснащенные датчиками, прослеживаются так, что это позволяет рассчитать скорость и направление ветра на различных уровнях в атмосфере. Международно согласованные глобальные и региональные потребности несколько превышают существующие ныне сети (см. таблицу 2). Эти аэрологические данные приносят непосредственную пользу для полетов самолетов, при прокладке их курсов и при принятии решения о необходимости дозаправки. Они имеют также фундаментальное значение для определения текущего состояния атмосферы, и вводятся в компьютерные модели для прогнозирования будущих условий в региональном или глобальном масштабе.

Сводки с коммерческих самолетов являются растущим источником данных в системе ВСП. В настоящее время по Глобальной системе телесвязи ежесуточно обменивается около 8 000 сводок. По мере внедрения автоматических систем ожидается увеличение количества сводок до более 100 000 в сутки, включая частые сводки на этапах набора высоты и снижения самолета.

Все более важным компонентом наземной подсистемы ВСП становятся автоматические морские станции и флот судов, проводящих добровольные наблюдения (см. таблицу 2). В декабре 1992 г. имелось 620 оснащенных приборами буев, развернутых многими различными агентствами и дрейфующих с ветрами и течениями в мировом океане. Они направляли в систему связи около 2400 сводок в сутки. Такие дрейфующие буи проводят измерения атмосферного давления, температуры воздуха, температуры воды и, иногда, ветра. Заякоренные буи или фиксированные платформы эксплуатируются рядом стран для измерения метеорологических и океанографических параметров, включая высоту и направление волнения, температуру и соленость моря у поверхности и на глубине, ветер, температуру воздуха, атмосферное давление, осадки и другие параметры. Некоторые из этих платформ также берут пробы воздуха и воды для исследования их загрязнения. В конце 1992 г. страны сообщали о работе 195 заякоренных буев и более 80 фиксированных платформ, проводящих наблюдения.

Космические системы

Метеорологическое сообщество было одним из первых, кто начал широко использовать спутники. Фотографии штормов и облачных систем используются для улучшения прогнозов погоды и предупреждений. Международное сотрудничество в области метеорологических спутников и спутников изучения окружающей среды начало быстро развиваться после того, как Генеральная Ассамблея Организации Объединенных Наций в 1961 г. предложила ВМО «в свете освоения космического пространства» доложить о средствах «развития существующих возможностей

прогнозирования погоды . . .». В докладе, подготовленном в 1962 г. в ответ на эту просьбу, были впервые представлены термин и концепция «Всемирной службы погоды». В настоящее время спутники играют важную роль, особенно для слежения за штормами в море, такими, как тропические циклоны, ураганы и тайфуны.

В гидрологии такие параметры, как температура поверхности воды, протяженность поймы и развитие паводка, оценки влажности почвы, перенос наносов, протяженность снежного и ледового покрова и другие параметры также часто определяются с помощью спутников.

Нынешняя спутниковая система Всемирной службы погоды состоит из нескольких спутников с околополярной орбитой и четырех геостационарных спутников. По своим целям они взаимодополняют друг друга. Геостационарные спутники обеспечивают эффективный постоянный обзор тропических и умеренных зон с фиксированных точек над экватором (рисунок 4).

Спутники с околополярной орбитой особенно важны для полярных и субполярных регионов, но обеспечивают для любого района только одно изображение за каждую орбиту. В связи с перемещением в западном направлении следующих одна за другой орбит, конкретный район обозревается, по крайней мере, дважды в сутки. Измерительные системы на борту спутников запрограммированы так, что предоставляют глобальные данные (изображения облаков, снежного и ледового покрова, температуры поверхности моря, температурные профили) один раз или дважды в сутки.

Изображения принимаются в глобальном масштабе посредством спутникового приемного оборудования, некоторые виды которого довольно недороги (см. ниже «наземный сегмент»).

США (серия НУОА) и Российская Федерация (серия «Метеор») планируют продолжать запуск своих спутников с околополярной орбитой, а Европа через организацию ЕВМЕТСАТ будет дополнять своими спутниками общую картину спутникового обзора до конца десятилетия.

Группа по координации в области геостационарных метеорологических спутников (КГМС), в состав которой входят представители стран-операторов метеорологических спутников, в настоящее время предусматривает комплект из пяти геостационарных спутников (см. рамку 1), обеспечивающих глобальный охват тропических и умеренных зон. В настоящее время работают четыре из них.

Благодаря усилиям КГМС характеристики систем в целом являются аналогичными и сопоставимыми для всех этих спутников. Их основная задача заключается в том, чтобы обеспечивать видимые и инфракрасные изображения облачности и температуры верхней границы облаков (высоты верхней границы облаков), температуры суши и моря, оценки ветров на высотах на основании перемещения облаков. Кроме того, их коммуникационные системы ретранслируют метеорологические факсимильные карты и данные об окружающей среде как с фиксированных, так и подвижных платформ сбора данных, таких, как автоматические метеорологические станции и морские наблюдательные платформы.

Наземный сегмент спутниковой программы обеспечивает прием сигналов и ретрансляцию данных со спутников. Наиболее сложные формы информации принимаются

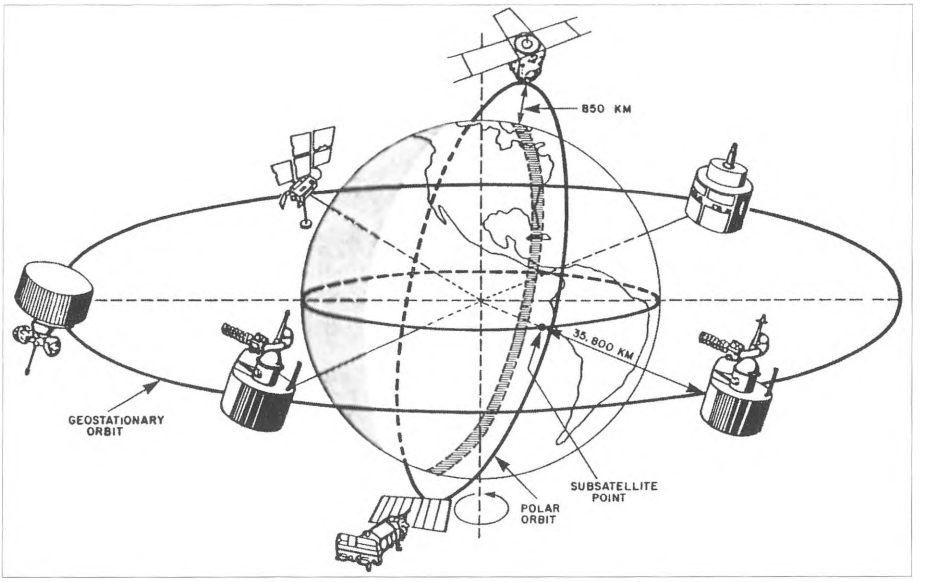


Рисунок 4 — Сеть метеорологических спутников.

и обрабатываются в основном самими странами — спутниковыми операторами, которые затем кодируют данные для передачи их по ГСТ в компьютерные центры для численного прогнозирования погоды. Оценки ветра на основе перемещения облаков, температура поверхности моря и данные вычисленных профилей температуры атмосферы также передаются по глобальной системе. Помимо этого, в настоящее время имеется почти 700 приемников спутниковой информации, эксплуатируемых странами-членами ВМО по всему миру. Широкое разнообразие станций (см. центральную вкладку) включает:

- относительно недорогие и простые станции типа АПТ (многие из них переделаны из старых конструкций станций);
- станции, которые оборудованы для приема и обработки аналоговой информации с полярно-орбитальных и геостационарных спутников и для распространения этой информации по специальным сетям телесвязи;

РАМКА 1

Требование к компоненту геостационарных спутников Глобальной системы наблюдений (ГСН) ВМО заключается в наличии пяти спутников, расположенных над экватором с долготой:

0°	-	ЕВМЕТСАТ
75°з. д.	-	США
135°з. д.	-	США
140°в. д.	-	Япония
82°в. д. - 76°в. д.	-	Индия и Российская Федерация

— станции наиболее сложного типа, оборудованные для приема данных высокого разрешения в цифровой форме непосредственно со спутников. Эти данные высокого разрешения являются наиболее ценными для оперативных прогнозов явлений мезомасштаба (небольшие штормы) и для гидрологов с целью определения влажности почвы и поймы, а также для составления карт растительного покрова.

Все регионы и большинство стран имеют доступ к спутниковым изображениям и передаваемым данным, при этом, например, африканские страны имеют всего 64 АПТ и приемников высокого разрешения. Наименьшее количество приемников имеется в регионе юго-западной части Тихого океана, где для приема спутниковых изображений и данных имеется 30 АПТ и приемников высокого разрешения и 19 приемников ВЕФАКС (метеорологические факсимильные карты).

Необходимо признать, что оперативные спутники, разработанные и широко используемые для прогнозов погоды, также полезны для многих других целей наблюдения за окружающей средой. Проиллюстрируем это несколькими примерами. Китай впервые обнаружил и проследил крупные лесные пожары в северо-восточной части страны в 1990 г. с помощью своего экспериментального метеорологического спутника. США ввели в действие план объявления тревоги в случае вулканических извержений с использованием спутниковых данных для определения высоты шлейфа и перемещения облака пепла, так опасного для реактивных самолетов. Центры ВМО по мониторингу засухи в Африке (Найроби и Хараре) и Агргимет (Ниамей) используют спутниковые изображения НУОА для оценки изменений в растительном покрове под влиянием засухи и осадков. Разрабатываются многие важные прикладные вопросы водохозяйственного характера. Изменение береговой зоны, эрозия и наносы наблюдаются Бангладеш и другими странами с помощью спутников. Данные об окружающей среде и гидрологические данные в дополнение к метеорологическим наблюдениям часто передаются из отдаленных районов, используя метеорологический спутник как ретрансляционную станцию.

Имеется также ряд исследовательских спутниковых систем, запущенных для различных целей. Те из них, которые тесно связаны с пониманием атмосферы, климата и водных ресурсов, описаны далее в заключительной части этой главы и в главе 4.

Достижения и нужды ВСП

Трудно не согласиться с оценкой Института мировых ресурсов о том, что Всемирная служба погоды является «самой первой глобальной системой мониторинга окружающей среды». Действующие совместно наземная и космическая системы являются выдающимся достижением в области научного сотрудничества, а по многим аспектам— образцом для всего мира. Тем не менее существуют трудности в строительстве и обслуживании такой широко распространенной и комплексной системы. И только ее огромная ценность для всех стран продолжает служить тем цементом, который скрепляет ее и делает доступной для всех. Уровни осуществления приземной и аэрологической программ в начале 1990-х гг. несколько уменьшились. Для приземных наблюдений масштабы осуществления для четырех основных стандартных сроков незначительно уменьшились с 91 до 90% по отношению к согласованным потребностям.

Процент осуществления аэрологических наблюдений в глобальном масштабе упал с 81 до 79% в связи с экономическими трудностями во многих странах.

Особые проблемы развивающихся стран

Разумеется, что эти глобальные средние цифры отражают общую картину, включающую как в целом благополучные регионы с очень высоким уровнем осуществления, так и менее экономически развитые регионы с гораздо более низким уровнем осуществления. В Регионе I (Африка), например, в 1992 г. работали 59% от региональных и глобальных требующихся станций радиозондирования в 1200 МСВ, и только 32% — в 00 МСВ.

Большинство трудностей достижения полного осуществления запланированных глобальных сетей наблюдения за окружающей средой связано с развивающимися странами мира. Эти государства встретились с серьезными экономическими, социальными и политическими проблемами, осложненными повторяющимися разрушительными стихийными бедствиями: засухой и голодом, штормами и наводнениями. Во многих случаях эти трудности усугубляются тяжелым бременем долгов.

При таких обстоятельствах отрадно отметить, что многие развивающиеся страны продолжают оказывать, по крайней мере на некотором уровне, поддержку своим метеорологическим и гидрологическим службам. Информация, представляемая этими службами, несомненно помогает сократить ущерб, наносимый стихийными бедствиями, и обеспечивает основу для планирования улучшения ситуации в будущем. Программа ВМО по техническому сотрудничеству оказывает содействие из ограниченных ресурсов для решения этих основополагающих проблем сбора и использования информации об окружающей среде, в помощь движению государств к более устойчивому развитию.

Необходимо приумножить усилия как развитых, так и развивающихся стран в поддержку этих жизненно важных программ наблюдений, если мы желаем избежать дальнейшего спада в работе ВСП и других систем наблюдений.

Глобальная система телесвязи (ГСТ)

Для работы ВСП необходимо не только предоставлять данные наблюдений в рамках Глобальной системы наблюдений, но и передавать в глобальном масштабе эти данные, а они должны анализироваться и использоваться для выпуска предупреждений и прогнозов. Второй этап — фаза связи, осуществляется посредством Глобальной системы телесвязи. Эта система должна творить чудо — несколько раз в сутки передавать данные со всех частей мира трем мировым метеорологическим центрам для анализа и выпуска прогностической метеорологической информации. Прогностические карты, в свою очередь, должны направляться назад в страны, из которых получены данные наблюдений.

Эту важную задачу выполняет трехуровенная система: Главная сеть телесвязи (ГСЕТ), региональные сети метеорологической телесвязи (РСМТ) и национальные сети метеорологической телесвязи (НСМТ).

В таблице 3 показано состояние на январь 1993 г. осуществления цепей, предусмотренных международно согласованным планом ГСТ. Главные цепи осуществлены полностью, и все центры на этих цепях автоматизированы. Однако задействованы только 220 из 267 двусторонних региональных цепей; только 37 из

них действуют со скоростью передачи данных 9 600 бит/с и выше. Оставшаяся часть представляет собой средне- или низкоскоростные цепи. Из таблицы 3 можно видеть, что наибольшие трудности в осуществлении цепей встречаются в Регионе I (Африка), где уровень осуществления составляет лишь 71%. Наибольшее серьезное следствие этого состоит в том, что даже при мобилизации всех ресурсов и персонала для проведения наблюдений, их полный объем не реализуется глобальным сообществом, поскольку данные не могут быть своевременно переданы в главные цепи.

По существу процент синоптических данных, собранных в региональном и глобальном и масштабе в семи основных центрах на ГСЕТ за период мониторинга ВМО с 1 по 15 октября 1992 г., составлял лишь 71% от требующегося. Центры ГСЕТ принимали за этот период в среднем в сутки 3 000 судовых сводок, 2 300 наблюдений с дрейфующих буев и 6 560 сводок с самолетов.

Глобальная система обработки данных (ГСОД)

Три мировых метеорологических центра (ММЦ) — Мельбурн, Москва и Вашингтон несут глобальную ответственность в трехуровенной системе мировых, региональных и национальных центров в рамках ВСП, посвященной обработке данных, анализу и прогнозу — ГСОД. Эти центры собирают глобальные данные, выпускают анализы текущего состояния глобальной атмосферы, а также составленные с помощью компьютеров численные прогнозы для всемирного использования.

Таблица 3—**Резюме осуществления двусторонних цепей, предусмотренных планом ГСТ** (состояние на 19.01.1993 г.)

ГСТ	Цепи, предусмотренные планом ГСТ	Осуществленные цепи	Средства телесвязи		
			Спутник/кабель/микроволновая		ВЧ радио
			телефонного типа	телеграфного типа	
ГСЕТ	23	23	20	2	1
Регион I (Африка)	83	59	2	32	25
Регион II (Азия)	48	38	11	23	4
Регион III (Южная Америка)	16	12	1	11	0
Регион IV (Северная и Центральная Америка)	36	34	22	12	0
Регион V (юго-западная часть Тихого океана)	14	13	4	9	0
Регион VI (Европа)	49	45	29	16	0
Межрегиональные цепи	22	19	8	11	0
Итого	**291**	**243**	**97**	**116**	**30**

Эти анализы и прогнозы используются и уточняются сетью региональных метеорологических центров и региональных специализированных метеорологических центров (РСМЦ), специализирующихся на конкретных видах прогнозов и продукции. Национальные метеорологические центры проводят дальнейшее уточнение продукции для использования внутри страны. Такой РСМЦ, как Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды, специализируется на прогнозах с заблаговременностью от 3 до 10 дней; Африканский центр по применению метеорологии для целей развития (АКМАД, Ниамей, Нигер) специализируется на прогнозах, специально увязанных с нуждами конкретных заказчиков (сельское хозяйство, водные ресурсы, предупреждения о засухе и пр.). Некоторым РСМЦ (Франция, Канада) поручен выпуск прогнозов перемещения радиоактивных частиц или пепла после ядерной аварии или вулканического извержения. Другие РСМЦ (Майами, Нью-Дели, Реюньон, Токио) выпускают региональные прогнозы и предупреждения о тропических циклонах.

Все такие центры оборудованы современными мощными компьютерами и средствами телесвязи, а наиболее крупные центры располагают наиболее современными суперкомпьютерами. Необходимо увеличить объем помощи менее индустриально развитым регионам для дальнейшего совершенствования центров, таких, как АКМАД, с целью максимально воспользоваться возможностями ВСП во всех отраслях экономики.

Программа по тропическим циклонам

Программа по тропическим циклонам является одним из наглядных примеров ценности и важности Всемирной службы погоды. На рисунке 5 показаны регионы, в которых формируются и распространяются тропические циклоны (в зависимости от региона их называют ураганами, тайфунами или просто циклонами). Для их формирования необходима температура поверхности моря в 26°С и выше, поскольку источником их штормовой энергии является скрытое тепло, выделяющееся, когда высокие концентрации водяного пара над теплыми морями приводят к его конденсации, т.е. трансформации в облачные капли. Это означает, что их местом обитания являются пять указанных на рисунке регионов.

В каждом из этих регионов ВМО, а в некоторых случаях при сотрудничестве с другими агентствами (такими, как Экономическая и социальная комиссия для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО)), учредила Программу по тропическим циклонам. Эти программы максимально используют спутниковые и приземные наблюдения, связь и обработку данных в рамках Всемирной службы погоды для выпуска надежных предупреждений о перемещении и интенсивности тропических штормов. Странам оказывается содействие по превращению прогнозов погоды в предупреждения о прибрежных штормах и штормовых нагонах воды, а также речных паводках. Операторы Программы по тропическим циклонам действуют совместно с гражданской обороной, министерствами общественных работ, сельскохозяйственными и другими агентствами для разработки соответствующих стратегий реагирования — эвакуации из зон высокого риска, ограждения зданий, перемещения скота и транспорта из уязвимых районов — все это в значительной степени сокращает человеческие жертвы, страдания людей и экономические потери в результате тропических циклонов.

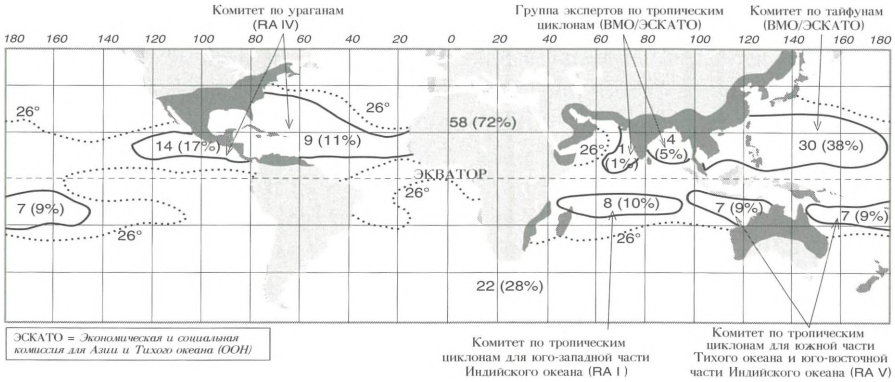


Рисунок 5 — Регионы, подверженные воздействию тропических циклонов — районы суши затемнены, морские районы ограничены пунктирной линией 26 °С. Цифры указывают количество и процент циклонов. Указаны также органы по тропическим циклонам и районы их ответственности.

2. Глобальная служба атмосферы (ГСА)

Глобальные и региональные изменения

Химический состав атмосферы нашей планеты быстро изменяется под воздействием деятельности человека. Лейтмотив проблемы окружающей среды за последние несколько десятилетий — кислотные дожди, токсические вещества в воздухе, разрушение озонового слоя и вызванное концентрацией парниковых газов глобальное потепление — все это опасные сигналы о том, что человечество серьезно загрязняет атмосферу, в которой проживают все живые существа на Земле, и которая защищает поверхность от вредной радиации. Атмосфера Земли имеет природный химический состав, который формировался на протяжении геологических эпох в гармонии с эволюцией форм жизни (см. Публикацию ВМО № 735, *Атмосфера живой планеты Земля*, 1991 г.). Загрязнения в атмосферу поступают от выбросов фабрик, автомобилей, производства электроэнергии, отопления и охлаждения и от многих других видов деятельности человека (рисунок 6). Это угрожает некоторым формам жизни, здоровью человека, водоснабжению и производству продовольствия. Движущими силами этого загрязнения являются перепотребление, особенно энергии, на севере, и перенаселение некоторых стран на юге.

Измерения происходящих изменений имеют важное значение для диагноза тенденций, вероятного воздействия и источников загрязняющих веществ, а также для мероприятий по сокращению нагрузки на атмосферу, вызываемой деятельностью человека. Основной всемирной сетью таких измерений является Глобальная служба атмосферы ВМО. Термин «Глобальная служба атмосферы» впервые появился в 1989 г. и означает всестороннюю координацию двух программ измерений долгосрочного характера: Глобальной системы наблюдений за озоном и сети мониторинга фонового загрязнения воздуха, а также связанной с ними научно-исследовательской и аналитической деятельности.

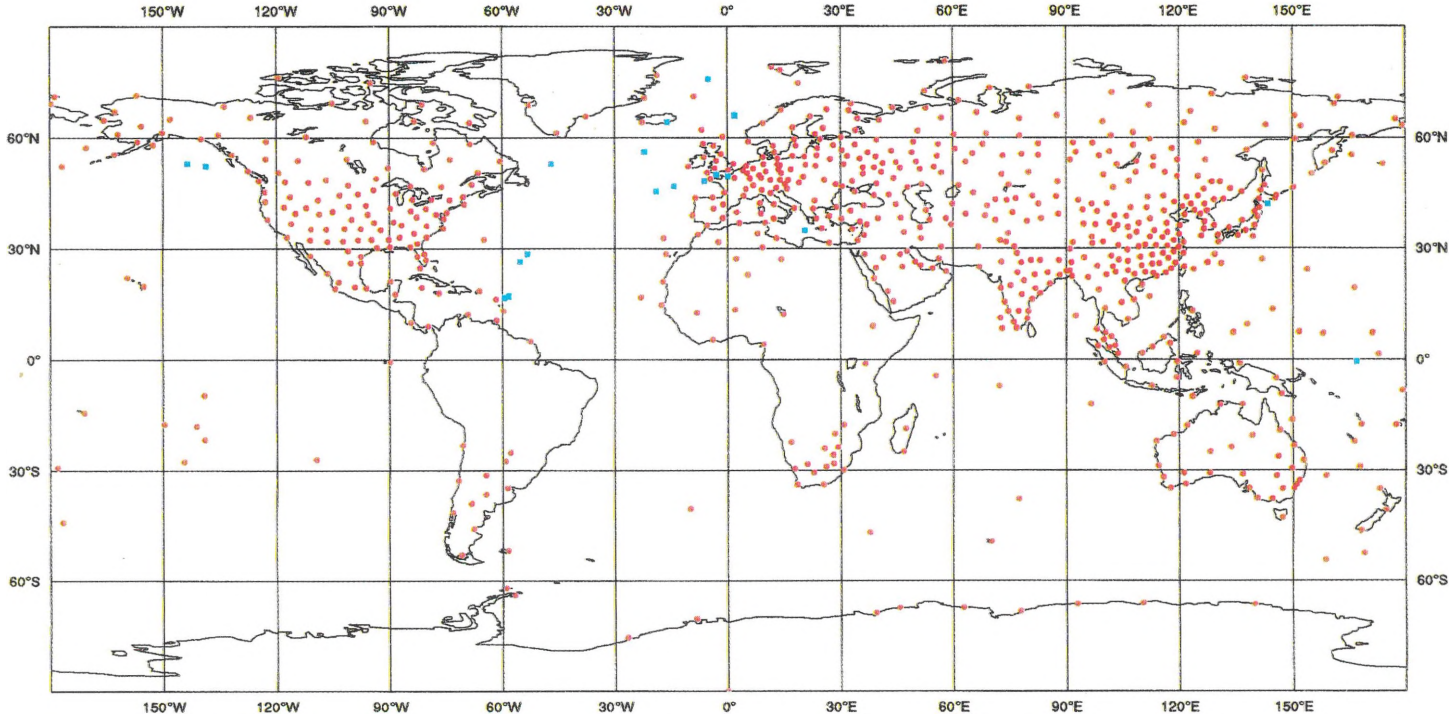
Глобальная система наблюдений за озоном

Глобальная система наблюдений за озоном (ГСНО$_3$) своим происхождением обязана Международному геофизическому году (1957-1958 гг.). Ряд стран начал производить систематические измерения общего озонового столба, используя приборы, расположенные на поверхности земли, а также некоторые измерения с помощью шаров-зондов. Наземные приборы — спектрофотометр Добсона, фильтрующие озонометры и, совсем недавно — спектрофотометр Брюера, а также стандартные процедуры пользования этими приборами, контроля качества и анализа данных, наряду с обменом данных — все это организовано при посредстве ВМО. С 1960 г. Канада (Служба атмосферной окружающей среды, Даунсвью, Онтарио) осуществляет от имени ВМО управление всемирными данными об озоне, а совсем недавно — данными об ультрафиолетовом излучении, достигающем земли. В отношении прочих типов данных ГСА (таблица 4) созданы другие мировые центры данных.

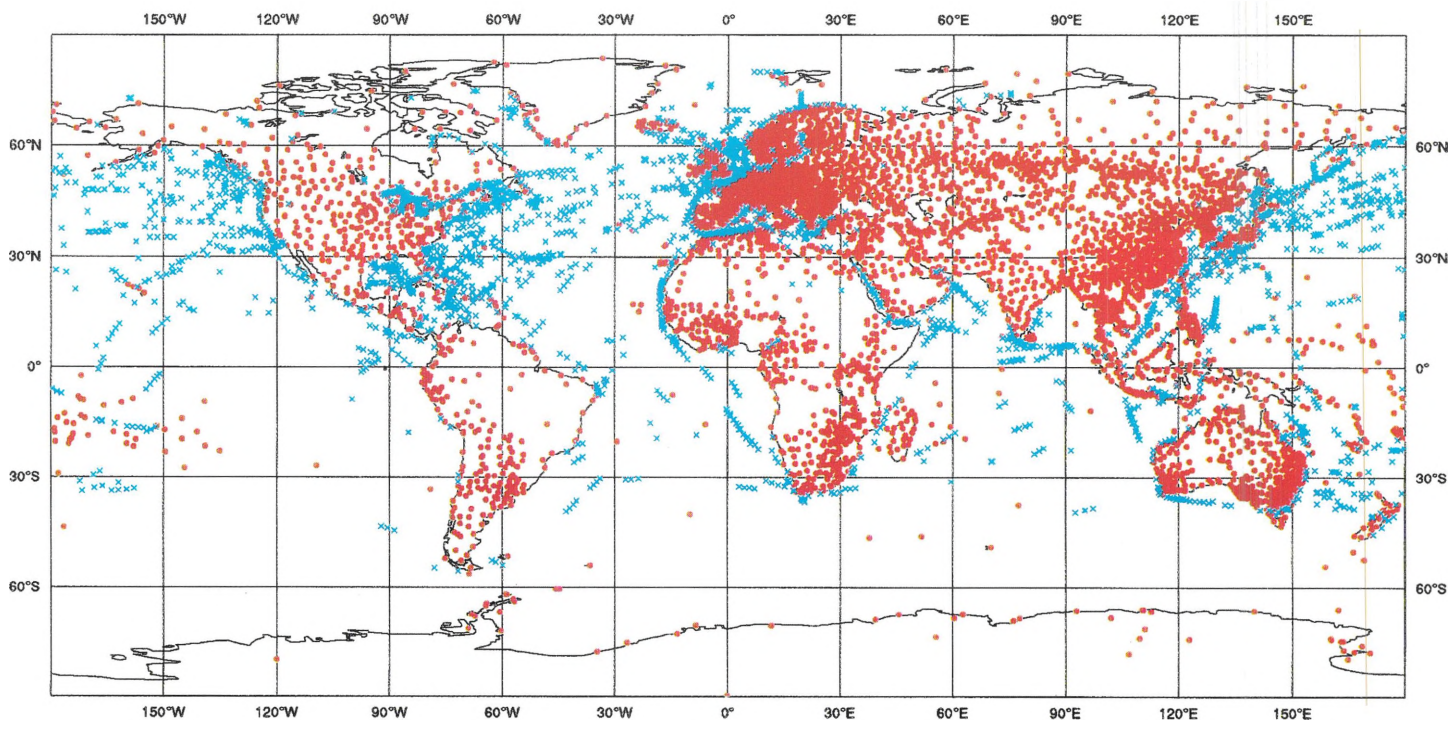
Приборы измеряют общее количество озона над станцией, а методы вычисления (например, метод Умкера) разработаны для того, чтобы оценить вертикальное распределение озона и, в частности, количество озона, присутствующее в стратосферном "озоновом слое". Этот "слой" с максимальной концентрацией на высоте около 22-24 км над поверхностью земли содержит около 90% озона в атмосфере. Озоновые зонды, поднимаемые с помощью шаров, которые время от времени запускаются с нескольких станций для измерения концентраций на различных высотах, дают непосредственные результаты измерений, позволяя таким образом проверить точность расчетов. За последние годы данные наблюдений за озоном с поверхности земли пополнились специальными наблюдениями со спутника НАСА США. Однако основная информация о "нормальном" озоновом слое, с которой мы можем сравнить истощение озонового слоя, связанное с деятельностью человека, обеспечивается долгосрочными измерениями на ГСНО$_3$, производимыми терпеливо в течение многих лет учеными по всему миру. Фигурально выражаясь, страны, которые подписали Венскую конвенцию о защите озонового слоя и Монреальский протокол о веществах, разрушающих озоновый слой (октябрь 1987 г.), стояли на плечах ученых и техников всего мира, которые измеряли и изучали озон на протяжении более трех десятилетий. Сегодня компонент ГСНО$_3$ Глобальной службы атмосферы ВМО состоит из более 140 наземных озоновых станций в 60 странах мира. Данные, получаемые с этой сети, используются также Глобальной системой мониторинга окружающей среды (ГСМОС), координируемой Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП). Краткие сведения о наблюдаемом в настоящее время разрушении стратосферного озонового слоя на

На всех широтах, от теплых тропиков до полярных регионов, наблюдатели запускают шары-зонды для измерения скорости ветра и качества воздуха, а также отбирают пробы снега и льда для анализа содержания воды и загрязнений. (Фото: Королевская обсерватория, Гонконг (вверху), и Служба атмосферной окружающей среды, Канада (внизу).

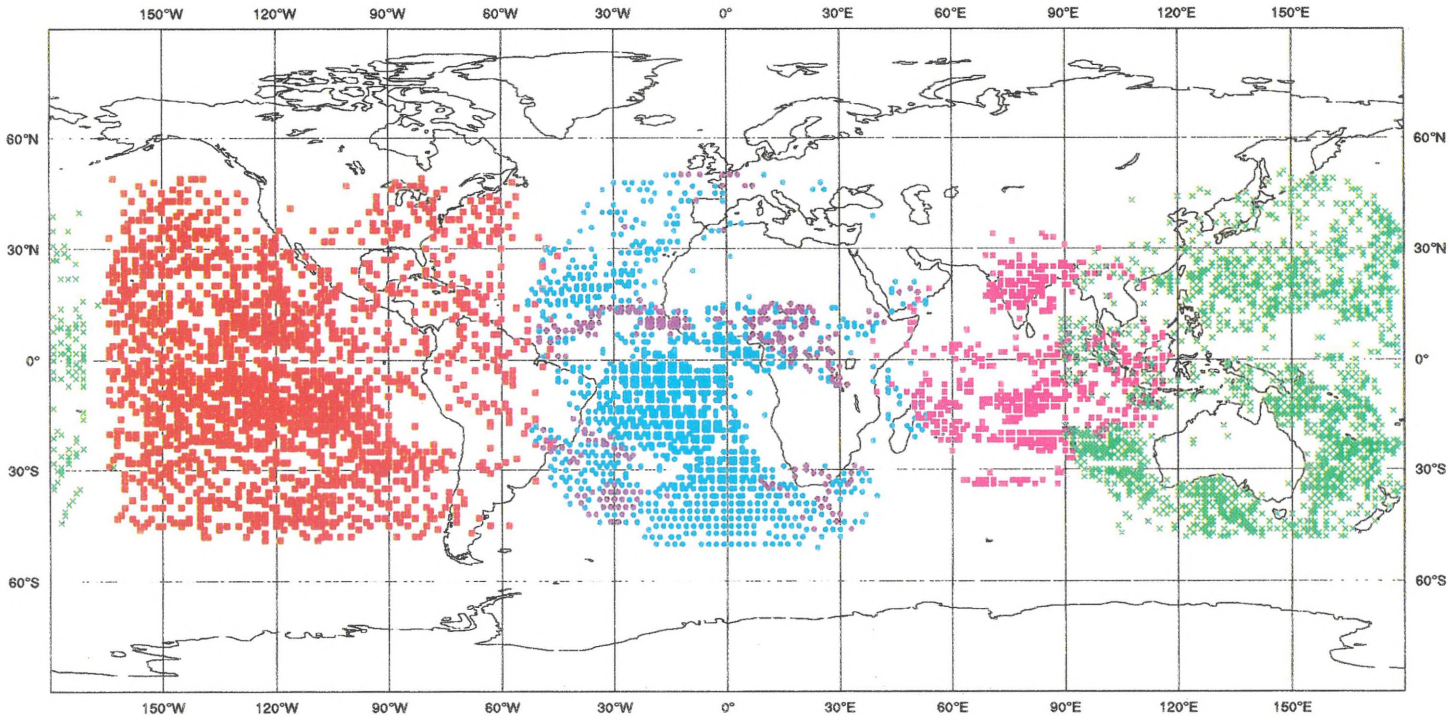
Canada
C-GCFY



1. Типичное глобальное распределение ежесуточных аэрологических наблюдений за давлением, температурой, влажностью и ветром, которые проводятся с помощью аппаратуры радиозондирования, установленной на шарах-зондах.



2. Типичное распределение ежесуточных приземных наблюдений, которые проводятся в метеорологических обсерваториях (нанесены красным цветом) и на судах (голубым).



3. Пример карты векторов ветра, полученных по движению облачности с использованием изображений, переданных с геостационарных спутников (голубой — Метеосат (Европа), красный — ГОЕС (США), розовый — ИНСАТ (Индия) и зеленый — Химавари (Япония)).

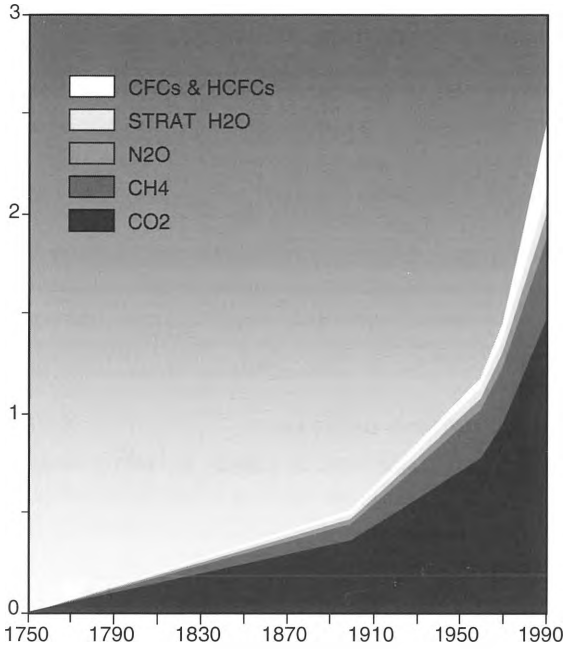


Рисунок 6 — Рост концентраций парниковых газов с 1750 по 1990 гг. (МГЭИК, 1990 г.)

Таблица 4—**Центры ГСА ВМО**

- **МИРОВЫЕ ЦЕНТРЫ ДАННЫХ**

Озон/УФ-В	Канада
Мутность	США
Химия осадков	США
Радиация	Россия
Парниковые газы	Япония
Аэрозоли (новые)	Италия (ЕЭК)

- **ЦЕНТРЫ КАЛИБРОВКИ**

CO_2	США
O_3 (Добсон)	США
O_3 (Брюер)	Канада
O_3 (Фильтры)	Россия

- **ЦЕНТРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА/НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ***

(*) Система деятельности, включающая проведение взаимосравнений приборов и подготовку специалистов, создана для того, чтобы брать образцы и выпускать химические анализы известного качества и объема.

Европа/Африка	Германия
Америки	
Азия	

различных широтах приведены на рисунке 7. Стратосферный озон поглощает ультрафиолетовое излучение, снижая его опасность для живых организмов на поверхности Земли. Непосредственные измерения УФ-излучения, достигающего Земли, что является непростой задачей, проводятся в настоящее время на нескольких станциях. Эта информация будет иметь важное значение для оценки тенденций и пользы для окружающей среды всемирных усилий по борьбе с веществами, разрушающими озоновый слой, согласно Монреальскому протоколу (1987 г.) Венской конвенции о защите озонового слоя. Некоторые страны (например, Австралия и Канада) используют в настоящее время станции ГСНО$_3$ для предоставления ежедневных консультаций о степени опасности чрезмерной дозы ультрафиолетового излучения. Изменения вертикального распределения озона, свидетельствующие о его уменьшении в стратосфере и увеличении в тропосфере, могут также значительно усилить общий парниковый эффект.

Сеть мониторинга фонового загрязнения воздуха

Сеть мониторинга фонового загрязнения воздуха начала работу в 1960-х годах с измерений изменяющегося фонового химического состава атмосферы вблизи поверхности Земли, вдали от городов и отдельных мощных источников загрязнения. Эта сеть также отбирает пробы дождя и снега для определения их химического состава. Как часть ГСА она продолжает предоставлять жизненно важную информацию по следующим вопросам:

- глобальное увеличение содержания парниковых газов (двуокись углерода, метан, окислы азота, ХФУ, тропосферный озон);
- региональное распределение соединений серы и азота, приводящих к кислотным дождям, и другие изменения в химическом составе нижних слоев атмосферы;
- радиация, проходящая через атмосферу и аэрозоли в атмосфере, выбрасываемые промышленными предприятиями и вулканами, для оказания помощи в определении их влияния в сдерживании глобального потепления.

На нескольких станциях определяются также токсические металлы (ртуть, свинец и пр.) и токсические органические соединения (пестициды, гербициды). Дополнительные данные о загрязнении воздуха в городах и вблизи источников загрязнения координируются по линии Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и ЮНЕП.

РАМКА 2

ПРИМЕРЫ ВОПРОСОВ О КАЧЕСТВЕ ВОЗДУХА

Какова кислотность дождей?
Что такое "нормальный" озоновый слой и насколько он истощился?
Как быстро нарастают концентрации парниковых газов?

Ответы на эти вопросы можно получить только при проведении систематических измерений химического состава воздуха и осадков.

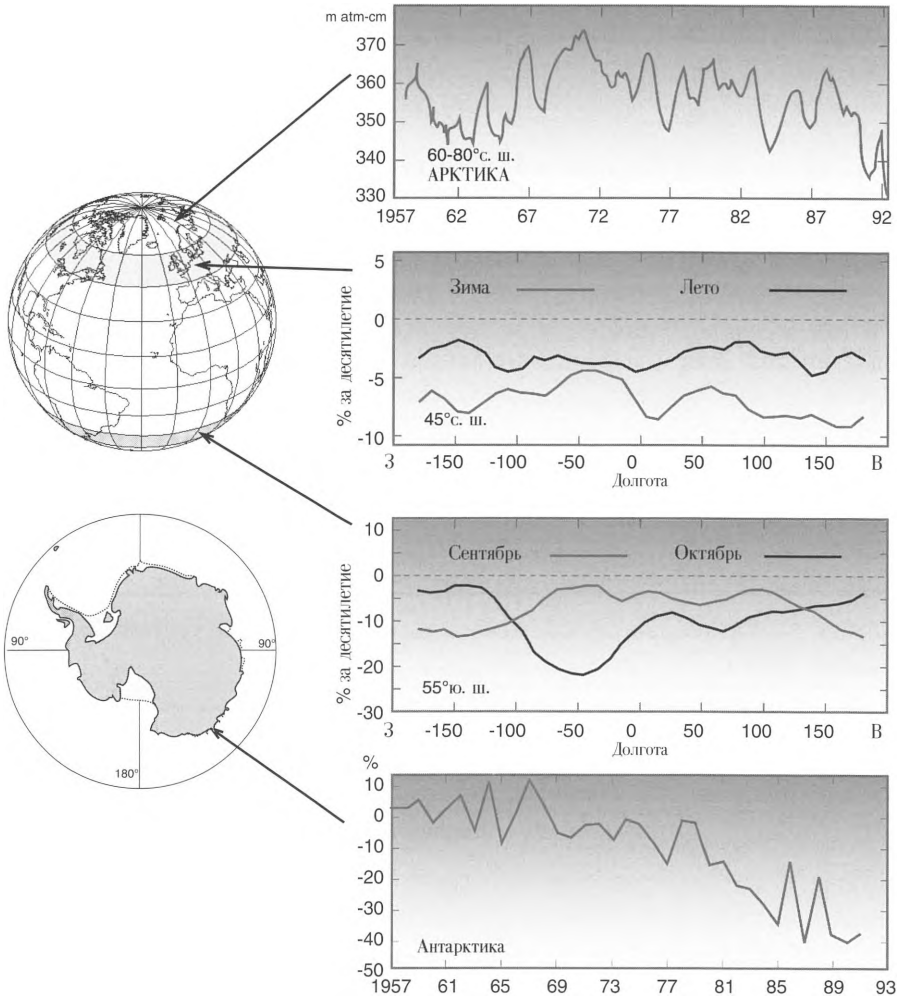


Рисунок 7 — Снижение содержания озона в атмосфере на различных широтах.

В настоящее время действуют около 350 станций ГСА в 70 странах, из которых около 40% отбирают пробы осадков. Некоторые станции – обсерватории глобального или регионального значения – проводят полную программу отбора проб и химических анализов. Большинство же станций проводит ограниченное количество анализов, в зависимости от проблем качества воздуха и возможностей страны.

Региональное размещение станций показано в таблице 5. Вызывает озабоченность относительно небольшое количество станций в Регионе III (Южная Америка) и Регионе I (Африка), при определении глобального распределения химических загрязняющих веществ в атмосфере.

Дальнейшие усилия сосредоточены на заполнении пробелов в глобальной сети, особенно в тропических странах, и на совершенствовании контроля качества всех данных ГСА.

3. Климат и глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК)

Всемирная климатическая программа (ВКП)

Система, формирующая мировой климат, сложна и многообразна (рисунок 8). Она включает не только атмосферу, но и океаны, криосферу (покрытые льдом районы), сушу, пресные воды и растительный покров, а также энергию солнца, которая приводит в движение всю эту систему. Для того, чтобы представить себе эту климатическую систему и как она функционирует, необходимо понимать взаимодействия между этими компонентами системы, а также циркуляцию воды (гидрологический цикл) и химических веществ (биогеохимический цикл) между компонентами и внутри них.

Таблица 5— **Глобальная служба атмосферы (ГСА) ВМО по состоянию на 31 декабря 1992 г.**

Регион	Количество участвующих стран с активными станциями	Количество активных станций
РА I (Африка)	15	22
РА II (Азия)	9	76
РА III (Южная Америка)	6	7
РА IV (Северная и Центральная Америка)	6	79
РА V (юго-западная часть Тихого океана)	8	38
РА VI (Европа)	30	127
АНТАРКТИКА	6	9
ВСЕГО	70	349

Поэтому не удивительно, что планирование и осуществление Всемирной климатической программы требует международного сотрудничества между странами по линии межправительственных и неправительственных органов и тесного сотрудничества между самими этими органами. Действительно, в настоящее время во Всемирной климатической программе участвуют семь международных организаций,

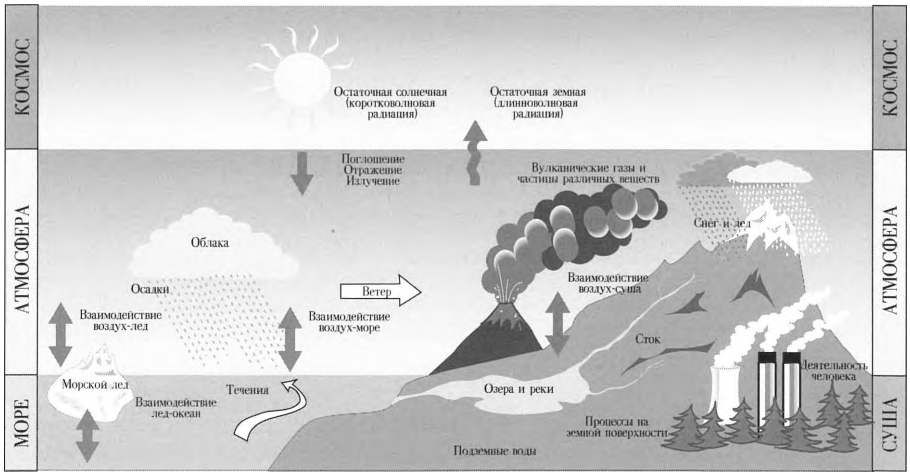


Рисунок 8 — Глобальная климатическая система

и ее спонсоры на совещании в апреле 1993 г. призвали проложить новый курс для ВКП в свете решений, принятых Конференцией ООН по окружающей среде и развитию (КООНОСР) в Рио-де-Жанейро в июне 1992 г. Четыре основных направления ВКП, согласованные в апреле 1993 г. на межправительственном совещании, показаны в рамке 3. Необходимо подчеркнуть, что ВКП занимается изменениями климата, вызванными как деятельностью человека, так и природными причинами, а также природной климатической изменчивостью и ее воздействием на экономическую и социальную деятельность.

Мировое сообщество по линии Организации Объединенных Наций и ее агентств предприняло первоначальные важные шаги, обращенные к проблеме изменения климата и направленные на замедление быстрого увеличения концентраций парниковых газов в атмосфере. ВМО и ЮНЕП учредили в 1988 г. Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК), поставив перед ней задачу собрать и оценить всю имеющуюся информацию и результаты научных исследований об изменении климата, обусловленном деятельностью человека, его потенциальных последствиях для национальной, региональной и международной экономики и разработать варианты реагирования, открытые для правительств. Первый доклад с оценками МГЭИК, который составили эксперты из более 100 стран, был выпущен в 1990 г. и был рассмотрен и принят в качестве наилучшего имеющегося консенсуса по данной теме на Второй всемирной климатической конференции (ВВКК), состоявшейся в Женеве в ноябре того же года. ВВКК призвала провести переговоры о Рамочной конвенции об изменении климата (РКИК). Эти переговоры были своевременно проведены и завершились подписанием РКИК на КООНОСР в июне 1992 г. 154 странами. Эта Конвенция в настоящее время находится в процессе официальной ратификации и призывает:

а) развитые государства стабилизировать к 2000 г. выбросы парниковых газов на уровнях 1990 г.;

РАМКА 3

Четыре основных направления будущей деятельности после КООНОСР

ВСЕМИРНАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА

(Выдержка из "Программы действий по климату". Межправительственное совещание по ВКП, Женева, апрель 1993 г.)

1. Климатическое обслуживание для целей устойчивого развития — улучшенные основные данные и их применение.

2. Новые рубежи в науке о климате и его прогнозировании — сокращение неопределенностей в отношении глобального потепления; сезонные прогнозы.

3. Специальные наблюдения за климатической системой — планирование и осуществление ГСНК (Глобальная система наблюдений за климатом).

4. Исследования оценок влияния климата и стратегий реагирования в целях повышения степени защищенности.

b) добиться стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы "опасного антропогенного воздействия на климатическую систему";

c) после достаточного количества официальных правительственных ратификаций (вероятно, в 1994 г.) провести обзор уровней обязательств по контролю выбросов и их достаточности.

МГЭИК проводит вторую крупную оценку для представления на рассмотрение в 1995 г. К этому времени анализы будут включать экономические затраты, связанные с сокращением выбросов парниковых газов, и отсутствием таких действий, т.е. если глобальное потепление будет происходить бесконтрольно.

Информация, на базе которой МГЭИК проводит свои оценки и от которой должно зависеть управление РКИК, является производной наблюдений за климатической системой и деятельностью человека, влияющей на эту систему. Преимущественная часть данных наблюдений и научных исследований, способствующих пониманию изменения климата, является результатом усилий стран, работающих в рамках Всемирной климатической программы. Взаимосвязь между национальной деятельностью, ВКП, МГЭИК, Рамочной конвенцией и другими международными мерами иллюстрируется на рисунке 9.

Наблюдения за климатической системой — атмосфера

Фундаментальную роль в наблюдениях за климатической системой играют Всемирная служба погоды и Глобальная служба атмосферы, описанные в предыдущих разделах. Расширяя физические наблюдения в рамках ВСП, многие страны эксплуатируют сети климатологических наблюдений. Они состоят из станций, на которых наблюдатели

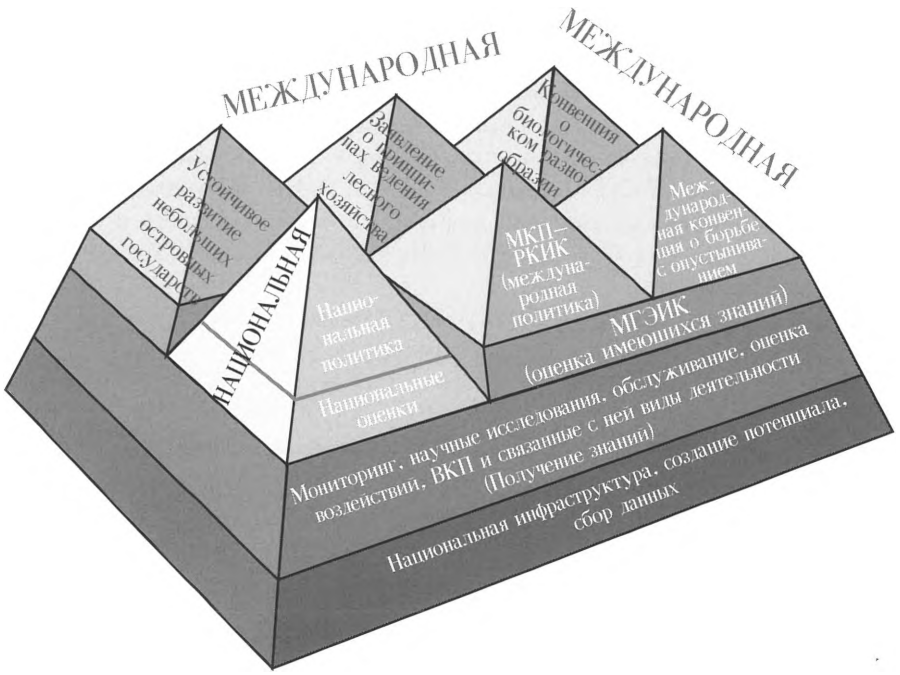


Рисунок 9 — Взаимосвязь между различными видами деятельности, связанной с климатом, можно представить в виде пирамидальной структуры.

фиксируют ежесуточную максимальную и минимальную температуры, осадки, а на некоторых станциях — другие параметры, такие, как ветер, продолжительность солнечного сияния, солнечная и суммарная радиация, температура почвы, испарение с бассейнов и интенсивность дождя. Эти станции обычно передают данные в национальный центр данных один раз в месяц. Такие станции часто работают на плотинах и водохозяйственных комплексах, или на сельскохозяйственных или лесных экспериментальных участках. Согласно оценкам, по всему миру существует около 140 000 станций, оборудованных, по крайней мере, осадкомерами, и на которых проводятся измерения максимальной и минимальной температуры и осадков.

Наиболее примечательным аспектом является то, что на многих станциях наблюдения проводят добровольцы. В некоторых странах наблюдателям с частичной занятостью на ключевых станциях наблюдений выплачивается небольшая компенсация.

Эти станции, ВСП, ГСА и национальные климатические и гидрологические сети являются основной системой для наблюдения физических и химических характеристик атмосферы и их колебаний, которые в долгосрочном плане определяют климат.

Наблюдения за океанами, льдом и сушей

Океаны играют ключевую роль в поведении климата в долгосрочном плане — десятилетия или столетия, а также в краткосрочной изменчивости климата — от

месяцев до лет. Измерения в океане и понимание его поведения играют критическую роль для надежного предсказания климата будущего. Наблюдение температуры, солености и течений мирового океана является дорогостоящим делом. Наблюдение в фиксированных точках требует крупных буйковых систем. Океанографическими исследовательскими судами должны быть прочные суда, пригодные для плавания в океане, с большим экипажем и группой ученых на борту. К счастью, в настоящее время для измерений взаимодействия атмосферы и океана все шире применяются дрейфующие буи, а все более ценную информацию об океанических параметрах предоставляют спутники.

Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) ЮНЕСКО и ВМО скоординировали общие заботы океанографов и метеорологов, развернув Объединенную глобальную систему океанических служб (ОГСОС) в ответ на резолюцию ООН 1966 г. о ресурсах моря. ОГСОС вносит важный вклад во Всемирную службу погоды, а также оказывает помощь в решении проблем океана. Данные ОГСОС об условиях ниже поверхности океана (температура, соленость, течения) представляют особую важность для понимания глобального климата и его изменчивости. Биологическая продуктивность поверхностных слоев также имеет важное значение для определения обменов парниковыми газами между океаном и атмосферой.

Инфракрасные датчики, установленные на метеорологических спутниках, дают обширную информацию о температурах поверхности моря, при этом дрейфующие буи и суда обеспечивают "приземные" или скорее "приморские" данные для калибровки и привязки данных. Спутники, позволяющие оценивать топографию океана, течения и другие динамические характеристики и биологическую продуктивность, используются, главным образом, для научных целей. МОК при сотрудничестве с другими агентствами перешла недавно к осуществлению программы Глобальной системы наблюдений за океаном (ГСНО). Эта программа предназначена для предоставления данных, необходимых для обнаружения и прогнозирования различных аспектов изменений в океанической среде, а также для обеспечения океанографического компонента Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК).

Протяженность ледового покрова — криосферы — над поверхностью суши и моря также имеет критическое значение для моделирования климатической системы и, к счастью, поддается измерениям с помощью дистанционного зондирования. Некоторые из них производятся с самолетов, с применением установленных на борту радиометров по измерению толщины, используя в качестве привязки наземные или морские измерения. Метеорологические спутники также дают большой объем информации о снежном и ледовом покрове, но только тогда, когда поверхность земли не закрыта облаками. К счастью, ледовые поля, ледники и толща снежного покрова перемещаются достаточно медленно, и проводимые время от времени съемки в разрывах облаков обычно достаточны для определения перемещения и изменений размеров.

Обмены энергией, водяным паром и газами между поверхностью суши и атмосферой являются ключевыми аспектами в исследованиях климата. Изображения,

полученные с полярно-орбитальных спутников НУОА, дают глобальную картину суши и растительности с разрешением по четырехкилометровой сетке. Представляется возможным улучшить это разрешение до 1 км. Спутники ЛАНДСАТ (США) и СПОТ (Европа) могут обеспечить более высокое разрешение для специальных исследований. Температуру почвы и содержание влаги можно оценить на основе спутниковых данных НУОА, но для получения достаточной точности и надежности требуются более совершенные методы зондирования и новые спутники. Спутники НУОА также обеспечивают измерения приходящей солнечной радиации в верхних слоях атмосферы и ее небольших флуктуаций.

Циклы: геохимический и гидрологический

Определение цикличности обращения парниковых газов между атмоферой и подстилающим океаном или земной поверхностью имеет особую важность для измерения факторов, влияющих на климат. Известно, что газом, имеющим самый сильный парниковый эффект, является водяной пар, но его концентрация определяется внутри самой климатической системы, а в глобальном масштабе не подвергается влиянию антропогенных источников и стоков. Концентрация водяного пара будет повышаться в ответ на глобальное потепление (первоначально обусловленное двуокисью углерода, метаном и другими парниковыми газами) и будет еще больше усиливать его. Углеродный цикл вызывает главную озабоченность, поскольку двуокись углерода (CO_2) и метан (CH_4) являются двумя наиболее важными парниковыми газами, которые в большой степени зависят от деятельности человека. Природные циклы углерода велики, по сравнению с изменениями в этих циклах, внесенными человеком (см. Публикацию ВМО N° 738, 1991 г.). Однако быстрый рост выбросов этих газов в результате сжигания ископаемого топлива, обезлесивания и практики землепользования, а также сельскохозяйственной деятельности, был достаточным, как мы могли видеть, чтобы вызвать крупные изменения в атмосферных концентрациях. Изменения природных потоков могут также серьезно изменить атмосферные концентрации и парниковый эффект. Измерения этих природных потоков проводить весьма трудно и им самим посвящены научные проекты. Выбросы в результате деятельности человека можно оценить на основании объемов потребляемого топлива, количества голов скота и т.д. В настоящее время всеми странами — сторонами Рамочной конвенции об изменении климата составляются более подробные кадастры выбросов, с тем чтобы создать базу для принятия надежных решений национальными правительствами.

Гидрологический цикл является ключевым компонентом климатической системы, и измерение компонентов этого цикла описано в главе 4, а также в нижеследующем разделе, посвященном Глобальному эксперименту по изучению кругооборота энергии и воды.

Наблюдения для исследований климата

В общих рамках Всемирной программы исследований климата (ВМО/МСНС/МОК) имеется несколько проектов, посвященных крупным глобальным и региональным потребностям в наблюдениях.

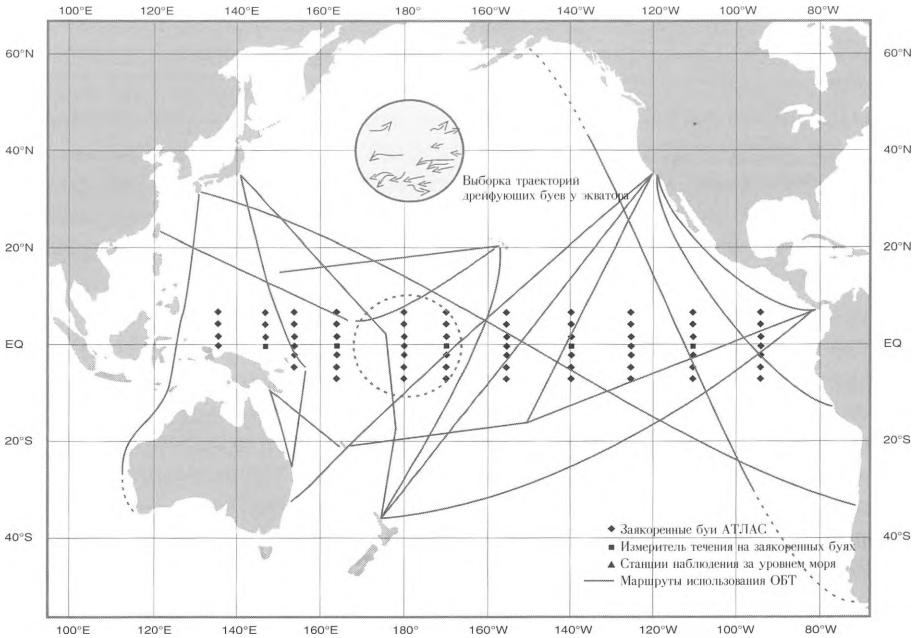


Рисунок 10 —Явление Эль-Ниньо/Южное колебание изучается с помощью системы наблюдений в Тихом океане, организованной в рамках исследования глобальной атмосферы и тропической зоны океана.

Одним из проектов, получившим наибольшее развитие, является Проект по исследованию глобальной атмосферы и тропической зоны океана (ТОГА). Он позволил расширить понимание и обеспечил возможность прогнозирования явления Эль-Ниньо/южное колебание (ЭНСО), сосредоточенного в тропической части Тихого океана. В качестве части этого проекта (рисунок 10) страны-участницы определили крупный полигон для проведения специальных океанографических и атмосферных измерений. Сейчас, когда этот проект продемонстрировал возможность прогнозирования явления ЭНСО и связанных с ним климатических аномалий (засуха, наводнения) в тропических зонах по всему миру, важно сохранить существенную часть этой наблюдательной системы после того, как в 1995 г. закончится исследовательская фаза. Это позволит использовать накопленные знания для оперативных сезонных прогнозов и лучше бороться с засухой и наводнениями.

Глобальный эксперимент по изучению кругооборота энергии и воды (ГЭКЭВ) посвящен проблеме взаимосвязи глобальных потоков тепла и радиации с циркуляцией атмосферы и глобальным гидрологическим циклом. Эксперимент требует ряда специальных систем измерений. Некоторые из них должны действовать в масштабах водосбора для измерения потоков энергии и воды в крупных внутриматериковых речных бассейнах. Интенсивному исследованию при хорошем оснащении приборами в рамках ГЭКЭВ подвергаются два речных бассейна: бассейн Маккензи (северо-западная часть

Канады) и бассейн Миссисипи (США-Канада). Помимо этого, предпринимаются специальные усилия для проведения измерений глобальной облачной системы и ее изменений, поскольку поведение этой системы является критическим источником неопределенности в прогнозах глобального потепления. Подпроект по глобальным осадкам имеет также огромное значение, поскольку общий поток осадков, выпадающих на землю, изучен далеко не достаточно, особенно над океанами.

Эксперимент по циркуляции мирового океана (ВОСЕ): хотя масштаб реакции климата на внешние возмущения (например, увеличение концентрации парниковых газов), в основном определяют атмосферные процессы, крупные региональные различия в этой реакции находятся под воздействием океанической циркуляции. Выявление региональных особенностей, которые можно надежно связать с всеобщим глобальным потеплением, а также других особенностей, которые могут вызываться естественной изменчивостью, является центральной научной задачей текущих исследований климата. Очевидно, что требуются гораздо более точные знания циркуляции мирового океана, динамики и переноса тепла и соли, с тем чтобы эффективно двигаться в направлении региональных прогнозов климата. Основной научной инициативой, направленной на достижение этой задачи, является ВОСЕ/ВПИК.

ВОСЕ является крупнейшей из когда-либо предпринимавшихся программ физической океанографии. К 1997 г. Программа более чем утроит общее количество точных гидрографических измерений от поверхности до дна, когда-либо проводившихся за все время существования океанографической науки. Она также будет первой глобальной океанографической программой, систематически использующей наблюдения из космоса. В поддержку ВОСЕ разработаны или разрабатываются четыре крупных спутника: европейские ЕРС-1 и ЕРС-2, американо-французский спутник ТОПЕКС-ПОСЕЙДОН и японский спутник АДЕОС. Научная программа ВОСЕ целиком основана на исследовательских наблюдательных проектах, объединяющих ресурсы океанографических научных институтов и поддержку со стороны агентств космических исследований и научных фондов.

ВОСЕ дополняется совместным изучением потоков мирового океана в рамках МПГБ, имеющим целью определить обмены парниковыми газами и другими химическими веществами между океаном и атмосферой через биологические и физические процессы в океанах. При том, что в этом исследовании могут использоваться многие из наблюдательных платформ ВОСЕ, требуется также проведение химических и биологических измерений океана. Например, в первую очередь требуется определение со спутников окраски океана и, таким образом, первичной биологической продуктивности.

Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК)

Из предыдущих разделов этой главы можно видеть, что для измерения, понимания и предсказания поведения глобальной климатической системы требуется осуществить широкий круг программ наблюдений. Климатическая наука и оперативное использование информации о климате в прошлом сдерживались ввиду "разрозненного" или секторного подхода к этим наблюдательным требованиям. Признавая это, Вторая всемирная климатическая конференция и впоследствии КООНОСР в своей Повестке дня

на XXI век призвали принять меры по разработке полностью скоординированной Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК). В ответ на это требование ВМО при сотрудничестве со своими партнерами — ЮНЕСКО (и ее МОК), МСНС и ЮНЕП дали в 1992 г. ход ГСНК, разместив совместное бюро планирования в штаб-квартире ВМО в Женеве. Был сформирован объединенный научно-технический комитет в составе выдающихся ученых с целью формулирования общей концепции, масштабов и приоритетов. ГСНК предназначена для удовлетворения потребностей в данных:

- для мониторинга климатической системы, обнаружения изменения климата, мониторинга реакции окружающей среды на изменчивость и изменение климата, особенно в наземных экосистемах;
- для применения климатической информации в интересах национального экономического развития;
- для научных исследований, направленных на совершенствование понимания, моделирования и предсказания климатической системы.

Для достижения этих целей ГСНК будет применять комплексный подход к единой климатической системе, включающей атмосферу, океан, поверхность суши (включая пресные воды), криосферу и биосферу. Стратегия развития ГСНК состоит в следующем:

- в свете текущего научного опыта и знаний о климате оценить современные системы наблюдений и определить оперативную систему наблюдения, которая должна быть создана в самом начале будущего столетия;
- определить и уточнить те ключевые наблюдения, которые срочно необходимы и которые должны быть добавлены к этой оперативной системе в возможно короткие сроки;
- определить будущие направления научных исследований и разработок, которые по всей вероятности, приведут к возникновению дополнительных оперативных потребностей и дополнений к оперативной программе.

Первоначальная оперативная система будет состоять из существующих оперативных компонентов, описанных в предыдущих разделах, с их расширением, по мере необходимости, а также будет включать всестороннюю глобальную систему управления данными. ГСНК будет разрабатываться при тесной координации с различными описанными выше компонентами Всемирной климатической программы. В частности, ГСНК будет строиться на системах, перечисленных в рамке 4.

Необходимо будет изучить эти программы, определить пробелы, недостатки в требующемся охвате и обеспечить координацию получаемых данных. Это будет весьма крупным мероприятием как с интеллектуальной, так и практической точек зрения.

Первоочередные задачи ГСНК состоят в том, чтобы координировать сбор данных наблюдений, критически необходимых для:

- прогнозирования сезонной и межгодовой изменчивости климата;
- обнаружения изменения климата;
- сокращения неопределенностей в долгосрочных прогнозах климата.

Без улучшенного и скоординированного комплекта данных измерений глобальной климатической системы невозможно будет добиться устойчивого прогресса национальных и международных инициатив с целью адаптацию к изменчивости и изменениям климата и стратегий, имеющих целью ограничение изменения климата.

РАМКА 4

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, ВХОДЯЩИЕ В ГЛОБАЛЬНУЮ СИСТЕМУ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА КЛИМАТОМ

- Всемирная служба погоды
- Глобальная служба атмосферы
- Национальные программы климатологических наблюдений
- Глобальная система наблюдений за океаном (ГСНО)
- Объединенная глобальная система океанических служб (ОГСОС)
- Глобальная система наблюдений за уровнем моря (ГЛОСС) МОК
- Глобальная система наблюдений за поверхностью суши (ГТОС) – (разрабатывается ЮНЕП и МПГБ-МСНС)
- Всемирная система наблюдений за гидрологическим циклом (ВСНГЦ) (разрабатывается ВМО/Мировым банком (МБРР) и ЮНЕСКО)
- Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГСМОС) ("обзорная" система ЮНЕП)

ГЛАВА 4

Гидрологический цикл — мировые водные ресурсы

Вода — основной ресурс

РАМКА 5

"Пресная вода является небезграничным и уязвимым ресурсом, чрезвычайно важным для поддержания жизни, развития и окружающей среды".
Принцип № 1, Дублинская конференция по водным ресурсам и окружающей среде, 1992 г.

Именно благодаря воде, планета Земля, которую называют «прекрасной голубой планетой», отличается от всех других тел в солнечной системе. Но большая часть воды на Земле – соленая, и только очень небольшая ее доля, около 2% или даже меньше – пресная. Сюда входят воды рек и озер и большая часть ледяных полей и ледников. Бо́льшая часть из этих двух процентов находится под поверхностью Земли в почве и водоносных слоях. Существует также водяной пар в атмосфере, образующий облака, из которых выпадает дождь.

Все водные ресурсы мира связаны между собой гидрологическим циклом – процессом, определяющим перемещение воды в виде газа, жидкости или твердого тела, переносящей с собой материю и энергию. Измерение перемещения и накопления мировых

ресурсов пресной воды является важной и весьма трудной задачей. Важной, поскольку вода жизненно необходима по существу для всех видов деятельности человека и занимает центральное место в процессах окружающей среды. Трудной, поскольку измерения количества воды и ее качества требуют сложных систем приборов, их установки и эксплуатации, а также анализа данных силами опытных ученых и инженеров.

Действия человека видоизменяют гидрологический цикл и могут серьезно загрязнить имеющиеся водные ресурсы. Вырубка деревьев и удаление растительного покрова, увеличение асфальтированных поверхностей, строительство плотин и каналов и многие другие виды деятельности изменяют гидрологический баланс. Оценка последствий таких изменений, а также использования водных ресурсов заводами,

Таблица 6 — **Гидрологическая информация, необходимая для проектов по водным ресурсам**

Водные проекты	Уровни воды			Речной сток			Наносы			Качество вод*		
	все значения	макс.	мин.	все значения	макс.	мин.	все значения	макс.	мин.	все значения	макс.	мин.
Перераспределение водных ресурсов (переброска стока, водозаборники, каналы)	М	М	М	Н	Н	Н	Н	М	М	Н	М	М
Перераспределение водных ресурсов во времени (водохранилища)	М	М	М	Н	Н	Н	Н	М	М	Н	М	М
Выработка энергии (гидроэлектроэнергия, сброс отработанного тепла)	Н	М	М	Н	М	Н	Н	М	М	М	М	М
Водозащитные сооружения (дамбы, паводковые защитные сооружения)	Н	Н	М	М	Н	М	М	М	М	М	М	М
Водосливные сооружения (водосбросы)	М	Н	М	Н	Н		М			М		
Улучшение качества (обработка промышленных и сточных вод)				Н	М	Н	М	М	М	Н	Н	Н
Районирование (поймы, извилистые реки)	Н	Н	М	М	Н	М	М					
Страхование (ущерб от паводков, ухудшение качества вод)		Н	Н			Н	Н			Н	Н	
Прогнозы стока и уровня (борьба с паводками, управление водохранилищами)	Н	Н	Н	Н	Н	Н						
Стандарты и законодательство (качество вод)	М	Н	Н	М	Н	Н				Н	Н	Н

Н = высокий уровень приоритета М = средний уровень приоритета * различные параметры качества вод в зависимости от проекта

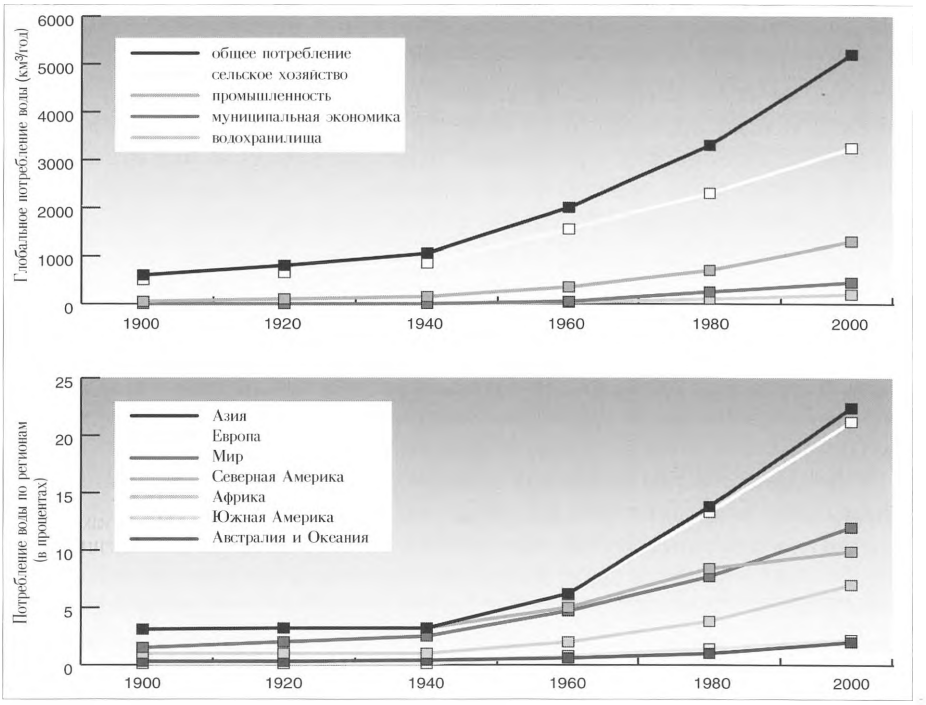


Рисунок 11 — Эволюция мирового потребления воды.

городами и фермами требует детальных данных о количестве и качестве воды в данном месте или регионе. Для удовлетворения потребностей в воде, которые, согласно прогнозам удвоятся к 2050 г., потребуются многие водохозяйственные проекты, причем все они должны разрабатываться на основе надежных измерений и анализов данных. Кроме того, достаточные и надежные гидрологические данные являются предпосылкой для понимания глобальной климатической системы.

Оценки водных ресурсов

Для обеспечения устойчивого водопользования, реализации политики и планов, правительства стран мира, агентства и компании должны инвестировать средства в проекты по измерению и оценкам водных ресурсов. Планирование и эксплуатация ирригационных систем, снабжение водой городов и заводов, выработка энергии, обеспечение сельского водоснабжения, борьба со стихийными бедствиями — паводками и засухами, поддержание достаточного качества воды для пользования человеком и сельским хозяйством, и, таким образом, сокращая опасность болезней, разносимых водой, распределение воды между пользователями, регионами и странами, проектирование безопасных и эффективных плотин, мостов и водоводных систем — вся эта деятельность должна базироваться на оценках количества и качества водных ресурсов. Они могут, в свою очередь, основываться лишь на программах систематических измерений (таблица 6).

Долгопериодные систематические измерения и организационные меры

В мировом масштабе потребности в воде с 1900 г. возросли в 9 раз (рисунок 11), что заставляет все более осторожно обращаться с имеющимися ресурсами. Определение тенденции наличия и качества воды в связи с вмешательством человека и тенденциями изменения климата требуют согласованных данных, получаемых на базе долгосрочных обязательств по проведению программ измерений. Эти долгосрочные программы систематических измерений обычно выполняются правительственными учреждениями в качестве части информационной структуры, необходимой для национального развития. Во многих странах существует одно гидрологическое или гидрометеорологическое агентство, ответственное за измерения водных ресурсов для всех целей. В других странах существуют несколько "целевых" агентств, занимающихся такими областями, как сельское хозяйство, гидроэлектроэнергия, навигация или паводки. Без хорошей координации они не могут предоставить широкого круга данных, необходимых для многоцелевого использования водных ресурсов на устойчивой основе.

Программа ВМО по гидрологии и водным ресурсам поддерживает деятельность национальных гидрологических и гидрометеорологических служб и обеспечивает возможности для сотрудничества этих агентств. Деятельность в рамках Программы включает оценки водных ресурсов, прогнозы речного стока и паводков и, во все большей степени, охрану водных ресурсов. Это в свою очередь требует, чтобы ВМО участвовала в работах по стандартизации приборов, методов наблюдений и терминологии, проектировании сетей приборов, мониторинге количества и качества вод, передаче технологии и наращивании внутренних возможностей стран. База данных ИНФОГИДРО в Секретариате обеспечивает информацию о гидрологических службах и сетях, которые ими эксплуатируются. Глобальный центр данных о стоке ВМО, находящийся в Федеральном институте гидрологии в городе Кобленце, содержит ряды наблюдений за речным стоком, полученные из большого количества стран мира.

Система передачи технологии — ГОМС — работает с 1981г. и за этот период обеспечила передачу около 3 000 компонентов (компьютерные программы, наставления или приборы). За последние 25 лет ВМО также отвечала за большое количество проектов технической помощи в области гидрологии и водных ресурсов, финансируемых, главным образом, ПРООН. Эти проекты направлены на оказание помощи гидрологическим службам по линии предоставления оборудования, командирования экспертов и подготовки кадров различных типов.

Работу с национальными правительствами и агентствами по различным дополнительным направлениям и аспектам водных ресурсов ведут и другие организации системы ООН. Известно, что в Дублине, в январе 1992 г. проходила при спонсорстве ВМО и 22 других специализированных агентств и организаций системы ООН Конференция ООН по водным ресурсам и окружающей среде — "Проблемы развития в XXI веке".

Состояние дел в области оценок водных ресурсов

Два из этих агентств, ВМО и ЮНЕСКО, уже имели поручение от Конференции ООН по водным ресурсам, Мар-дель-Плата, Аргентина, 1977 г., об укреплении международного сотрудничества по вопросам оценки водных ресурсов. В 1991 г. они

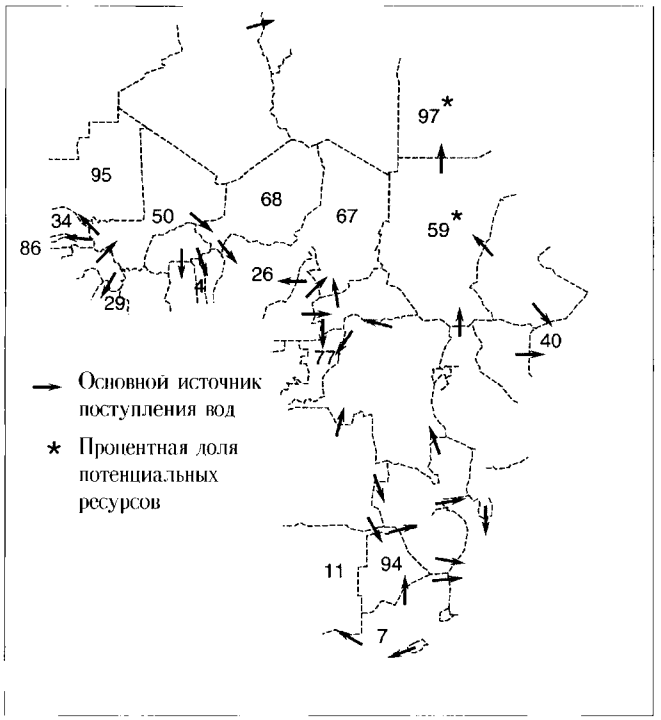


Рисунок 12 — Процентная доля ресурсов поверхностных вод африканских стран, обеспечиваемая стоком рек, который формируется вне территории этих стран.

опубликовали глобальный доклад о проделанной работе и стратегии на 1990-е годы, озаглавленный "*Оценка мировых водных ресурсов*". В этом докладе кратко сообщается о ряде стран и агентств в этих странах, занимающихся сбором данных для оценок водных ресурсов. О многочисленности агентств, участвующих в этой работе, свидетельствует тот факт, что в 139 странах, которые сообщили о своих работах по сбору данных, имеется 330 агентств, измеряющих количество поверхностных вод (речной сток и уровни рек и озер). Очевидно, что координация между такими агентствами внутри страны имеет первоочередную важность, как и координация между национальными правительствами соседних стран, находящихся на трансграничных водосборах. Около половины всей поверхности суши находится в речных и озерных бассейнах, по которым граничат две страны или более. Например, большая часть ресурсов поверхностных вод многих стран Африки формируется на территории других стран (рисунок 12). Координация программ измерений имеет важное значение для достижения кооперативного развития и урегулирования споров о совместно используемых водных ресурсах.

Существуют, однако, большие различия в деятельности по измерениям в различных регионах. Например, в 1989 г. в Африке (второй по величине континент) имелось 1695 станций измерения расхода на реках, а в регионе ЕЭК (Европа и Северная Америка) — 23 946 таких станций. Цифры по станциям измерения качества вод составляли, соответственно, 361 и 42 327. На рисунке 13 дается информация о плотности сетей по измерению осадков и речного расхода для отдельных стран в каждом регионе и

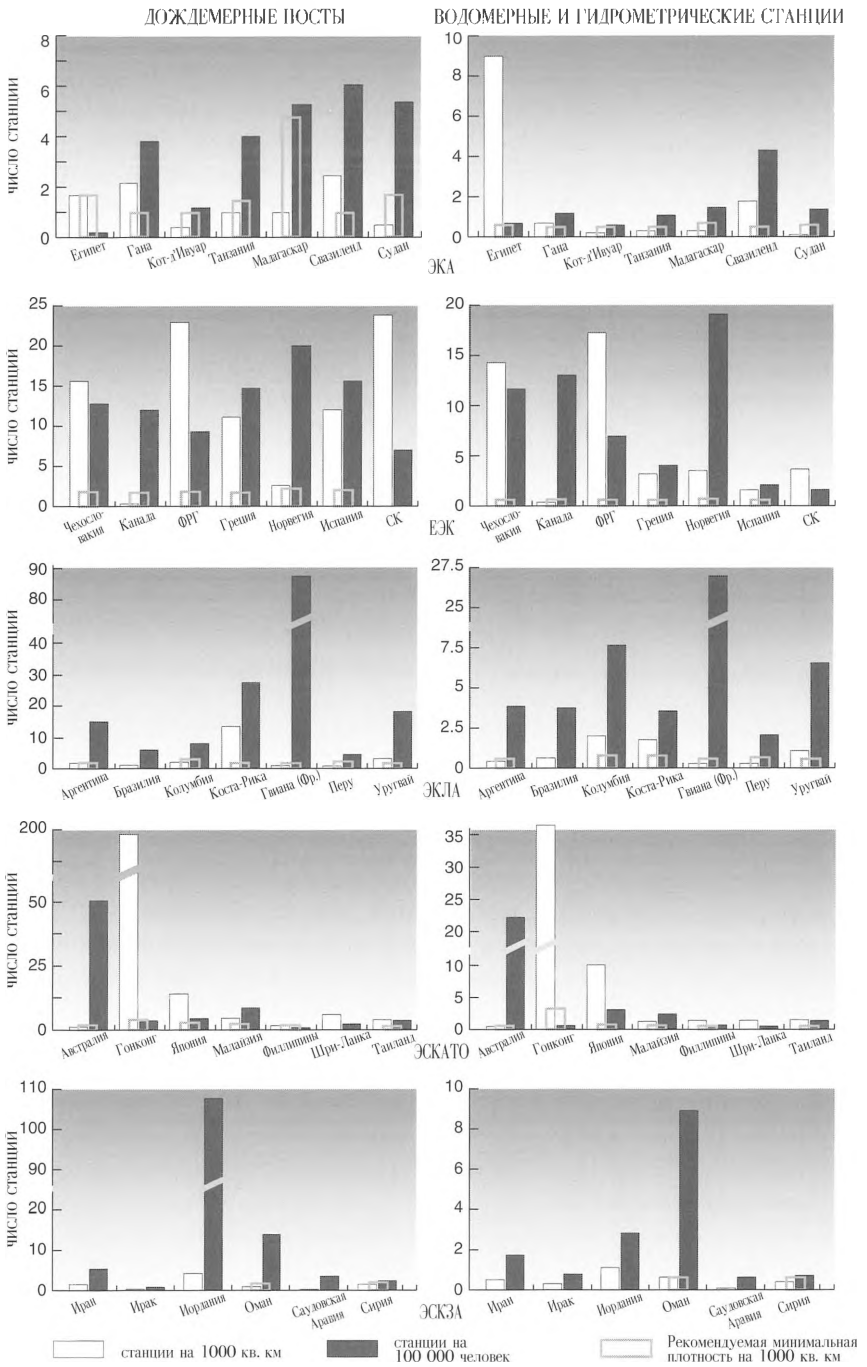


Рисунок 13 — Плотность сетей: осадки и расход по регионам.

проводится сравнение фактической сети с рекомендованной ВМО минимальной плотностью на 1 000 км^2. Можно видеть, что для некоторых стран, где устойчивое использование водных ресурсов является наиболее важным, рекомендованная плотность далека от достигнутой.

Как и в любой другой программе систематического мониторинга, недостаточно лишь вести наблюдения. Данные должны проходить контроль качества, храниться и анализироваться, а также предоставляться для использования многим различным клиентам. Хранение, поиск и анализ ведутся по линии создания компьютеризованных банков данных и предоставления соответствующих резюме и анализов. Со времени проведения конференции в Мар-дель-Плата (1977 г.) и до 1989 г. количество национальных банков данных существенно возросло. Тем не менее доклад об оценке мировых водных ресурсов отмечает, что в конце 1980-х гг., и в начале 1990-х гг. некоторые позиции, завоеванные в начале 1980-х гг., были утеряны как в области сбора данных о водных ресурсах, так и управления ими. В рекомендациях доклада выделяются некоторые более серьезные проблемы, которые предлагается включить в планы на 1990-е гг.

Потребности 1990-х годов

Четыре потребности, для которых предлагаются стратегии принятия действий, состоят в следующем:

1) выделение бóльших финансовых средств на оценки водных ресурсов — через посредство национальных правительств и доноров;
2) совершенствование организационной структуры — в частности, меры по координации или слиянию агентств, занимающихся мониторингом водных ресурсов, и разработке четкой законодательной и регламентирующей основы для оценок водных ресурсов в каждой стране;
3) передача техники измерений и оценки водных ресурсов (по линии таких программ, как ГОМС) как между развивающимися странами, так и от индустриально развитых к менее развитым странам;
4) освоение людских ресурсов — по линии образования и подготовки кадров, практических семинаров и предоставления привлекательных условий найма подготовленного персонала.

Международные потребности — ВСНГЦ

Совершенствование измерений и оценок водных ресурсов необходимо не только для национальных целей и управления, но также для понимания глобальных и крупномасштабных региональных процессов. Например, водный баланс океана, питающийся речными стоками и осадками, имеет критически важное значение для оценки причин наблюдаемого за последнее столетие подъема среднего уровня моря и вероятной скорости подъема при будущем предполагаемом потеплении климата. Определение источников загрязнения глобальных морей требует информации о качестве речного стока в океаны. Однако многие из 60 крупнейших рек, которые переносят более половины континентальных вод и наносов в океаны, измеряются недостаточно. Процессы испарения и осадков передают воду и энергию через компоненты глобальной

климатической системы, и поэтому должны быть более глубоко изучены в широком масштабе, с тем чтобы построить математическую модель климатической системы. Проект ГЭКЭВ в рамках ВПИК (см. главу 3) разработан для рассмотрения этих вопросов. Кроме того, на глобальной основе два центра данных пытаются воссоздать более всестороннюю картину мировых ресурсов пресной воды: по стоку — Глобальный центр данных о стоке ВМО (Кобленц, Германия), а по качеству вод и переносу химических веществ в океаны — Центр качества вод ЮНЕП—ГСМОС/ВОЗ в Центре внутриматериковых вод Канады, Берлингтон, Онтарио.

Усиленная глобальная программа оценок водных ресурсов получила сокращение ВСНГЦ (Всемирная система наблюдения гидрологического цикла). Концепция ВСНГЦ предусматривает создание всемирной сети, состоящей из около 1000 ключевых станций для обеспечения базы данных, прошедших контроль качества. Существующие станции измерений будут включены в эту сеть, если они будут удовлетворять спецификациям и требованиям размещения. Станции сети ВСНГЦ будут измерять и передавать через системы платформ сбора данных, использующих спутниковую связь, не только данные об уровне воды, речном стоке и качестве вод, но также и соответствующие метеорологические данные. В связи с тем, что в Африке имеются наибольшие потребности в этой работе, а существующая в ней сеть является самой слабой, план должен сосредоточить первоначальные усилия на этом континенте. В дополнение к расширению сетей это потребует укрепления и развития национальных гидрологических или гидрометеорологических служб в этом регионе. ВСНГЦ, помимо предоставления важных данных для устойчивого использования водных ресурсов, будет являться ключевым компонентом Глобальной системы наблюдений за климатом.

Очевидно, что чем большей будет поддержка деятельности по оценкам водных ресурсов и концепции ВСНГЦ, тем большими будут перспективы огромной потенциальной выгоды на национальном уровне в помощь наиболее эффективному управлению водными ресурсами и борьбе со стихийными бедствиями, связанными с водой. В то же время такая поддержка будет также содействовать гораздо лучшему пониманию глобальных процессов в климатической, гидрологической и океанической системах и лучшему сотрудничеству в международных речных бассейнах.

ГЛАВА 5

Ответные меры по рекомендациям КООНОСР-92

В Рио-де-Жанейро в июне 1992 г. состоялось историческое совещание мировых лидеров с участием самого большого в истории количества глав государств или правительств. Они собрались для рассмотрения вопросов окружающей среды и развития и как их соразмерить для достижения экологически устойчивого экономического развития. Лидеры имели перед собой предложения, которые до этого обсуждались национальными представителями в процессе долгих и трудных переговоров. На основе этих предварительных соглашений, о которых велись переговоры, лидеры одобрили и подписали ряд документов и конвенций, призвав каждую страну и каждую международную организацию принять их во внимание в своей будущей деятельности.

Имеется шесть основных соглашений, подписанных на КООНОСР, которые прямо или косвенно связаны с необходимостью проведения наблюдений и измерений наших основных ресурсов и главных элементов окружающей среды — воздуха и воды. Эти документы перечислены в рамке N° 6.

Помимо этого, лидеры в Рио договорились организовать переговоры о международной конвенции по опустыниванию и специальную конференцию об устойчивом развитии небольших островных государств (Барбадос, апрель 1994 г.). В настоящее время ведутся активные переговоры о конвенции по опустыниванию, и, очевидно, что ключом к проблеме опустынивания будет борьба с засухой посредством совершенствования наблюдений, прогнозов и планирования. Небольшие островные государства весьма обеспокоены изменением климата и подъемом уровня моря, влиянием тропических штормов и бедствиями, вызываемыми штормовыми нагонами воды, а также колебаниями климата и их воздействием на водные ресурсы, рыболовство, сельское хозяйство и туризм. Требуется разработать разумные стратегии адаптации на базе надежных наблюдений атмосферных, гидрологических и океанографических характеристик и явлений и их физических, биологических и социально-экономических воздействий.

Из документов КООНОСР самыми директивными и стимулирующими к проведению программ систематических измерений являются *Повестка дня на XXI век* и *Рамочная конвенция об изменении климата. Повестка дня на XXI век* в ее главах о защите атмосферы и сохранении качества ресурсов пресной воды и снабжении ею, применении комплексных подходов к освоению водных ресурсов, ведению водного хозяйства и водопользованию рассматривает все эти вопросы.

Говоря более конкретно, в главе "Защита атмосферы" содержится призыв к правительствам при сотрудничестве с органами ООН "обеспечить более сбалансированный географический охват Глобальной системы наблюдения за климатом и ее компонентов, в том числе Глобальной службы атмосферы, посредством, в частности, создания и обеспечения функционирования дополнительных станций систематических

наблюдении и содействия развитию, использованию и доступности этих баз данных". Далее в этой главе звучит призыв к разработке систем раннего обнаружения изменений в атмосфере, расширению Глобальной системы наблюдений за озоном (часть ГСА), содействию обмену данными и информацией и созданию и укреплению потенциала по прогнозированию атмосферных изменений и колебаний.

Крупная глава "Водные ресурсы" содержит раздел по оценке водных ресурсов, который отражает описанную выше точку зрения на проблемные области и действия по их разрешению. Среди согласованных потребностей указываются: создание и укрепление институциональных возможностей для обеспечения стран "адекватной оценкой их водных ресурсов и созданием служб прогнозирования наводнений и засухи"; пересмотр "существующих сетей сбора данных и оценка их адекватности, включая те сети, которые обеспечивают получение в оперативном режиме данных для прогнозирования наводнений и засухи"; "предоставление данных и информации о водных ресурсах в тех формах, которые требуются для планирования и социально-экономического развития стран и управления ими и для использования в стратегиях охраны окружающей среды, а также при разработке и выполнении конкретных проектов, связанных с эксплуатацией водных ресурсов, предоставление прогнозов о наводнениях и оповещение широкой общественности и сил гражданской обороны о наводнениях и засухах".

Всё это — поистине серьезные задачи для национальных и международных агентств, отвечающих за наблюдение за атмосферой, климатом и водными ресурсами, управление данными и их применение, но они становятся еще более острыми, благодаря Конвенции об изменении климата. Рамочная конвенция об изменении климата в своей статье 5 призывает стороны Конвенции "поддерживать международные и межправительственные усилия по укреплению систематических наблюдений . . . особенно в развивающихся странах и . . . в районах, находящихся за пределами действия национальной юрисдикции".

РАМКА 6.

ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КООНОСР–92

1. Декларация Рио: заявление о 27 важных принципах.
2. Повестка дня на XXI век: документ, в 40 главах которого на 700 страницах описываются проблемы окружающей среды и развития и необходимые меры.
3. Заявление о принципах защиты лесов.
4. Учреждение Комиссии по устойчивому развитию как органа ООН, контролирующего ход работ по Повестке дня на XXI век.
5. Конвенция о биоразнообразии, требующая от стран защитить их биологические ресурсы.
6. Рамочная конвенция об изменении климата: описана в главе 3.

Разработка Глобальной системы наблюдений за климатом и входящих в нее крупных систем (ВСП, ГСА, ГСНО, ГСЗН и ВСНГЦ), является четким ответом международных агентств на эти требования, выдвинутые КООНОСР.

Важно, чтобы *страны*, а также международные организации пересмотрели свои приоритеты в свете рекомендаций КООНОСР. Программы систематических измерений атмосферы, климата и водных ресурсов должны занять высокое место в списке их приоритетов для капиталовложений.

Часто говорят: "То, что не измеряется или не подвергается количественной оценке, не поддается пониманию". А без понимания невозможно ни предсказать, ни ограничить вмешательство человека в природные процессы. Для государств и учреждений всего мира становится жизненно важным укреплять сотрудничество, имеющее целью измерять и оценивать окружающую нас планетарную среду и ее изменения. Программы, описанные в настоящей брошюре, очерчивают рамки такого сотрудничества для лучшего понимания атмосферных, климатических и водных систем, от которых зависит наша жизнь.

Что еще можно прочитать по данной теме

Направления будущей деятельности: Ответные меры по рекомендациям КООНОСР: Межправительственное совещание по Всемирной климатической программе. — Документ № 4, апрель 1993 г.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата: *Первый доклад с оценками рабочих групп I, II и III, 1990 г., и дополнительный доклад 1992 г., ВМО, Женева.*

Международная конференция по водным ресурсам и окружающей среде: Вопросы развития на XXI век: *Заявление и доклад,* 26–31 января 1992 г., Дублин, Ирландия, ВМО, Женева, 1992 г.

ВМО, Всемирная служба погоды, шестнадцатый доклад о выполнении плана, ВМО, Публикация ВМО № 790, Женева, 1993 г.

Davies, Sir Arthur, Ed. *Forty years of progress and achievement—a historical review of WMO.* (Сорок лет прогресса и достижений — исторический очерк о ВМО). — Публикация ВМО № 721, Женева, 1990 г.

Elsberry, R.L., W.M. Frank, G.L. Holland, J.D. Jarrell, R.L. Southern, *A global view of tropical cyclones,* — based on WMO International Workshop on Tropical Cyclones, 25 Nov. — 5 Dec. 1985, Bangkok. *(Глобальный взгляд на тропические циклоны,* — по материалам Международного рабочего семинара ВМО по тропическим циклонам, 25 ноября — 5 декабря 1985 г., Бангкок), Publication U.S. Office of Naval Research.

The Global Climate Observing System (GCOS), — WMO, IOC, UNEP, ICSU. (Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК), — ВМО, МОК, ЮНЕП, МСНС), — Публикация ВМО № 777, апрель 1992 г.

Jain, R.C.A., Department of Agriculture, India, presentation to International Decade for Natural Disaster Reduction Scientific and Technical Committee, New Delhi, February 1993. (Представление научно-техническому комитету Международного десятилетия по уменьшению опасности стихийных бедствий, Нью-Дели, февраль 1993 г.)

Rodda, J.C., *Water, the Ultimate Dilemma for Environment and Development.* (Водные ресурсы — основная дилемма для окружающей среды и развития). Ecodecision, Montreal, N° 6, Sept. 1992, pp. 24—29.

Rodda, J.C. et al, *Towards a world hydrological cycle observing system.* (По пути к Всемирной системе наблюдений за гидрологическим циклом) – представлен на МАГН, Йокогама, ВМО, Женева, июль 1993 г.

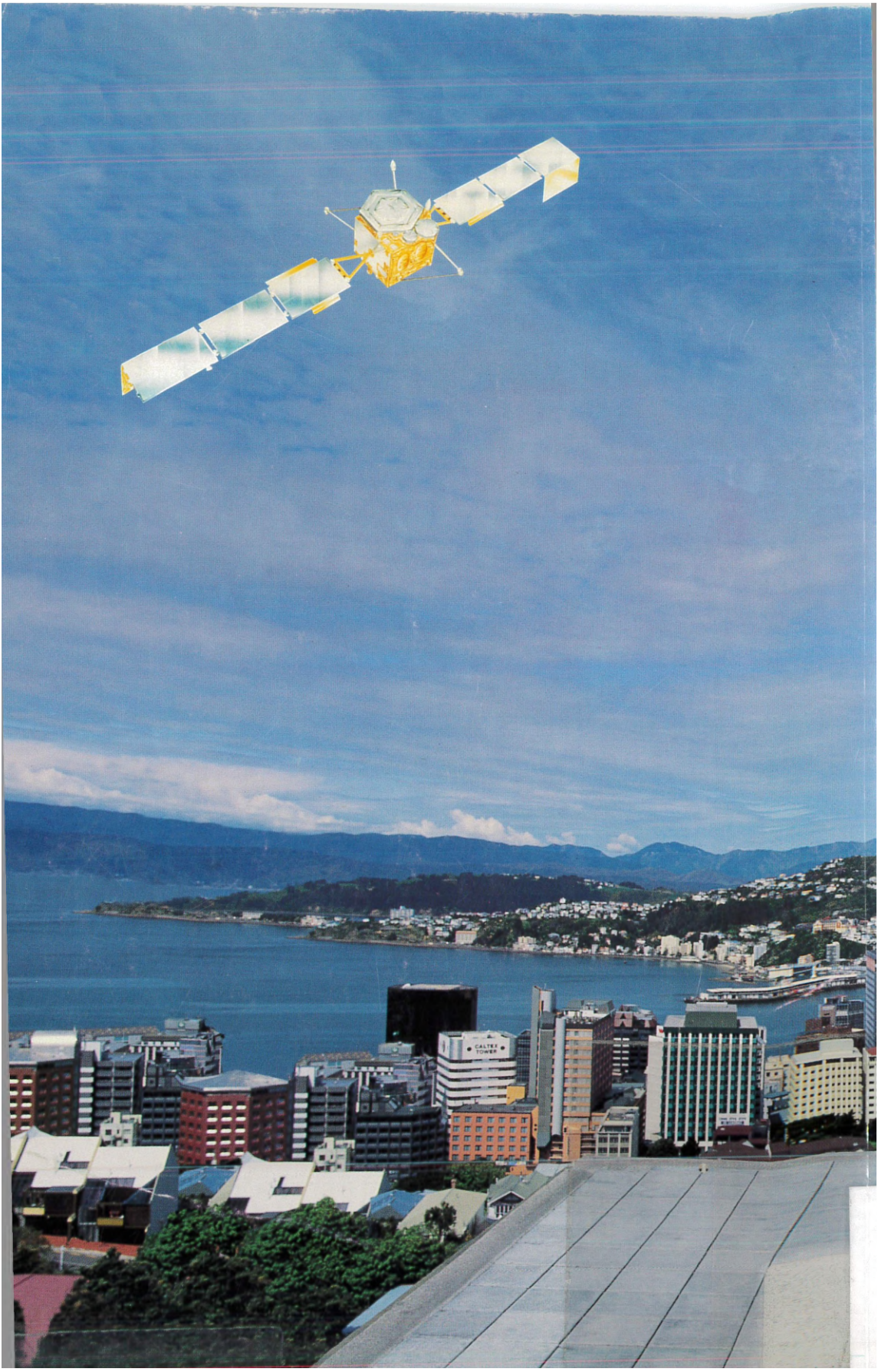
Rodenburg, E., *Eyeless in Gaia: the State of Gloval Environmental Monitoring.* (Незрячий на Земле. Состояние мониторинга Глобальной окружающей среды). Институт мировых ресурсов, Вашингтон, март 1991 г.

WMO— The atmosphere of living planet earth. (Атмосфера живой планеты Земля). Дж.П. Брюс, Публикация ВМО № 735, 1990 г., 42 с.

Meteorology and Hydrology for Sustainable Development. J. P. Bruce, WMO (ВМО, Метеорология и гидрология для устойчивого развития.) Дж.П. Брюс, Публикация ВМО № 769, Женева, 1992 г.

WMO and the Ozone Issue. (ВМО и проблема озона). Публикация ВМО № 778, ВМО, Женева, 1992 г.

Информационные материалы ВМО:
№ 1 – *Глобальная система наблюдений за озоном ВМО* (май 1989 г.)
№ 3 – *Глобальная служба атмосферы* (1989 г.)
№ 6 – *Двуокись углерода: мониторинг и научные исследования ВМО* (февраль 1990 г.)


CALTEX
TOWER