



## Радиосвязь и изменение климата

Основанные на радиосвязи технологии помогают понять, оценить и смягчить последствия изменения климата



CLIMATE CHANGE



# Радиосвязь и изменение климата

"Изменение климата угрожает катастрофическими последствиями для экосистем и будущего процветания, безопасности и благополучия всего человечества. Возможные последствия охватывают практически все аспекты устойчивого развития – от продовольственной безопасности, безопасности в сфере энергетики и водных ресурсов до широкой экономической и политической стабильности".

"Как специализированное учреждение системы Организации Объединенных Наций, занимающееся вопросами электросвязи/ИКТ, МСЭ обязуется сотрудничать с другими организациями в борьбе с изменением климата".



*Пан Ги Мун,  
Генеральный секретарь  
Организации  
Объединенных Наций*



*Доктор X. Туре,  
Генеральный секретарь  
МСЭ*

# ПРЕДСІДОВАТІ



*Франсуа Ранси ,  
Директор  
Бюро радиосвязи*

Недавний экономический кризис продемонстрировал решающую роль эффективного и продуктивного использования ограниченных природных ресурсов, таких как биомасса, биосфера, минеральные ресурсы и вода, для стимулирования устойчивого экономического развития. Изменение климата было названо "определяющим вызовом нашего времени". Его влияние уже очевидно и будет усиливаться с течением времени, если не будут приняты надлежащие меры. Существуют неопровержимые научные доказательства того, что изменение климата ставит под угрозу экономический рост, долговременное процветание и социальное благополучие практически всех стран, а также само выживание наиболее уязвимых групп населения.

ИКТ, и в частности радиосвязь, являются важнейшими инструментами в борьбе с изменением климата. Предусмотренные в этой связи направления деятельности включают в себя: непрерывные наблюдения и долгосрочный мониторинг солнечной активности, с тем чтобы углубить наши знания и понимание влияния электромагнитного излучения Солнца на окружающую среду Земли, включая климат; непрерывные наблюдения для отслеживания изменений в атмосфере, океане и на поверхности Земли, использование этой информации для моделирования изменений климата; а также непрерывные наблюдения изменений в озоновом слое и их воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Оценка изменений почвенного покрова и понимание динамики таких изменений признаны в качестве основных требований программ в области рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, продовольственной безопасности, борьбы с изменением климата и в гуманитарной области. Наземные и спутниковые системы радиосвязи вносят вклад в мониторинг выбросов углерода, изменение ледового покрова в полярных шапках и ледниках и изменение температуры. Еще одним ключевым аспектом является применение современных систем радиосвязи в целях увеличения производительности труда, оптимизации потребления энергии и уменьшения транспортных расходов, что ведет к снижению уровня выбросов двуокиси углерода.

В настоящем докладе содержится общий обзор использования систем радиосвязи для наблюдения за различными проявлениями изменения климата и их последствиями, а также применения ИКТ и радиосвязи как одного из решений, которое могло бы внести свой вклад в общемировое сокращение потребления энергии.



BEFOREHME

Своевременное предупреждение о стихийных и экологических бедствиях, точное прогнозирование климата и детальное понимание положения дел в области таких ограниченных ресурсов, как биомасса, биосфера, минеральные ресурсы, вода, энергоносители, их сохранение и эффективное управление такими ресурсами являются необходимыми условиями устойчивого экономического развития. Жизненно важным вопросом для повседневной жизни мирового сообщества является информация о климате, климатических изменениях, погодных условиях, осадках, загрязнении окружающей среды и стихийных бедствиях. Именно мониторинг предоставляет такую информацию, которая необходима для ежедневного прогнозирования погоды, изучения изменений климата, охраны окружающей среды, экономического развития (транспорт, энергетика, сельское хозяйство, строительство, градостроительство, обустройство систем коммунального хозяйства, безопасность) и для обеспечения защиты жизни людей и их имущества. Наблюдения Земли используются также для получения требуемых данных в отношении природных ресурсов, что является особенно необходимым для развивающихся стран. Важно не забывать, что как получение этой информации путем измерений, так и ее сбор, предоставление и распространение осуществляются с помощью систем радиосвязи. Системы радиосвязи играют основополагающую роль в мониторинге климата и оказании помощи странам в смягчении последствий изменения климата и адаптации к ним и в решении основных связанных с этим задач.

Сектор радиосвязи МСЭ (МСЭ-R) играет жизненно важную роль в общемировом развитии систем радиосвязи и в своей работе охватывает все соответствующие технические, эксплуатационные и нормативные аспекты. МСЭ поставил перед МСЭ-R три основные стратегические цели, в частности:

- обеспечивать рациональное, справедливое, эффективное и экономное использование радиочастотного спектра и орбитальных позиций спутников всеми службами радиосвязи; эту функцию выполняют всемирные конференции радиосвязи МСЭ, которые проводятся один раз в три-четыре года, и на которых Государства-Члены МСЭ принимают решения по обновлению Регламента радиосвязи – международного договора, содержащего нормативные положения, обязательные для соблюдения при использовании радиочастотного спектра;
- обеспечивать свободное от помех функционирование систем радиосвязи, включая космические системы; эту функцию выполняют Государства – Члены МСЭ путем применения процедур Регламента радиосвязи, который находится в административном ведении Бюро радиосвязи МСЭ;
- издавать рекомендации, доклады и справочники для обеспечения надлежащих показателей и качества работы систем радиосвязи; эту функцию выполняют исследовательские комиссии МСЭ-R.

МСЭ-R выступает, по сути, "источником жизненной силы" для развития любой системы радиосвязи и ее эксплуатации, и работа этого сектора имеет первостепенное значение для успешного функционирования радиосвязи в любой сфере ее прикладного применения. Генеральный секретарь Организации Объединенных Наций Пан Ги Мун в ходе своего визита в штаб-квартиру МСЭ (в июне 2007 года) отметил, что "МСЭ является одним из важнейших участников деятельности в области борьбы с изменением климата".





## 1. Роль систем и приложений радиосвязи в обеспечении понимания, оценки и смягчения последствий изменения климата

Мониторинг окружающей среды с помощью спутников или наземных радиосистем имеет принципиальное значение для понимания тех колоссальных сил, которые делают планету Земля живым миром, но также могут угрожать жизни. Геологические объекты хорошо видны из космоса, и даже топография океана измеряется с сантиметровой точностью, отображая рельеф океанского дна, показывая впадины и вулканические хребты. Собранные данные помогают нам понять динамику нашей атмосферы, ее взаимодействие с океаном и земными массами и, таким образом, играют решающую роль в построении прогнозных моделей, которые используются каждый день в прогнозировании погоды. Долгосрочное влияние на климат можно понять только при использовании данных с активных или пассивных космических датчиков, измеряющих высоту волн, температуру воды, соленость и концентрацию озона, т. е. все те виды данных, которые фиксируют поведение окружающей среды. В Таблице 1 указаны различные виды приложений радиосвязи, которые используются в системах наблюдения Земли.

Таблица 1  
Системы наблюдения Земли

Пассивные приложения		Спутниковые пассивные датчики дистанционного зондирования
Наземные пассивные датчики		
Активные приложения	Наземные радиолокаторы	Метеорологические радиолокаторы, радары ветрового профиля и океанографические радары
	Вспомогательные метеорологические средства	Радиозонды
	Частоты передачи данных "Земля-космос"	Спутники исследования Земли и метеорологические спутники
	Частоты передачи данных "космос-Земля"	Спутники исследования Земли и метеорологические спутники
	Радиолокаторы космического базирования	Спутниковые активные датчики дистанционного зондирования (высотометры, рефлектометры, радары с синтезированной апертурой, радары контроля осадков, облачные радары)

Группа Европейского союза по политике в области использования спектра радиочастот (RSPG) в своем докладе и экспертном заключении "О скоординированном подходе ЕС к использованию радиочастотного спектра в научных целях" (от 25 октября 2006 года) пришла, в частности, к следующему выводу:

*"Социальную значимость наблюдения Земли по большей части нельзя выразить в финансовых показателях, поскольку она относится к предупреждению существенных потерь человеческих жизней или угрозам общественно-политической стабильности и безопасности. Использование спектра в научных целях также оказывает непосредственное воздействие во многих сферах экономики, которое можно оценить на основе дополнительного положительного воздействия на технологические и экономические изменения в энергетике, транспортных перевозках, сельском хозяйстве, связи и т. д."*

Информация со спутников дистанционного зондирования создает существенный долгосрочный экономический эффект как для производства продуктов питания и другой сельскохозяйственной продукции, так и для функционирования предприятий и отраслей, зависящих от местных погодных условий и долгосрочной стабильности климата. Гражданская авиация, судоходство и наземный транспорт получают прямые выгоды и экономят средства за счет своевременной подготовки к неблагоприятным погодным условиям.

## Наблюдения со спутников за атмосферой и поверхностью Земли

Спутники обеспечивают наиболее экономичный с точки зрения расходов, если не единственный способ мониторинга окружающей среды всей Земли: и сухопутных районов, и океанов, и атмосферы. Уникальные характеристики спутников наблюдений включают в себя бесконтактное и единообразное наблюдение обширных территорий (с помощью одного и того же прибора) с возможностью быстрого и целенаправленного обнаружения любой точки на Земле, включая отдаленные и труднодоступные районы, а также продолжения серии наблюдений в течение длительного периода времени. Благодаря этим возможностям спутниковая служба исследования Земли приносит многочисленные выгоды обществу как в некоммерческом, так и в коммерческом секторах.

Спутники являются наилучшим средством получения моментального снимка нынешнего состояния нашей планеты с единой, унифицированной позиции. Ни один оснащенный приборами космический летательный аппарат не в состоянии обеспечить полную картину; однако нынешний парк космических летательных аппаратов, работающих во взаимодействии друг с другом и обменивающихся своими данными, вероятно, дает нам наиболее точную оценку глобальных условий, в которых мы находимся.

Эти данные служат для достижения двух целей:

- обеспечить основу для мониторинга и измерения климата и его последствий для нашей планеты;
- предоставить обоснованные с научной точки зрения данные для построения климатических моделей.

Климатология заметно продвинулась вперед благодаря наблюдениям, осуществляемым с помощью спутников. Радиометр, использовавшийся на спутнике Explorer 7 с 1959 по 1961 год, сделал возможным непосредственное измерение энергии, поступающей к Земле и покидающей ее. Этот и последующие полеты позволили ученым измерить энергетический баланс Земли с гораздо более высокой, по сравнению с использовавшимися ранее косвенными оценками, степенью достоверности, что привело к разработке усовершенствованных климатических моделей. По мере того как радиометры совершенствовались, эти измерения становились все более точными, позволяя обеспечить пространственное разрешение и глобальный охват, необходимые для прямого наблюдения за изменениями в глобальном энергетическом балансе Земли, связанными с кратковременными явлениями, например крупными извержениями вулканов. Эти радиометры напрямую измеряют перенос тепла от экватора к полюсам климатической системой, парниковый эффект от газовых примесей атмосферы и влияние облаков на энергетический баланс Земли. Эти наблюдения позволили нам лучше понять климатическую систему и усовершенствовать климатические модели.

**Космическое зондирование (пассивное и активное)** поверхности и атмосферы Земли имеет важное и все возрастающее значение в прикладной метеорологии и в научно-исследовательской деятельности в области метеорологии, в частности для смягчения последствий бедствий, связанных с погодными и климатическими условиями, а также в научном понимании мониторинга и прогнозирования изменения климата и последствий этого изменения.

Впечатляющий прогресс, достигнутый в последние годы в анализе и прогнозировании погоды и климата, в том числе в предупреждении об опасных погодных явлениях (ливнях, бурях, циклонах), оказывающих воздействие на население и экономику, в значительной степени является результатом наблюдений из космоса и включения данных наблюдений в цифровые модели.

**Пассивное космическое зондирование** для метеорологических целей осуществляется на частотах, выделенных МСЭ для спутниковой службы (пассивного) исследования Земли и метеорологической спутниковой службы. Пассивное зондирование требует измерения естественной радиации обычно очень низких уровней мощности, которая содержит основную информацию об исследуемом физическом процессе. Пассивное космическое зондирование поверхности и атмосферы Земли играет все более важную роль в оперативной и исследовательской метеорологии. Оно также способствует пониманию, мониторингу и прогнозированию изменений климата и его последствий. Метеорологические системы используются также для мониторинга изменений климата и окружающей среды. Человечество сталкивается с целым рядом разнообразных экологических явлений, требующих тщательного изучения и анализа. Метеорологические системы осуществляют сбор данных долгосрочных измерений, которые подтверждают исследования изменения климата и окружающей среды.



Поскольку уровень наблюдаемых излучений очень низкий, т. е. практически это – тепловой шум, большое влияние на них могут оказывать затухание в атмосфере, в частности за счет поглощения энергии радиоволн в кислороде и водяных парах атмосферы, а также излучения самой атмосферы Земли. В этой связи правильный выбор частот для пассивных сенсоров является критическим, для того чтобы добиваться требуемого качества измерений, так как далеко не все частоты подходят для наблюдений. Так, например, измерения на частотах в диапазоне 1,4 ГГц обеспечивают наиболее точную информацию о солености, частота 6 ГГц является наиболее подходящей для измерения температуры морской воды, 24 ГГц – для водяного пара, а частота выше 36 ГГц – для водяных облаков. Таким образом, становится очевидным, что на практике совместное использование частот активно излучающими радиосигналами службами и пассивными датчиками не представляется возможным. Вследствие этого Регламент радиосвязи определяет ряд частотных диапазонов, в которых передача радиосигнала запрещена.

Они включают в себя следующие полосы частот:

1 400	–1 427	МГц	100	–102	МГц
2 690	–2 700	МГц	109,5	–111,8	МГц
10,68	–10,7	МГц	114,25	–116	МГц
15,35	–15,4	МГц	148,5	–151,5	МГц
23,6	–24	МГц	164	–167	МГц
31,3	–31,5	МГц	182	–185	МГц
31,5	–31,8	МГц	190	–191,8	МГц
48,94	–49,04	МГц	200	–209	МГц
50,2	–50,4	МГц	226	–231,5	МГц
52,6	–54,25	МГц	250	–252	МГц
86	–92	МГц			



**Активное космическое зондирование** метеорологических и климатических процессов осуществляется, в частности, с помощью высотометров для изучения состояния льдов и океана, рефлектометров или радаров для измерения профилей дождя или облачности, обеспечивает метеорологов и климатологов важной информацией о состоянии океана, земной поверхности и атмосферных явлениях. Спутники ССИЗ обеспечивают долгосрочное моделирование климата, предоставляя входные данные, имеющие подлинно глобальный характер. Несмотря на то что спутниковые наблюдения носят краткосрочный характер по меркам климатической шкалы времени, они тем не менее предоставляют многие основные климатические переменные, некоторые из которых в значительной степени зависят от спутниковых наблюдений, в то время как другие подтверждаются и уточняются спутниковыми наблюдениями. Компьютерные модели базируются на наиболее вероятных сценариях изменения климата. Таким образом, такие измерения с помощью пассивного и активного зондирования представляют собой необходимую базовую информацию для создания климатических сценариев, необходимых для разработки национальной и общемировой политики в отношении глобальных изменений.

Основной принцип работы активных систем ССИЗ заключается в том, что спутник облучает исследуемый объект или поверхность и ловит отраженный сигнал, который является объектом обработки и источником информации для анализа различных характеристик или явлений. Активные датчики имеют определенные преимущества по отношению к пассивным сенсорам, так как обладают уникальной чувствительностью к некоторым меняющимся параметрам суши/океана/атмосферы (например, влажности растительности и высоте облаков). Помимо этого, активное зондирование дает возможность, например, проникать сквозь поверхность и растительность, работать при любой погоде и в любой период времени, достигать высокого пространственного разрешения, улучшать качество измерения за счет изменения угла облучения и функционировать в широком спектральном диапазоне вне зависимости от излучений от узкополосных явлений. Поскольку полезный сигнал два раза проходит через атмосферу, затухая и рассеиваясь, выбор оптимальной полосы является очень важным при проектировании системы ССИЗ. Список полос частот, распределенных в соответствии с Регламентом радиосвязи для ССИЗ (активной), и требуемая полоса частот в зависимости от вида радара представлены в Таблице 2.

Таблица 2

**Полосы частот, распределенные для систем ССИЗ (активных),  
и требуемая ширина полосы в зависимости от типа радара**

Полоса частот, как распределено в Статье 5 Регламента радиосвязи	Требуемая ширина полосы частот				
	Скаттерометр	Высотомер	Радар с синтезированной апертурой	Радар осадков	Радар профиля облаков
432–438 МГц			6 MHz		
1 215–1 300 МГц	5–500 кГц		20–85 MHz		
3 100–3 300 МГц		200 МГц	20–200 MHz		
5 250–5 570 МГц	5–500 кГц	320 МГц	20–320 MHz		
8 550–8 650 МГц	5–500 кГц	100 МГц	20–100 MHz		
9 300–9 900 МГц	5–500 кГц	300 МГц	20–600 MHz		
13,25–13,75 ГГц	5–500 кГц	500 МГц		0,6–14 МГц	
17,2–17,3 ГГц	5–500 кГц			0,6–14 МГц	
24,05–24,25 ГГц				0,6–14 МГц	
35,5–36 ГГц	5–500 кГц	500 МГц		0,6–14 МГц	
78–79 ГГц					0,3–10 МГц
94–94,1 ГГц					0,3–10 МГц
133,5–134 ГГц					0,3–10 МГц
237,9–238 ГГц					0,3–10 МГц

Мониторинг и прогнозирование погоды является наиболее развитой оперативной дисциплиной в области наблюдения Земли. На протяжении десятилетий спутниковые наблюдения предоставляли ключевые данные, что привело к улучшению прогнозов погоды. Эти данные варьируются от отслеживания движения облачных масс до предоставления профиля температуры и влажности, которые вносятся во все более и более точные компьютерные модели прогнозирования погоды. Улучшение прогнозов погоды повлияло на многие сферы человеческой деятельности, такие как сельское хозяйство, транспорт, водное хозяйство, здравоохранение, строительство, туризм/отдых, энергетика и другие отрасли. Спутники ССИЗ обеспечивают долгосрочное моделирование климата, предоставляя по-настоящему глобальные входные данные. Хотя спутниковые наблюдения носят краткосрочный характер по меркам климатической шкалы времени, они тем не менее предоставляют многие основные климатические переменные, некоторые из которых в значительной степени зависят от спутниковых наблюдений, в то время как другие подтверждаются и уточняются спутниковыми наблюдениями (см. Таблицу 3). Кроме того, спутники ССИЗ также используются для мониторинга глобальных последствий изменения климата по мере их возникновения. Такие сферы включают в себя долгосрочный мониторинг уровня моря и ледникового покрова, а также изменений вегетационного периода.





Таблица 3

## Основные климатические переменные, предоставляемые спутниками

	Атмосферные переменные	Океанические переменные	Наземные переменные
З а в и с и м ы е	Поверхностные осадки	Температура воды на поверхности	Уровни озер
	Радиационный баланс Земли в верхних слоях атмосферы	Уровень моря	Снежный покров
	Температура воздуха в верхних слоях атмосферы	Состояние моря	Ледниковые и полярные шапки
	Скорость и направление ветра в верхних слоях атмосферы	Океанский ледяной покров	Альбедо
	Уровень паров воды в верхних слоях атмосферы	Цвет океана (биология)	Почвенный слой (включая тип растительного покрова)
	Характеристики облачного покрова в верхних слоях атмосферы	Соленость воды поверхностного слоя	Влажность почвы
	Двуокись углерода		Индекс листовой поверхности
	Озон		Биомасса
	Характеристики аэрозолей		Площадь, пострадавшая от пожаров
			Доля поглощаемой фотосинтетически активной радиации
П о д д е р ж и в а е м е ы е	Температура воздуха на поверхности	Соленость воды на поверхности	Речной сток
	Давление воздуха на поверхности	Поверхностные течения	Объем водопотребления
	Радиационный баланс на поверхности	Парциальное давление CO <sub>2</sub> на поверхности	Подземные воды
	Скорость и направление ветра на поверхности	Температура воды поверхностного слоя	Площадь вечной мерзлоты/ сезонно-мерзлых грунтов
	Уровень паров воды на поверхности	Течения поверхностного слоя	
	Метан	Содержание питательных веществ в воде поверхностного слоя	
	Прочие долгоживущие парниковые газы	Содержание углерода в воде поверхностного слоя	
		Океанские трассеры в воде поверхностного слоя	
		Содержание фитопланктона в воде поверхностного слоя	

## Ледовый покров

Один из центральных вопросов при изучении изменения климата и криосферы (области льда) состоит в том, чтобы понять, как потепление климата отразится на ледяном покрове. Это важно, поскольку объем материкового льда и талой воды, поступающей в океан, сильно влияет на изменение уровня моря. Пока не было спутников, информация о полярных районах ограничивалась данными, полученными на местном уровне на протяжении благоприятного времени года. Использование бортовых спутниковых контрольно-измерительных радиоприборов оказалось особенно полезным в районах заполярья, поскольку в этих районах в зимнее время существует продолжительный период темноты, когда измерения в спектре видимого излучения невозможны. Синоптическое наблюдение со спутников, в частности со спутников, оснащенных датчиками, работающими на радиочастотах, на много порядков увеличивает охват данных о районах заполярья, и доступ к ним больше не ограничивается временем года.

До появления спутников считалось, что баланс массы ледяного покрова Антарктики и Гренландии регулируется разницей между таянием льдов и скоростью накопления осадков, а скорость стока льда в океан является постоянной. Изображения, полученные с помощью радиолокационной станции спутника, показали, что:

- скорость схода ледяного покрова крайне изменчива;
- существуют сложные сети ледяных потоков;
- скорость движения ледяного потока в направлении моря заметно увеличилась вследствие изменения климата.

Одним из показателей изменения климата/глобального потепления является отступление, а не наступление ледяного покрова (как ледников, так и морского льда). Изучение режимов ледника во всем мире показывает, что с конца 1970-х при явном ускорении в конце.



1980-х годов наблюдается масштабная утрата ледяного покрова. Дистанционное зондирование используется для документального подтверждения изменений в протяженности ледника (размере ледника) и расположении границы питания ледника (отметка на леднике, на уровне которой накопление осадков зимой компенсируется таянием льдов в летнее время). С 1972 года спутники обеспечивают изображение протяженности ледников в оптическом диапазоне частот. Радары с синтезированной апертурой (SAR) в настоящее время используются для изучения зон накопления ледяного снега и таяния льда, для того чтобы определить внешнее воздействие на климат, а лазерная альтиметрия используется также для измерения изменений в наивысшей точке ледника.

Поскольку ледники реагируют на прошлые и текущие изменения климата, то в настоящее время проводится полная глобальная оценка ледника, для того чтобы установить его нынешнюю протяженность и отслеживать скорость изменений ледника во всем мире. В проекте "Глобальные измерения материкового льда из космоса" используются данные ASTER (усовершенствованный космический термоэмиссионный и отражающий радиометр) и усовершенствованного тематического картографа Landsat для оценки около 160 000 ледников во всем мире. Результаты этих измерений и анализ вытекающих из этого тенденций являются важными показателями изменения климата и подтверждают ценность и важность массива данных многолетних наблюдений для понимания сложной климатической системы.

Мониторинг состояния ледяного покрова легко наладить с помощью бортовых спутниковых контрольно-измерительных приборов, как активных, так и пассивных. Вскрытие мощных ледяных покровов (например, ледового шельфа Ларсена В) в Антарктике наблюдалось из космоса. Эти вскрытия, если и не были вызваны глобальным потеплением, то ускорились в результате этого процесса. Вскрытие ледового шельфа Ларсена В в Антарктике в 2002 году, которое удалось обнаружить только благодаря многократному охвату изображением, получаемым с помощью спутников, наглядно проиллюстрировало динамику изменения ледяного покрова за удивительно короткий период времени (Рис. 1). Эти открытия наглядно показывают серьезные последствия: быстрый сход льда материкового ледяного покрова в море может привести к значительному повышению уровня моря.

Понимание изменений, происходящих в ледяных покровах, морском льде, ледниковых шапках и ледниках, важно для лучшего понимания глобального изменения климата и прогнозирования его последствий. Так, по сообщению журнала Science, "уменьшение ледяного покрова" и вызванное им повышение уровня моря были определены в качестве третьего важнейшего "открытия 2006 года". Учитывая прогнозируемое изменение климата и связанное с этим процессом повышение уровня моря, обеспечение глобального покрытия полярной области в будущем поможет удовлетворить жизненно важные потребности общества, которые не были удовлетворены другими системами наблюдения.

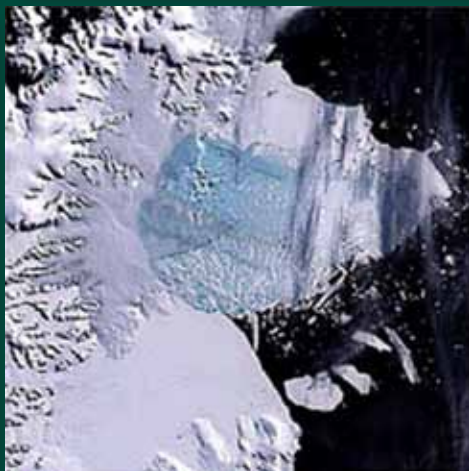


Рисунок 1

Вскрытие ледового шельфа Ларсена В в Западной Антарктике. 2000 км<sup>2</sup> ледового шельфа отделилось всего за 2 месяца

Источник:

"*Earth Observations from Space: the First 50 Years of Scientific Achievements*", p. 3, 2008  
téléchargeable depuis l'adresse:  
[www.nap.edu/catalog/11991.html](http://www.nap.edu/catalog/11991.html)

## Океаны

Океаны занимают около 71 процента поверхности земного шара и играют ключевую роль в климатической системе в нескольких аспектах. Они являются также прекрасным показателем изменения климата. Так, например, измерение уровней моря дает важный ключ к пониманию причин глобального потепления.

Изменения в погоде, климате и окружающей среде ставят серьезные проблемы перед человечеством. Для решения этих проблем требуются дополнительные усовершенствования в прогнозировании погоды, особенно в среднесрочном и долгосрочном прогнозировании. Если мы будем иметь более четкую картину того, что может произойти через ближайшие десять дней, в ближайшие месяцы и даже время года, то люди и предприятия смогут намного лучше подготовиться к неустойчивым погодным условиям. Решение этих проблем предполагает также лучшее понимание глобальных климатических факторов, являющихся причинами возникновения таких явлений, как Эль-Ниньо и Ла-Нинья в Тихом океане, опасные ураганы и тайфуны, и особенно подъемы уровня моря.

Ключ к пониманию сил, стоящих за изменением погодных условий, может быть найден только путем отображения на карте изменений состояния поверхности океана по всему миру и использования собранных данных для разработки и использования эффективных моделей поведения океана. Сочетая модели океана и атмосферы, мы можем предоставить необходимые точные как краткосрочные, так и долгосрочные прогнозы. Сочетание моделей океана и атмосферы необходимо для полного учета среднемасштабной (средней дальности) динамики океанов. Сочетание моделей океана и атмосферы становится важным для составления прогнозов погоды на период свыше двух недель. Океаны являются также важной частью процесса изменения климата, а подъем уровней моря во всем мире общепризнан в качестве потенциальной причины особенно разрушительных последствий глобального потепления.

## Температура поверхностного слоя моря и подъем среднего уровня моря

Важный вклад в климатологию внесла регистрация на протяжении длительного периода температуры поверхностного слоя моря (SST). В настоящее время SST измеряется также с помощью пассивных микроволновых приборов. SST является одним из важнейших показателей изменения глобального климата и важнейшим параметром для моделирования климата.

Информация о SST раскрывает влияние океана на изменчивость регионального и глобального климата и содержит важные подробные сведения об океанических течениях. Свыше 80 процентов общего объема тепла системы Земли хранится в океане, а океанические течения перераспределяют это тепло по всему земному шару. Анализ тенденций в регистрации SST помог лучше понять обратную связь между климатом и атмосферой в тропических зонах, ответственных также за Южное колебание – Эль-Ниньо (ENSO)

в Тихом океане. Прогресс в понимании ENSO, ставший возможным благодаря спутниковым наблюдениям за морскими поверхностными ветрами, колебаниями уровня моря и температурами поверхностного слоя моря, оказал глубокое влияние на региональные прогнозы климата и погоды. Кроме того, интенсивность ураганов напрямую связана с температурами поверхностного слоя моря. Таким образом, информация как о температуре поверхностного слоя моря, так и о самих ураганах получена из исследований, в которых использовались данные со спутников.

Кроме того, SST занимает центральное место в установлении взаимосвязи океана с атмосферой и является определяющим фактором в тепловом и влагообмене между этими двумя средами. Анализ тенденций в изменении SST предоставил доказательства глобального потепления и важной обратной связи между климатом и атмосферой в тропических зонах, ответственных за явления ENSO. Эти наблюдения SST в сочетании с вертикальными измерениями на месте температуры океана на глубине до 3000 м предоставили доказательства антропогенного глобального потепления в океане.

Понимание увеличения SST и антропогенного поступления тепла к поверхности океана также имеет важные последствия для количественного измерения и прогнозирования подъема уровня моря. Подъем среднего уровня моря может быть признаком глобального потепления. Мониторинг этого уровня с применением альтиметрии является одним из основных вопросов в науке об окружающей среде XXI века.

Порой трудно отделить естественную изменчивость климата от последствий глобального потепления. Измерения средних уровней моря получены в результате 15-летних наблюдений со спутников. Эти наблюдения самосогласуются и составляют точный временной ряд спутниковых наблюдений. Однако такой период времени слишком непродолжителен. К тому же необходимо отметить, что помимо естественной изменчивости климата существуют также и антропогенные нарушения климата. Поэтому сигналы изменения климата могут быть обнаружены только в том случае, если они больше фоновой естественной изменчивости климата. Обнаружение глобального изменения климата важнее, чем мониторинг региональных последствий. Наблюдающийся подъем уровня моря частично объясняется увеличением температуры воды. Однако средний подъем уровня моря – это только часть проблемы. Подъем уровня океанов происходит далеко не равномерно. В одних районах мирового океана уровень моря повышается (в некоторых местах до 20 мм в год), тогда как в других районах он на эквивалентную величину падает. Основная проблема состоит в том, что подъем уровня моря может привести к затоплению прибрежных районов во всем мире и полному поглощению низменных островов. Хотя такие серьезные последствия могут наступить спустя относительно продолжительный период времени (десятилетия — столетия), топографическая съемка, полученная с помощью спутниковых наблюдений, может помочь выявить наиболее уязвимые районы.

Измерения температуры поверхностного слоя моря позволяют не только получить важную информацию о циркуляции океана (например, о Гольфстриме), но и продвинуться вперед в исследованиях в области климата путем предоставления подробной информации о поступлении тепла в океан. Наблюдения цвета океана в сочетании с измерениями SST приводят к новым открытиям в области физико-биологических взаимосвязей в океане с важными последствиями для роли океана в углеродном цикле.

Наблюдения, осуществляемые с помощью спутников, являются единственным способом оценки и мониторинга роли океанической биомассы как поглотителя углерода. В частности, ответ на основной вопрос о том, изменяется ли биологическое поглощение углерода под влиянием изменения климата, может быть получен только с помощью измерений со спутника. Это требует не только измерений цвета океана (биомассы и продуктивности фитопланктона), но и соответствующих космических наблюдений за физической океанической средой (циркуляция и смешивание), взаимодействием материка и океана (через устья рек и приливо-отливную зону побережья), а также за другими факторами, такими как ветры, приливы и отливы и поступление солнечной энергии к верхнему слою океана. Наблюдение взаимосвязей между физической и химической средой и биологией океана является одним из важнейших достижений наблюдений из космоса.

## Влажность почвы и соленость океанических и морских вод

Испарения, просачивание грунтовых вод и пополнение запасов подземных вод обычно происходят через ненасыщенную зону верхних грунтовых вод, простирающуюся от высшей точки поверхности земли до уровня грунтовых вод. Корнеобитаемый слой почвы, в котором растительность получает необходимую ей воду, расположен в зоне аэрации на границе между средой произрастания растительности и началом гидрологической системы. Количество воды, имеющейся в растительности, определяет процесс испарения влаги растениями и их фотосинтез и тем самым связывание  $\text{CO}_2$ . Количество воды в зоне аэрации напрямую связано со способностью почвы производить дренаж после выпадения осадков. Модели водообмена между почвой, растительностью и атмосферой (SVAT), используемые в метеорологии и гидрологии, предназначены для описания основных процессов испарения на поверхности и установления границы между испарением влаги растениями, дренажом, поверхностными водами и влажностью почвы. Для моделей SVAT должно быть предоставлено реалистичное исходное значение количества воды в зоне верхних грунтовых вод.

В случае оголенной почвы или редко встречающейся растительности коэффициент испарения и сток вод может быть рассчитан на основе временного ряда верхнего слоя почвы. В случае поверхностей, покрытых растительностью, должно учитываться количество воды в этой растительности (оптическая плотность растительности). Сама оптическая плотность растительности может оказаться очень полезным показателем при мониторинге динамики растительности.

Наличие информации о распределении соли (солёности) в мировом океане и ее годичной и междугодовой изменчивости имеет важнейшее значение для понимания роли океана в климатической системе. Информация о солёности необходима для определения плотности океана, а следовательно, и термогалинной циркуляции его вод. Солёность океана связана также с океаническим углеродным циклом, поскольку играет роль в установлении химического равновесия, что, в свою очередь, регулирует процесс поглощения и выделения  $\text{CO}_2$ . Поэтому включение результатов измерений солёности поверхностного слоя океанов в биогеохимические модели мирового океана должно повысить качество оценок поглощения  $\text{CO}_2$  океанами.

## Биосфера

Спутниковый мониторинг динамики растительности Земли важен для понимания функционирования глобальной экосистемы и реагирования на колебания и изменчивость климата. Это наблюдение (рис. 2) стало более точным за счет охвата биофизических измерений.



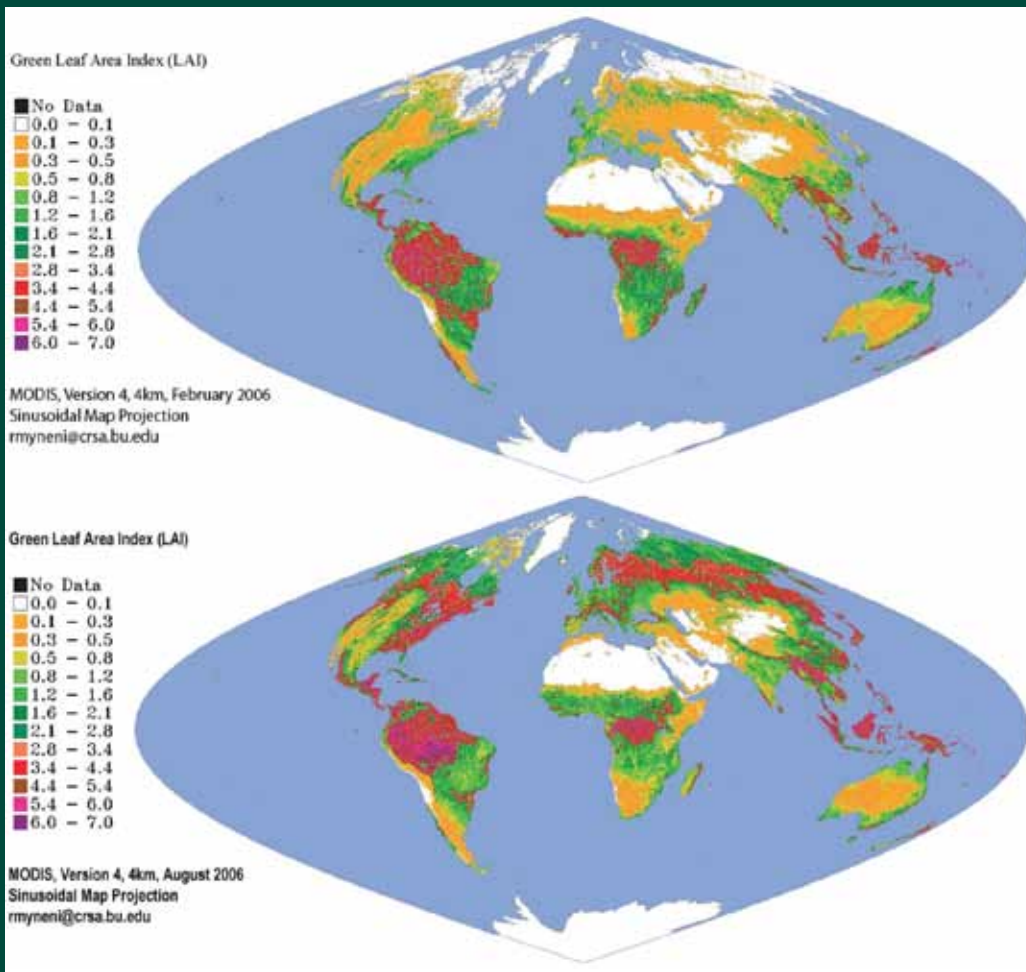


Рисунок 2

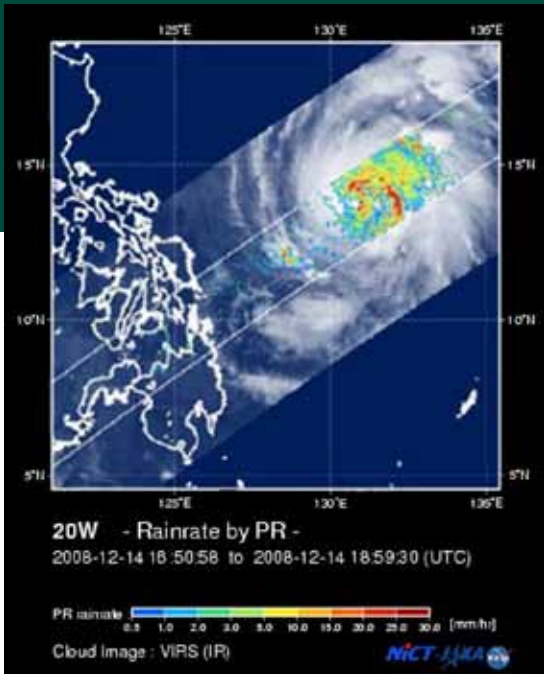
Индексы зеленой листовой поверхности, полученные с помощью MODIS и свидетельствующие о сезонных изменениях в растительности

Источник:

"Earth Observations from Space: the First 50 Years of Scientific Achievements", p. 75, 2008  
téléchargeable depuis l'adresse:  
[www.nap.edu/catalog/11991.html](http://www.nap.edu/catalog/11991.html)

Рисунок 3

Распределение интенсивности дождя в тайфуне



## Метеорологические радары

Метеорологические радары используются для зондирования состояния атмосферы в целях составления регулярных прогнозов, обнаружения сложных метеоусловий, обнаружения ветров и осадков, оценок количества осадков, обнаружения условий обледенения воздушных судов и избежания сложных метеоусловий при навигации. Метеорологические радары передают горизонтально поляризованные импульсы, которые обеспечивают измерение горизонтального размера облачности (воды и льда, содержащихся в облачности) и осадков (снега, ледяной крупы, частиц града и дождя).

Поляриметрические радары, называемые также радаром с двойной поляризацией, передают импульсы с горизонтальной и вертикальной поляризациями. По сравнению с неполяриметрическими системами эти радары

обеспечивают значительное улучшение оценки дождя, классификации осадков, качества данных и обнаружения опасных метеорологических явлений. Пример измерений таким радаром показан на Рис. 3.

В РР в Таблице распределения частот содержатся три конкретные ссылки на метеорологические радары. Три ссылки приведены в примечаниях, связанных с полосами 2700–2900 МГц, 5600–5650 МГц и 9300–9500 МГц.

## Радары профиля ветра

Составление прогноза погоды в настоящее время требует высококачественных данных повышенной точности о ветре, собираемых с высокой частотой и территориальной плотностью как вблизи поверхности Земли, так и в верхних слоях атмосферы. Данных о ветре, основанных главным образом на показаниях приборов, поднимаемых с помощью воздушных шаров, спутниковых приборов и авиационных систем автоматической передачи данных, недостаточно для удовлетворения требованиям, предъявляемым атмосферными компьютерными моделями со все более высоким разрешением, а также системами прогнозирования с интерактивным режимом взаимодействия человек – машина. Без существенного увеличения объема данных о ветре с высоким разрешением будут серьезно ограничены возможности этих новых моделей и интерактивных систем, запланированных к развертыванию позднее в течение текущего десятилетия, по улучшению прогнозирования погоды и оповещения об опасных метеорологических явлениях.

Планетарные цифровые модели атмосферы, с помощью которых делаются прогнозы на период от трех до десяти дней, требуют данных из верхних слоев атмосферы по обширным районам земного шара. Радары профиля ветра, функционирующие без участия человека, дают возможность получения важнейших данных для этих моделей с большой высоты, особенно из отдаленных районов с редкой сетью данных. Цифровые модели для прогнозов на 3–48 часов, полностью охватывающие территорию какого-либо континента или меньшую территорию, требуют атмосферных данных по широкому высотному спектру, как правило, от 200 м до 18 км с вертикальным разрешением около 250 м в зависимости от сферы применения. Что касается временного разрешения, в настоящее время требуются данные почасовых замеров.

Для таких целей, как наиболее краткосрочные прогнозы погоды, мониторинг загрязнения воздуха, анализ поля ветра и прогнозирование траектории распространения шлейфа токсичных выбросов в результате химических или ядерных аварий, предупреждение об опасных погодных условиях для авиации, метеорологические наблюдения, функционирование аэропортов и защита населения, метеорологам необходима информация о параметрах ветра с очень высоким временным и пространственным разрешением, в основном из низких слоев атмосферы. Требуется непрерывный сбор данных в пространстве от поверхности до высоты 5 км с желательным разрешением иногда вплоть до 30 м. Измерения обычно производятся в населенных пунктах.

Радары профиля ветра также играют важную роль в экспериментальных исследованиях атмосферы. Их способность измерять параметры ветра с высоким временным и пространственным разрешением позволяет эффективно применять их для экспериментальной проверки достоверности моделей, для исследования пограничных слоев и для изучения процессов, которые важны для понимания атмосферы, включая эволюцию климата.

В настоящее время метеорологические организации используют системы, поднимаемые с помощью воздушных шаров, для измерения параметров ветра, температуры и влажности от поверхности земли до верхних слоев атмосферы. Хотя современные радары профиля ветра не способны провести измерение всех этих параметров, они тем не менее имеют целый ряд преимуществ по сравнению с системами, поднимаемыми с помощью воздушных шаров, в решении вышеупомянутых задач:

- они практически непрерывно фиксируют параметры ветра;
- параметры ветра измеряются почти прямо над местом расположения радара;
- можно измерить вертикальную скорость движения воздуха;
- они гораздо более своевременно обеспечивают такую временную и пространственную плотность зондирования, которая необходима для вычисления производных показателей;
- затраты на наблюдение ниже;
- они функционируют без участия оператора практически в любых погодных условиях.

Кроме того, было продемонстрировано, что радары профиля ветра можно адаптировать для измерения профилей температуры при их использовании в сочетании с системами радиоакустического зондирования. Это дает возможность получения данных по температурному профилю более высокой плотности покрытия и более высокого качества по сравнению с текущими методами измерения, такими как метеозонды, поднимаемые с помощью воздушных шаров. Никакой другой метод измерения, включая датчики спутникового базирования, не даст сопоставимых преимуществ в ближайшем будущем.

Важнейшее значение имеет глобальное согласование рабочих частот радаров профиля ветра и определение спектра частот для них на всемирной конференции радиосвязи. Это позволит осуществлять экономически эффективную разработку и эксплуатацию новых радаров профиля ветра. На практике системы строятся в расчете на три полосы частот, а именно: около 50 МГц, 400 МГц и 1000 МГц.

## Океанографические радары

Значительный процент населения планеты живет в радиусе 50 миль от побережья, что увеличивает потребность в точных, достоверных и подробных измерениях параметров окружающей среды на берегу океана. Подобно тому как ветер в атмосфере предоставляет информацию о том, где и когда наблюдаются те или иные метеоусловия, океанские течения определяют передвижение океанских процессов. Эти два динамических потока используются для определения того, куда будут двигаться загрязняющие вещества, промышленные или естественные. В настоящее время измерение океанских течений не так доступно, как измерение ветров.

Благодаря этому факту растет заинтересованность в получении возможности точного измерения течений и волн в прибрежных водах. Всемирное океанографическое сообщество планирует создать сети радаров для наблюдения за поверхностью моря у побережья. Улучшенные измерения береговых течений и состояния моря полезны для сообщества, так как они позволяют лучше понимать проблемы загрязнения береговой линии, управление рыболовством, поисково-спасательные операции, эрозию пляжей, морскую навигацию и транспорт наносов. Береговые радиолокационные измерения поверхности моря обеспечивают поддержку метеорологических наблюдений при помощи сбора данных о состоянии моря и доминантных океанических волнах.

Кроме того, технология океанографических радаров находит применение в повышении осведомленности о всемирном океане, позволяя осуществлять дистанционное зондирование надводных судов. Это даст полезные результаты для всемирной безопасности и охраны судов и портов. Потребность в дополнительных данных для смягчения последствий бедствий, включая цунами, для того чтобы понимать изменение климата и обеспечивать безопасные морские путешествия, привела к рассмотрению эксплуатации сетей океанографических радаров на всемирной основе.

По состоянию на 2009 год в береговых районах Соединенных Штатов Америки установлено 143 неравномерно распределенных океанографических радара, в это число входят радары, которые не работают в настоящее время на регулярной основе. Почти все системы океанографических радаров в Соединенных Штатах Америки принадлежат исследовательским отделам университетов и эксплуатируются ими. На Рис. 4 показаны существующие и планируемые океанографические радиолокационные станции для Соединенных Штатов Америки, Тихоокеанских островов и Карибского региона.

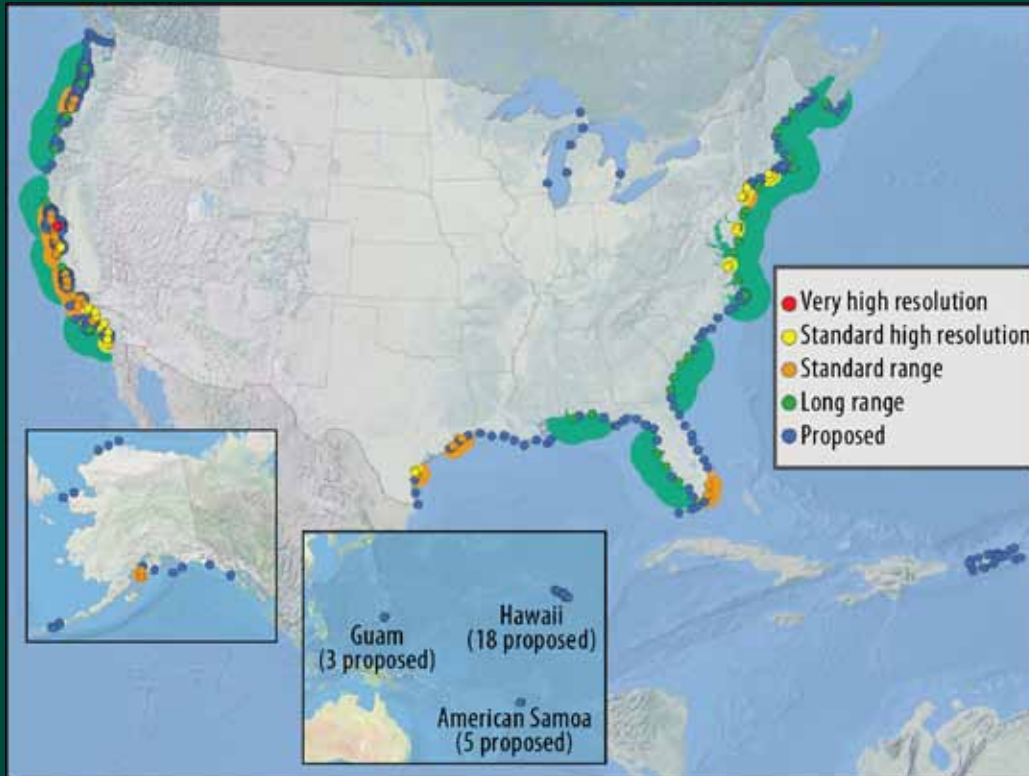


Рисунок 4

Существующие и планируемые океанографические радиолокационные станции для Соединенных Штатов Америки

Источник:

"Earth Observations from Space: the First 50 Years of Scientific Achievements", p. 75, 2008  
 téléchargeable depuis l'adresse:  
[www.nap.edu/catalog/11991.html](http://www.nap.edu/catalog/11991.html)

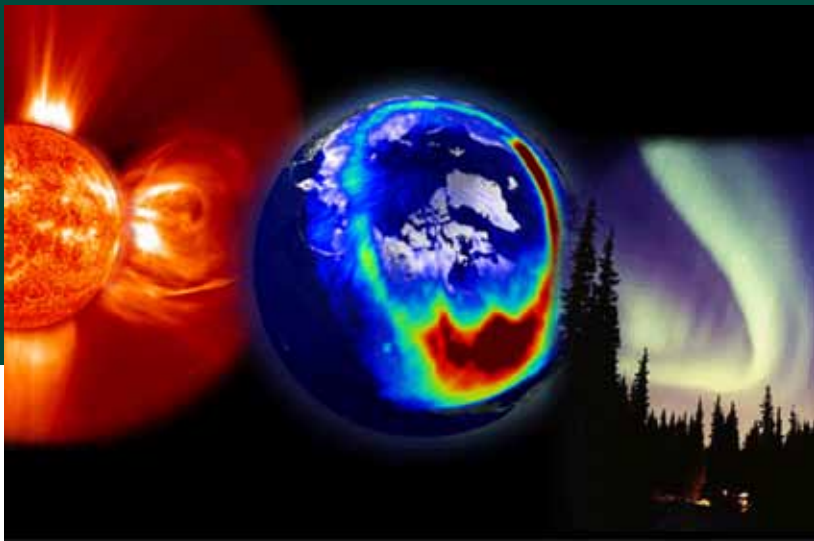


Рисунок 5

Солнечная активность, наблюдаемая со спутника и с поверхности Земли

Источник:  
Обсерватория для наблюдения за Солнцем и проведения гелиосферических исследований (SOHO)

## Мониторинг радиоизлучения Солнца

Растущее осознание нашей чувствительности к поведению Солнца привело к появлению новой научной дисциплины под названием "космическая погода". Космическая погода, как и ее более знакомый нам и более близкий к поверхности Земли аналог, представляет собой изучение изменения условий в околоземном космическом пространстве. Однако вместо изучения ветра и дождя, ученые – специалисты по космической погоде измеряют электромагнитное излучение и поведение солнечной плазмы (Рис. 5).

В долгосрочной и среднесрочной перспективах воздействие изменений солнечной активности на климат стоит в одном ряду с воздействием земной вулканической деятельности и суммарным эффектом всех видов деятельности человека. В краткосрочной перспективе более серьезное воздействие космической погоды состоит в нарушении работы нашей технической инфраструктуры в космосе, в воздухе и на Земле.

Мониторинг радиоизлучения Солнца представляет собой специализированный раздел радиоастрономии. Он играет активную роль в услугах в области космической погоды и ее исследованиях, а также способствует – через мониторинг солнечной активности – прогнозированию космической погоды и выдаче своевременных предупреждений о выбросах на Солнце, которые могут оказать влияние на Землю и на деятельность человека.

К соображениям более долгосрочного характера, которые тем не менее необходимо учитывать как весьма опасное природное явление, относится возможность гигантских вспышек на Солнце. Как представляется, они происходят в случайном режиме. Ни одна из таких вспышек не произошла с момента появления нашего современного, основанного на технологиях общества с его крайней зависимостью от инфраструктуры энергетики и связи. Воздействие одного из этих событий могло бы быть весьма серьезным, и оно могло бы привести к существенным общемировым разрушительным последствиям, требующим более тщательной оценки, поскольку такая экстремальная ситуация является беспрецедентной.

Эта новая серьезная и глобальная технологическая угроза не поддается контролю, что подчеркивает важную роль систем раннего оповещения, которые опираются на постоянный мониторинг Солнца для смягчения негативных последствий таких явлений. Одной из таких систем раннего оповещения являются солнечные радиотелескопы наземного базирования. Мониторинг радиоизлучения Солнца преследует следующие цели:

- более глубокое понимание обусловленных солнечной активностью изменений климата и других экологических параметров, которые имеют научное, экономическое и гуманитарное значение;
- понимание и прогнозирование явлений космической погоды, которые оказывают воздействие на связь, транспорт и на другую инфраструктуру, а также на такие виды деятельности, как сельское хозяйство и рыболовство.

При решении многих экологических и земных проблем принято рассматривать Солнце просто в качестве постоянного источника энергии. На самом деле Солнце производит сложную и постоянно меняющуюся смесь элементарных частиц и электромагнитных волн, которые модулируются общим уровнем магнитной активности Солнца. Измерения радиоизлучения Солнца остаются важной составной частью мониторинга движущей силы возмущений окружающей среды нашей планеты. Это излучение не оказывает заметного прямого воздействия на окружающую среду и технологии, за исключением тех редких случаев, когда солнечное радиоизлучение является достаточно сильным, чтобы ухудшить функционирование систем радио-



связи, что имело место лишь несколько раз. Наблюдения за радиоизлучением выступают в роли отличного "стетоскопа" для выявления нюансов поведения Солнца, которые могут оказать резкое воздействие на окружающую среду и деятельность человека на Земле, в атмосфере и в космосе. Влияние солнечной активности на нашу окружающую среду, деятельность и инфраструктуру чрезвычайно многообразно.

## Вспомогательные метеорологические средства

Вспомогательные метеорологические средства (MetAids) в основном используются для измерений "на месте" (in situ) метеорологических параметров в верхних слоях атмосферы (давление, температура, относительная влажность, скорость и направление ветра) высотой до 36 км. Эти измерения жизненно необходимы для прогнозирования погоды в стране (и, следовательно, для служб оповещения населения об опасных – как для жизни, так и для имущества – метеорологических явлениях). Вспомогательные метеорологические средства и связанные с ними системы слежения позволяют одновременно получать измерения вертикальной структуры температуры, относительной влажности, а также скорости и направления ветра по всей высоте. Изменение этих метеорологических параметров по вертикали предоставляет большую часть информации, необходимой для прогнозирования погоды. Системы MetAids являются единственными системами наблюдения, способными регулярно давать вертикальное разрешение, которое требуется метеорологам по всем четырем параметрам. Установление высот, на которых происходят внезапные изменения параметров, жизненно важно. Таким образом, большое значение имеет тот факт, что надежные измерения производятся в течение всего подъема радиозонда.

Наблюдения MetAids производятся радиозондами, поднимаемыми с помощью воздушных шаров, которые, в свою очередь, запускаются с наземных станций или судов; сбрасываемыми радиозондами, запускаемыми с помощью авиации и спускающимися на парашютах; а также ракетными зондами, поднимаемыми в атмосферу с помощью ракет и спускающимися на парашюте во время сбора данных. Радиозондовые наблюдения регулярно производятся почти всеми странами от двух до четырех раз в день. После этого данные наблюдений немедленно передаются всем остальным странам в течение нескольких часов посредством Глобальной системы телесвязи (ГСТ) ВМО. Системы наблюдения и распространение данных входят в структуру программы Всемирной службы погоды ВМО.

Сеть радиозондов является основным глобальным источником производимых в режиме реального времени измерений in situ. В соответствии с Регламентами ВМО (Руководство по Глобальной системе обработки данных (ГСОД)) радиозондовые измерения должны быть сделаны и разосланы всем центрам ГСОД по всему миру на национальном, региональном и глобаль-



Рисунок 6

Запуск радиозонда

Источник:  
R.P Leck, *Earth Resource Technologies Inc.*

ном уровнях для последующего цифрового прогнозирования погоды. Станции наблюдения должны быть расположены по всему миру на расстоянии не более 250 км в течение первых десяти лет XXI века, и частота наблюдений должна составлять от одного до четырех раз в день. Однако модели цифрового прогнозирования погоды для метеорологических явлений небольшого масштаба (например, гроз, местных ветров, торнадо) и непредвиденных природных явлений в действительности потребуют проведения местных наблюдений в верхних слоях атмосферы каждые 1–3 часа при горизонтальном разрешении от 50 до 100 км. Наблюдения должны проводиться с помощью различных систем наблюдения, выбираемых в зависимости от потребностей национальной администрации, включая измерения MetAids, радары профиля ветра или измерения, производимые с помощью спутников.

Радиозондовые наблюдения важны для поддержания стабильности в Глобальной системе наблюдения (ГСН) ВМО. Измерения, сделанные на расстоянии со спутников, не имеют вертикального разрешения в отличие от измерений, сделанных радиозондами. Для того чтобы успешно выделить вертикальную структуру температуры из данных, полученных со спутника, обычно требуются расчеты, начальными условиями которых служат либо статистические данные радиозонда, либо собственно цифровой прогноз погоды. В последнем случае радиозондовые измерения служат для того, чтобы удостовериться в точности и стабильности во времени вертикальной структуры, полученной в этих прогнозах. Кроме того, радиозондовые измерения используются для проверки спутниковых наблюдений с помощью множества методик. Таким образом, ожидается, что радиозондовые наблюдения останутся абсолютно необходимыми для метеорологической работы в обозримом будущем.

В последние 20 лет произошли серьезные изменения температуры воздуха и озонового слоя по всему миру, самые заметные из них наблюдаются на высоте от 12 до 30 км над уровнем моря. Изменения настолько серьезны, что заставляют задуматься о здоровье человечества в будущем. Стандартные ежедневные радиозондовые наблюдения на высотах до 30 км определяют вертикальное распределение происходящих изменений и, таким образом, позволяют определить причины изменений. Измерения озоновыми зондами на аналогичных высотах определяют вертикальное распределение истощения озонового слоя, которое наблюдается зимой и весной как в северном, так и в южном полушариях. В эти периоды многие страны запускают озоновые зонды минимум три раза в неделю, отслеживая происходящие изменения.

Другие системы MetAids могут использоваться независимо от основной гражданской метеорологической организации национальными научно-исследовательскими институтами и иными пользователями. Отдельными видами являются исследования загрязнения окружающей среды, гидрологические исследования, исследования радиоактивности в свободной атмосфере, значительных погодных явлений (например, зимних бурь, ураганов, гроз и т. д.), а также исследования различных физических и химических свойств атмосферы. Подобного рода использование систем MetAids не уменьшается с течением времени, поскольку с помощью современных средств автоматизации намного проще управлять подвижными системами и системами, находящимися на борту, без привлечения высококвалифицированных операторов и использования большого количества вспомогательного оборудования. Это чрезвычайно важно в случаях, когда места запуска метеорологических организаций находятся на расстоянии менее 150 км от мест запуска других пользователей.

Радиозондовые сети поддерживаются и управляются национальными метеорологическими службами в соответствии с рекомендованными правилами эксплуатации и процедурами, установленными ВМО на международном уровне. Текущее число регулярно предоставляющих сведения станций радиозондирования составляет примерно 900. Около 800 000 радиозондов в год регулярно запускаются в сотрудничестве с сетью ВМО, и, предположительно, еще около 400 000 радиозондов используются в оборонных целях или предназначены для другого специализированного применения.

Сбрасываемый радиозонд представляет собой контейнер, содержащий метеорологические датчики, который поднимается на требуемую высоту с помощью авиации и сбрасывается с парашютом для формирования атмосферного профиля. Хотя они могут использоваться и над поверхностью земли, обычно их запускают над теми областями океана, где работа с радиозондовой установкой невозможна. Сбрасываемые радиозонды широко используются для наблюдений в условиях тропических штормов, ураганов и тайфунов, поскольку авиация может сбрасывать их в ключевых точках на пути следования шторма. Сбрасываемые радиозонды передают данные сенсоров приемнику, находящемуся на борту самолета. Самолет может одновременно принимать данные с нескольких (до восьми) сбрасываемых радиозондов, но для этого требуется использование многоканальной приемной системы.

Радиозонды, сброшенные с самолета, пролетают сквозь атмосферу очень быстро, спускаясь с парашютом. Даже короткие периоды отсутствия данных могут привести к большим потерям данных на значительных участках атмосферы. Несмотря на то что все данные в течение полета очень важны, в некоторых приложениях особое внимание уделяется данным, снятым на последней измерительной точке перед тем, как зонд коснется поверхности. Последняя точка, на которой проводятся измерения, отражает условия на поверхности, необходимые для метеорологических приложений.

Сбрасываемые радиозонды запускаются с различных высот от 3000 до 21 400 м. Слежение за ними производится до тех пор, пока они не коснутся поверхности Земли. Самолет, с которого производится запуск радиозондов, может производить слежение и получать данные от восьми зондов одновременно. Это позволяет самолету пролететь по определенной траектории через шторм, сбрасывая радиозонды и получая данные из ключевых точек внутри него. В сбрасываемых радиозондах используется GPS, и данные с их месторасположения объединяются и передаются вместе с данными об измеренном давлении, температуре и влажности для расчета и прогноза скорости ветра.

Наиболее частое применение сбрасываемые радиозонды находят при проведении наблюдений в условиях тропических штормов, ураганов и тайфунов. Сбрасываемые радиозонды позволяют получать профили атмосферы внутри больших штормов, пока те еще находятся далеко от Земли. Эти данные очень важны для слежения за силой шторма, прогнозирования его будущей силы и пути.

Сбрасываемые радиозонды также повсеместно используются для проведения метеорологических и климатологических исследований как над океанами, так и над сушей. Эти зонды позволяют производить запуски контейнеров, содержащих датчики, с высокой плотностью в районах, где запуски со станций радиозондирования невозможны. Их использование также позволяет производить быструю перестройку сети в ответ на изменения условий, на которые наземные станции радиозондирования быстро отреагировать не могут.

Ракетные радиозонды используются космическими агентствами и другими пользователями, чьи требования к данным не могут быть удовлетворены при помощи радиозондов или сбрасываемых радиозондов. Сбор атмосферных данных системами ракетного радиозондирования, так же как и сбрасываемыми радиозондами, производится по мере их спуска в атмосфере. Вместо того чтобы подниматься в воздух с помощью авиации, как это происходит со сбрасываемыми радиозондами, ракетные зонды быстро поднимаются в атмосферу небольшой ракетой, использующей твердое топливо. Данные же собираются зондом по мере его спуска на землю с помощью парашюта.

Ракетные зонды поднимаются в воздух для проведения атмосферных измерений с помощью ракеты, использующей жидкое топливо. Системы ракетного радиозондирования используются как на малых, так и на больших высотах. Использование ракетных зондов не слишком распространено, но они необходимы в тех случаях, когда только их уникальные возможности сбора данных могут удовлетворить предъявляемые требования к данным.

Версия, используемая для малых высот, используется для быстрой доставки измерительной аппаратуры на высоту, равную примерно 1000 м, для измерения показателей в пограничном слое. В этой системе измерительная аппаратура выбрасывается из тела ракеты в наивысшей точке.

Версия для больших высот используется для подъема измерительной аппаратуры на высоты (более 32 км), которые не могут быть достигнуты радиозондами, поднимаемыми с помощью воздушных шаров. После запуска ракетный двигатель быстро выгорает на небольшой (~2000 м) высоте и отделяется от ракеты, которая доносит полезный груз до апогея (от 73 до 125 км). Там груз выбрасывается из ракеты и спускается в атмосфере с помощью парашюта. В дополнение к передаче метеорологических данных от радиозонда парашют, выполненный из алюминированного майлара, позволяет радару выполнять слежение по отраженному сигналу для измерения параметров ветра. Период времени от начала функционирования в апогее до прекращения передачи данных на высоте 14 км примерно равен 100 минутам. Слежение по отраженному сигналу лучше производится в полосе частот радиоопределения, нежели в полосе частот, распределенной для MetAids.

Обнаружение молний на большом расстоянии с использованием MetAids осуществляется с 1939 года. Первоначально для этого применялись весьма трудоемкие системы измерения направления, с которого осуществлялся прием сигнала, но с 1987 года обнаружение молний осуществляется автоматизированной системой, в которой для определения местоположения разряда молнии используется разность времени между моментами прихода принимаемых сигналов.

Эта система использует сеть "следающих" внешних станций для мониторинга спектрального излучения разрядов молний между облаками и Землей. Пространственные волны, отраженные от ионосферы, распространяются на очень большие расстояния при относительно небольшом ослаблении, а перед ними на более короткие расстояния распространяется наземная

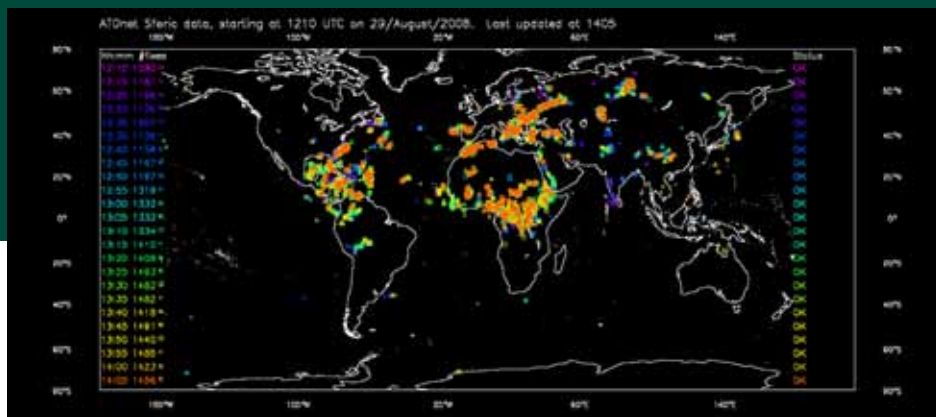


Рисунок 7

Пример результатов обнаружения молний во всем мире в течение двухчасового промежутка времени

Отчет МСЭ-R RS.2184

волна. Таким образом, существует возможность приема излучений, создаваемых разрядом молнии, на расстоянии несколько тысяч километров от местоположения разряда. Распределенная сеть датчиков наземного базирования может локализовать источник разряда молнии за счет разности времени между моментами прихода излучения, создаваемого молнией, к местам расположения отдельных датчиков.

По состоянию на июнь 2010 года указанная сеть состояла из 11 датчиков, распределенных по всей территории Европы, от Исландии до Кипра, которую совместно эксплуатируют Финляндия, Франция, Германия, Исландия, Ирландия, Португалия и Швейцария. Дополнительный датчик был размещен на острове Реюньон (в Индийском океане к востоку от Мадагаскара) для оценки улучшения в определении местоположения в Африке, но данные с этого датчика пока не обрабатываются в рамках всей операционной системы. В ближайшее время новые датчики должны быть установлены в Хорватии, в некоторых местах в Африке, Южной Америке, на Ближнем Востоке и в Западной Азии, а в долгосрочной перспективе должны появиться возможности для расширения системы в целях достижения глобального покрытия.

Типичный результат работы этой системы показан на Рис. 7. Обнаружение местоположения осуществлялось в период времени года, когда в Европе случается мало гроз, в то время как их высокая интенсивность наблюдается в странах Центральной Африки, Карибского бассейна и части Южной Америки.

Данные, обеспечиваемые системой обнаружения молний, используются метеорологическими организациями во всем мире и способствуют обеспечению безопасности человеческой жизни в глобальном сообществе как при прогнозировании для целей общественной безопасности, так и в отношении безопасности при прогнозировании авиационных перевозок, в особенности над океанами и большими районами суши, где отсутствуют национальные системы обнаружения молний. Кроме опасностей, связанных с самими разрядами молнии, грозы могут привести к интенсивным осадкам с последующими наводнениями, сильным обледенением, сдвигом ветра, турбулентностью и порывами ветра.

## Системы подвижной связи

Растет потребность в системах подвижного беспроводного доступа для соединения датчиков и исполнительных механизмов, связанных с людьми или широко рассредоточенными объектами, с базовыми сетями для обеспечения функционирования растущего числа служебных приложений. Системы подвижного беспроводного доступа востребованы различными службами для таких целей, как мониторинг окружающей среды, поиск украденных вещей, контроль потребления газа, воды и электроэнергии для снижения нагрузки на окружающую среду, социальное обеспечение и здравоохранение и т. д.

Система подвижного беспроводного доступа представляет собой крупную сеть сотовой связи общего пользования, способную обеспечить электросвязь с различными объектами, включая межмашинное взаимодействие с широкой зоной покрытия. Крупная система беспроводного доступа с радиусом соты в несколько километров особенно удобна для обслуживания сельских и нежилых районов, а также городских или.

жилых районов благодаря своей простой и экономичной схеме развертывания. Ниже приводятся доступные категории услуг и их примеры:

- дистанционное считывание показаний счетчиков коммунальных услуг, таких как водо-, газо- и электроснабжение: эта услуга также позволяет домовладельцам получать наглядное представление о потреблении энергии в каждом доме для целей экологической оценки (Рис. 8);
- метеорологические наблюдения: измерение температуры и влажности воздуха, измерение количества осадков, уровня воды в реках и морях, измерение концентрации CO<sub>2</sub>;

- наблюдение и охрана окружающей среды: наблюдение за загрязнением окружающей среды, включая загрязнение воздуха, воды и почвы, исследование промышленных отходов, мониторинг в химической промышленности, исследования экосистем;
- меры по предупреждению и предотвращению стихийных бедствий: наблюдение землетрясений (например, сейсмическое зондирование), мониторинг наводнений, наблюдение за селевыми потоками;
- интеллектуальные транспортные системы и системы управления движением: минимизация расстояний перевозок и расхода топлива;
- М-правительство, М-медицина, М-бизнес и М-коммерция – внедрение технологий подвижной связи для поддержки и улучшения функционирования правительства и бизнеса и содействие построению общества с более развитой системой связи. Основной упор делается на потребностях государственного сектора и конечных пользователей – как граждан, так и предприятий, с тем чтобы обеспечить использование технологии для реорганизации трудовой деятельности людей и удовлетворения потребностей граждан путем повышения качества обслуживания и расширения возможностей

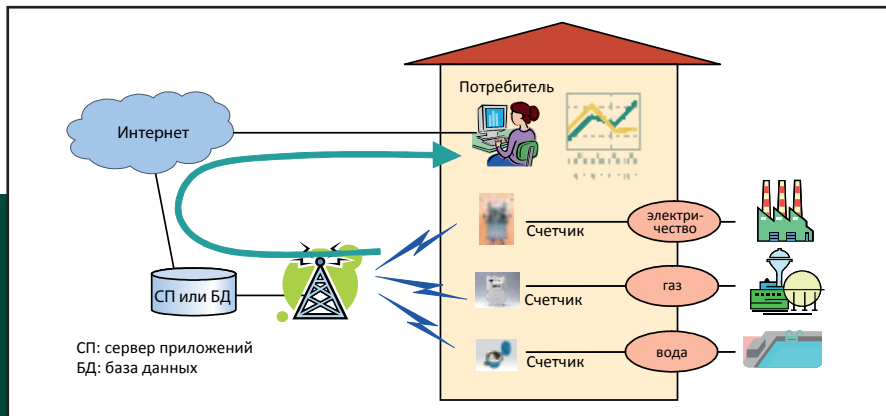


Рисунок 8

Схема бытового энергопотребления в жилом доме



населения в плане подключения к широкому спектру информации и услуг, например правовой информации, услуг здравоохранения, образования, финансов, трудоустройства, транспорта и общественной безопасности. Это способствует экономии и эффективности потребления энергии и природных ресурсов за счет следующих мер:

- содействие в ограничении дублирования усилий и ресурсов путем обмена данными и ресурсами, автоматизации повторяющихся задач и централизации задач и услуг в центральных и/или распределенных процессорах: центрах обработки данных, общих серверах приложений и т. д.;
  - повышение эффективности использования имеющихся и/или общих ресурсов с особым вниманием к машинным и человеческим ресурсам;
  - уменьшение использования бумаги и содействие ее утилизации;
  - сокращение времени ожидания и очередей;
  - ограничение поездок и снижение выбросов парниковых газов;
  - сокращение перемещений между домом и работой и загрязнения;
- системы интеллектуальных зданий: системы управления условиями окружающей среды создаются в виде инструментов, позволяющих осуществлять дистанционное управление жилыми помещениями и объектами, включая здания и строительные площадки. В процессе разработки и эксплуатации системы интеллектуальных зданий (СИЗ) используются системы подвижной связи для управления комфортом, безопасностью и стоимостью. Использование беспроводных систем, а также сетевых устройств и интеллектуальных алгоритмов является технологической основой "умных домов". Она состоит из сочетания сетевых устройств, таких как интеллектуальные термостаты, датчики присутствия, датчики и устройства контроля освещения, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, системы безопасности, противопожарной защиты, датчики вибрации, деформации и влажности, системы управления лифтами и эскалаторами и другие системы здания, которые сообщаются друг с другом в рамках "единой широкополосной инфраструктуры". Эти технологии могут сэкономить

более 30 процентов энергозатрат существующих зданий и более 70 процентов – для новых зданий, позволяя этим новым зданиям становиться нетто-поставщиками электроэнергии в энергосистему. Хорошим примером является дистанционное управление системой кондиционирования воздуха офисных помещений. Это приложение позволяет эксплуатирующим организациям осуществлять сбор информации об окружающей среде, такой как температура и влажность воздуха во всех помещениях офиса или всего здания, а также помогает оптимизировать использование энергии за счет контроля распределенных по ним кондиционеров (Рис. 9).

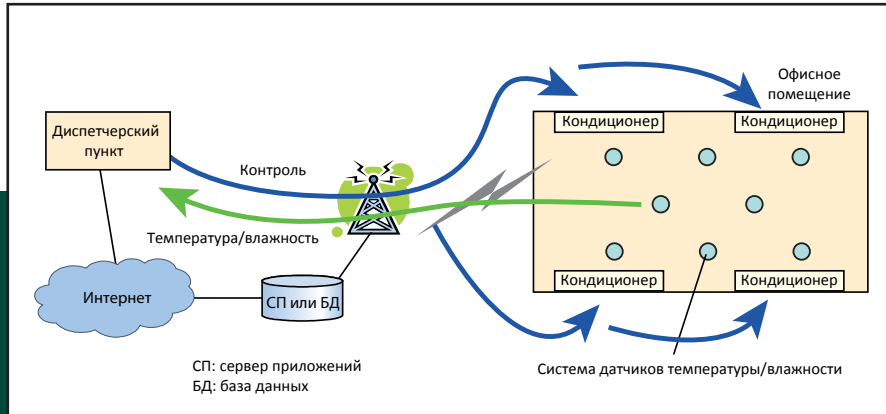


Рисунок 9

Система кондиционирования офиса с дистанционным управлением

## 2. Деятельность исследовательских комиссий МСЭ-R

Исследовательские комиссии МСЭ-R формируются для подготовки проектов рекомендаций МСЭ-R. Рекомендации МСЭ-R разрабатываются экспертами мирового уровня в области радиосвязи из всех стран, вследствие чего такие рекомендации пользуются высокой репутацией и выполняются повсеместно, обладая статусом международных стандартов в своей сфере применения. Исследования концентрируются на следующей тематике:

- эффективное управление и использование ресурсов спектра/орбиты космическими и наземными службами;
- характеристики и показатели деятельности радиосистем;
- эксплуатация радиостанций;
- аспекты применения радиосвязи для подачи сигналов бедствия и в сфере безопасности.

Кроме того, исследовательские комиссии МСЭ-R проводят подготовительные исследования для всемирных и региональных конференций радиосвязи (ВКР, РКР). Исследовательские комиссии выполняют свою работу в сотрудничестве с другими международными организациями радиосвязи. В работе исследовательских комиссий МСЭ-R сегодня принимают участие более 1500 специалистов, представляющих Государства – Члены МСЭ, Членов Секторов и Ассоциированных членов МСЭ по всему миру. В настоящее время существует шесть исследовательских комиссий, специализирующихся в следующих областях:

ИК1 – Управление использованием спектра

ИК5 – Наземные службы

ИК3 – Распространение радиоволн

ИК6 – Радиовещательная служба

ИК4 – Спутниковые службы

ИК7 – Научные услуги

Что касается, в частности, изменения климата, то исследовательские комиссии МСЭ-Р в настоящее время делают особый упор на следующей проблематике:

- управление радиосвязью в целях прогнозирования, обнаружения бедствий, смягчения их последствий и оказания помощи;
- обслуживание систем радиосвязи, задействованных в прогнозировании, обнаружении бедствий, смягчении их последствий и оказании помощи; подробности приведены в Таблице 2;
- обращение с запросами в исследовательские комиссии МСЭ-Р в целях разработки рекомендаций, докладов или справочников по следующей тематике:
  - имеющийся передовой опыт в области сокращения энергопотребления в системах, оборудовании и приложениях ИКТ, используемых службами радиосвязи;
  - использование радиосистем или приложений, способных обеспечить сокращение энергопотребления в секторах, не связанных с радиосвязью;
  - эффективные системы мониторинга окружающей среды, мониторинга и прогнозирования изменений климата, а также обеспечение надежной работы таких систем.



Таблица 2

**Масштаб проводимых в рамках МСЭ-R исследований по тематике изменения климата**

Виды деятельности	Основные задачи	Участвующие службы радиосвязи	Исследовательская комиссия МСЭ-R
Мониторинг окружающей среды	Спутниковые наблюдения атмосферы и поверхности Земли Получение, обработка, анализ и распределение данных со спутников дистанционного зондирования	Спутниковая служба исследования Земли	ИК7
		Метеорологическая спутниковая служба Служба космической эксплуатации	
	Мониторинг радиоизлучения Солнца	Радиоастрономия Служба космических исследований	ИК7
	Наземное наблюдение атмосферных характеристик	Вспомогательная служба метеорологии	ИК7
		Радионавигационная служба Радиолокационная служба	ИК 5
		Подвижная служба	ИК 5
Прочие приложения	Оптимизация строительных работ	Спутниковая служба исследования Земли	ИК 7
	Оптимизация движения транспорта Энергосбережение Решения о насаждениях Планирование оросительных работ	Подвижная служба	ИК 5

М е ж д у н а р о д н ы й   с о ю з   э л е к т р о с в я з и



# Всемирная конференция радиосвязи. 2012 год

Женева, 23 января – 17 февраля 2012 года



[www.itu.int/ITU-R/go/WRC-12](http://www.itu.int/ITU-R/go/WRC-12)



### 3. Результаты последних всемирных конференций радиосвязи

Недавние решения, принятые на всемирных конференциях радиосвязи (ВКР) в 2007 и 2012 годах, укрепили мандат МСЭ в области устойчивого развития, изменения климата и связи в чрезвычайных ситуациях, а также гарантировали наличие спектра и орбитальных позиций спутников для функционирования радиосистем, предназначенных для мониторинга окружающей среды и оценки и прогнозирования изменений климата, а именно:

- Метеорологическая спутниковая служба получает дополнительный спектр  
Метеорологической спутниковой службе был выделен дополнительный спектр. Действующее распределение метеорологической спутниковой службе (MetSat) было расширено в диапазонах 7,85–7,9 ГГц и 18,3–18,4 ГГц. Это позволит будущим системам метеорологических спутников выполнять измерения и наблюдения метеорологических и климатических параметров с гораздо более высоким разрешением, а следовательно, обеспечивать лучшее понимание и прогнозирование погоды и изменений климата.
- Развитие и защита пассивного дистанционного спутникового зондирования  
Конференции обновили правила использования спектра для перспективных прикладных технологий наблюдения Земли с учетом развития пассивных датчиков на борту метеорологических и экологических спутников для мониторинга спектральных линий водных паров и кислорода, необходимых для измерений ледяных облаков и осадков, а также мониторинга бурь и исследований климата. Для активных служб были приняты обязательные и рекомендуемые предельные уровни излучения в целях защиты пассивных служб.
- Получили поддержку океанографические радары  
Были рассмотрены глобальные потребности в спектре для океанографических радаров в целях смягчения последствий стихийных бедствий, включая цунами, чтобы понять изменение климата, а также обеспечить безопасность морского судоходства. С этой целью был дополнительно распределен ряд частот для радиолокационной службы в диапазоне между 4 МГц и 42,5 МГц. Были приняты соответствующие уровни защиты от помех, вызываемых океанографическими радарными. Эти радары работают с использованием наземных волн, которые распространяются над поверхностью моря, для измерения состояния морской воды на поверхности в прибрежных зонах в целях оказания поддержки экологическим, океанографическим, метеорологическим, климатологическим, морским операциям и мероприятиям по

смягчению последствий стихийных бедствий, а также в целях наблюдения за загрязнением прибрежных районов, управления рыбным хозяйством, поиска и спасения, оценки береговой эрозии и помощи морской навигации.

- Расширение спектра для целей активного зондирования  
Было согласовано расширение активного зондирования частот ССИЗ в диапазоне около 9500–9900 МГц, что обеспечивает необходимую смежную частоту 500 МГц для такого оборудования, как радары с синтезированной апертурой (SAR) для картирования топологии поверхности Земли.
- Получило защиту развитие системы обнаружения молний  
ВКР-12 приняла новые нормативно-технические положения по защите автоматизированных систем, которые используются для обнаружения и прогнозирования разрядов молний. Данные, полученные с помощью таких систем, используются метеорологическими организациями по всему миру. В частности, эти данные имеют большую ценность для прогнозирования погоды в интересах авиации, особенно над океанами и обширными территориями суши, где отсутствуют национальные системы обнаружения молний.

Был принят ряд резолюций, отражающих конкретные сферы обеспокоенности Государств-Членов относительно использования радиосвязи для смягчения негативных последствий изменения климата, природных и техногенных катастроф, которые, в частности:

- призывают исследовательские комиссии МСЭ-R ускорить свою работу, особенно в области прогнозирования, обнаружения бедствий, смягчения их последствий и оказания помощи; решения более широкой проблемы защиты населения и оказания помощи при бедствиях, а также рекомендуют администрациям рассмотреть вопрос о выделении полос или диапазонов частот или их частей при разработке своих национальных планов в целях обеспечения наличия согласованных на региональном уровне полос или диапазонов частот для реализации современных технических решений по защите населения и оказания помощи при бедствиях;
- постановавливают продолжать разработку новых технологий, таких как Международная подвижная электросвязь (ИМТ) и интеллектуальные транспортные системы (ИТС), для поддержки и дополнения современных приложений в области защиты населения и оказания помощи при бедствиях;
- подчеркивают важность применения действенных мер для прогнозирования, обнаружения, оповещения и иных действий по смягчению негативных последствий стихийных бедствий посредством скоординированного и эффективного использования радиочастотного спектра. При планировании



спектра для чрезвычайных ситуаций и оказания помощи при бедствиях на национальном уровне следует принимать во внимание необходимость сотрудничества и двусторонних консультаций с другими заинтересованными администрациями. Этому может способствовать гармонизация спектра, а также согласование руководящих принципов управления использованием спектра для планирования помощи при бедствиях и действий в чрезвычайных ситуациях. Определение наличия у отдельных администраций частот, на которых может работать оборудование, способно облегчить взаимодействие и совместную работу. Вполне очевидна важность наличия частот, доступных для использования на самых ранних этапах оказания гуманитарной помощи при стихийных бедствиях;

- постановавливают продолжать оказание помощи Государствам-Членам в их деятельности по обеспечению готовности систем связи к чрезвычайным ситуациям путем ведения базы данных частот, доступных на сегодняшний день для использования в чрезвычайных ситуациях;
- подчеркивают важность сбора и обмена данными наблюдения Земли в целях поддержания и повышения точности прогнозов погоды, которые вносят вклад в защиту жизни и сохранность имущества людей во всем мире.

## Выводы

Влияние деятельности человека на окружающую среду – и в частности на изменение климата – вызывает растущую обеспокоенность за сохранение жизни на Земле. Радиосвязь предоставляет целый ряд возможностей для содействия в осуществлении глобальных исследований, планирования и принятия мер, связанных с окружающей средой. К таким возможностям можно отнести мониторинг и охрану окружающей среды, а также смягчение негативных последствий изменения климата и адаптацию к нему.

Настоящий доклад показывает, что ИКТ способны помочь значительно сократить выбросы парниковых газов (ПГ) при одновременном повышении эффективности энергопотребления и сокращении использования природных ресурсов. Это достигается за счет применения основанных на радиосвязи технологий в целях замены поездок, повторного использования ресурсов и сокращения потребления энергии. В докладе также подробно рассматривается использование ИКТ во многих различных аспектах работы по охране окружающей среды, включая наблюдения, анализ, планирование, управление и защиту, смягчение последствий и наращивание потенциала в природоохранной сфере.



Концептуальная архитектура  
Глобальной системы систем  
наблюдения Земли (GEOSS)



