

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R RS.1859
(01/2010)

Использование дистанционных систем зондирования с целью сбора данных для применения в случае стихийных бедствий и подобных чрезвычайных ситуаций

Серия RS
Системы дистанционного зондирования



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2010 г.

© ITU 2010

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R RS.1859

Использование дистанционных систем зондирования с целью сбора данных для применения в случае стихийных бедствий и подобных чрезвычайных ситуаций

(2010)

Сфера применения

В этой Рекомендации приводятся руководящие указания по использованию данных спутникового дистанционного зондирования в случае стихийных бедствий и подобных чрезвычайных ситуаций, но не содержится информация о распространении этих данных.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

а) что управление операциями в случае бедствий в сфере радиосвязи включает в себя следующие аспекты равной важности:

- 1 ранее оповещение и предупреждение, посредством:
 - прогнозирования бедствий, включая сбор и обработку данных относительно вероятности будущего возникновения бедствия, его местоположения и продолжительности;
 - обнаружение бедствия, включая подробный анализ реальной вероятности и тяжести бедствия;
 - 2 смягчения последствий бедствия, включая быстрое обнародование информации о надвигающемся бедствии и соответствующее оповещение организаций по оказанию помощи при бедствиях;
 - 3 радиосвязь для работ по оказанию помощи при бедствиях, включая предоставление *на месте происшествия* систем наземной и спутниковой связи для помощи в спасении и сохранности жизни и собственности в затронутых областях;
- б) что особенностью стихийных бедствий является невозможность предсказать место их возникновения, а это обуславливает потребность оперативного глобального наблюдения за Землей, которое может быть обеспечено только инструментами дистанционного зондирования, находящимися на борту спутника;
- с) что такие дистанционные датчики спутникового базирования сегодня существуют и эксплуатируются в полосах частот, распределенных спутниковой службе исследования Земли (ССИЗ);
- д) что существуют организации, которые имеют своей целью упрощение обработки и доставки данных о бедствиях от поставщика или оператора спутниковой связи своим пользователям – организациям по оказанию помощи при бедствиях,

признавая,

- а) что Резолюция 647 (ВКР-07) "Руководящие указания по управлению использованием спектра для радиосвязи в чрезвычайных ситуациях и для оказания помощи при бедствиях" косвенно признает роль дистанционного зондирования;
- б) что Резолюция МСЭ-R 55 "Исследования МСЭ-R в области прогнозирования, обнаружения, смягчения последствий бедствий и оказания помощи при бедствиях", Резолюция 644 (ВКР-07) "Использование ресурсов радиосвязи для раннего предупреждения, смягчения последствий бедствий и для операций по оказанию помощи при бедствиях" и Резолюция 673 (ВКР-07) "Использование радиосвязи для применений наблюдения Земли" – все они признают важность аспектов радиосвязи/ИКТ, пригодных для предупреждения, прогнозирования, обнаружения бедствий, оповещения о бедствиях, смягчения последствий бедствий и проведения операций по оказанию помощи, и указывают важную роль 7-й Исследовательской комиссии по радиосвязи и дистанционного зондирования в управлении работами в случае бедствий;

с) что, кроме того, Резолюция МСЭ-R 53 "Использование радиосвязи в целях реагирования и оказания помощи при бедствиях", решает, чтобы "заинтересованные исследовательские комиссии МСЭ-R провели исследования и разработали руководящие указания, относящиеся к управлению радиосвязью при прогнозировании, обнаружении, смягчении последствий бедствий и оказании помощи при бедствиях",

отмечая,

а) что Отчет МСЭ-D по Вопросу 22/2 "Использование ИКТ для управления операциями в случае бедствий, ресурсами, а также активными и пассивными системами зондирования космического базирования применительно к оказанию помощи при бедствиях и в чрезвычайных ситуациях" является руководящим документом, предназначенным для упрощения внедрения стандарта Протокола общего оповещения (САР) для оповещения населения и предупреждения об опасности во время стихийных бедствий и в чрезвычайных ситуациях,

рекомендует,

1 что следует поощрять Государства – Члены МСЭ к поддержке применения дистанционных датчиков, находящихся на борту спутника, предоставляющих полезные данные в случае стихийных бедствий и подобных чрезвычайных ситуаций, таких, которые описаны в Приложении 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Эта Рекомендация должна быть дополнена новой Рекомендацией по применению собранных данных.

Приложение 1

Использование данных дистанционного зондирования от датчиков, находящихся на борту спутника, для проведения операций по оказанию помощи в случае стихийных бедствий и подобных чрезвычайных ситуаций

1 Введение

Вспомогательная служба метеорологии, метеорологическая спутниковая служба и спутниковая служба исследования Земли играют важную роль в таких видах деятельности, как:

- определение областей, находящихся в зоне риска;
- прогнозирование погоды и предсказание изменений климата;
- обнаружение и отслеживание землетрясений, цунами, ураганов, лесных пожаров, разливов нефти и т. д.;
- предоставление информации предупреждения/оповещения о таких бедствиях;
- оценка разрушений, вызванных такими бедствиями;
- предоставление информации для планирования операций по оказанию помощи; и
- контроль восстановительных работ после бедствий.

Эти службы предоставляют полезные, если не важнейшие, данные для обеспечения точности прогнозов погоды, мониторинга и предсказания изменений климата и информацию о природных ресурсах. Частоты, используемые этими службами, и соответствующие применения приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

**Полосы частот, используемые для дистанционного зондирования
с целью прогнозирования и обнаружения бедствий**

Полоса (ГГц)	Бедствие распред.	Береговые бедствия и цунами	Засуха	Земле- трясение	Тяжелые погодные условия	Наводнения	Оползни	Загрязнение (океана)	Лед на море или озере	Вулканы	Лесные пожары
0,43	A	X	X	X		X	X			X	X
1,25	A	X	X	X		X	X	X	X	X	
1,42	P		X			X	X				X
1,67	P										
2,65	p		X			X	X				X
3,20	a										
4,30	p										
4,90	p		X								
5,30	A	X	X	X		X	X	X	X	X	X
6,70	p		X								
7,15	p		X						X		
8,60	A		X	X	X	X	X		X		X
9,60	A		X	X	X	X	X		X		X
10,65	P	X	X		X	X	X		X		
13,50	A		X		X	X	X		X		X
15,30	p										
15,40	P	X			X	X	X				
17,25	A		X		X						X
18,70	P	X	X		X	X	X				
21,30	P	X	X		X	X	X		X		
22,30	P	X	X		X	X	X				
23,80	P	X	X		X	X	X				
24,10	A		X		X	X	X				
31,50	P	X	X		X	X	X		X		
35,55	A		X		X	X	X				
36,50	P	X	X		X	X	X		X		
50,30	P	X	X		X	X	X				
55,00	P	X	X		X	X	X				
64,50	P										
78,50	A				X						
89,00	P					X	X		X		
94,00	A				X						
101,0	P		X		X						
110,0	P										
118,0	P	X	X		X	X	X				
150,5	P	X	X		X	X	X				
157,0	P										
166,0	P	X	X		X	X	X				
175,5	P	X	X		X	X	X				
183,0	P	X	X		X	X	X				
201,0	P	X	X		X	X	X				
224,0	P										
236,0	P										
251,0	P										

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – А и Р означают активное и пассивное дистанционное зондирование в этих полосах частот.

Измерения или наблюдения на земной поверхности, в данном месте (*непосредственно*), в данное время, обычно более точные и более верные, чем аналогичные наблюдения, сделанные из космоса. Эти виды наблюдений называются "земная истина" и используются для калибровки инструментов космического базирования. Однако, когда инструментов для измерений *непосредственно на месте* или поддерживающей инфраструктуры, необходимой для использования таких инструментов, нет, или они выведены из строя бедствием, или наземные измерения недостаточно точны, наблюдения космического базирования могут предоставить нужную информацию, полезную для работ по смягчению последствий бедствий. Наблюдения космического базирования особенно полезны, когда области пустынные, плотности населения малы, и техническая инфраструктура уязвима или слаборазвита.

Далее приводятся описания того, насколько данные, полученные со спутников, могут быть полезны для смягчения последствий стихийных бедствий и техногенных катастроф. Эти описания достоверны; некоторые демонстрировались, а другие работают в настоящее время. Этот список не является исчерпывающим.

2 Прибрежные стихийные бедствия/цунами

Датчики космического базирования могут помочь определить области, попадающие в зону риска, за счет использования цифровых моделей рельефа (DEM), созданных радаром с синтезированной апертурой (SAR), для определения низкоуровневых областей, подверженных затоплению, или за счет использования полученной от SAR карты измерения глубин для определения структуры океанского дна, которая может усугубить надвигающееся цунами или штормовой нагон.

Сложные погодные условия, такие как тропические циклоны и тайфуны, которые создают штормовые нагоны, можно отследить при помощи метеорологических спутников. Такое слежение может использоваться для предупреждения уязвимых областей о возможной опасности.

Степень повреждений можно определить с использованием видимых/инфракрасных изображений среднего и высокого разрешения, полученных от инструментов, находящихся на борту спутника. Изображения с SAR с меньшим разрешением, на которые не влияет слой облаков, также можно использовать для демонстрации затронутых областей. Способность радаров SAR проникать сквозь облака и обеспечивать работу в любых погодных условиях особенно полезна в таких облачных районах, как центральная Африка, Амазония и островные регионы, например Индонезия.

Сразу после землетрясения с силой толчков 9,0 баллов вблизи побережья Суматры, огромная волна цунами и сотрясения обрушились на Индонезию и южный Таиланд 26 декабря 2004 года, которые унесли жизни более 104 000 человек в Индонезии и более 5000 в Таиланде. Оптические изображения провинции Ачех в Индонезии среднего и высокого разрешения, сделанные низкоорбитальными спутниками до и после цунами 26 декабря 2004 года, показаны на рисунке 1. Изображения такого типа предоставили властям информацию для оценки повреждений.

РИСУНОК 1

Ущерб, нанесенный цунами в провинции Ачех в Индонезии

Оценка ущерба, нанесенного цунами в провинции Ачех

Изображения, полученные со спутников
LandSat и QuickBird

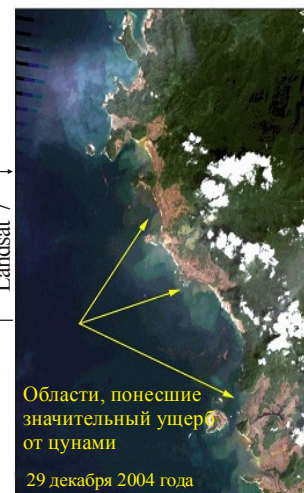
Вверху: 2 изображения со спутника Landsat 7. Провинция Ачех, север Суматры.

3 января 2005 года: Дэвид Скойл (David Skole) и Информационный центр влажных тропических лесов Мичиганского государственного университета (MSU) использовали данные, полученные от спутника Landsat 7, для содействия правительству Индонезии в проведении работ по оказанию помощи в провинции Ачех, Суматра. Используя данные спутника Landsat 7, полученные через три дня после бедствия, команда MSU создала региональные карты последствий бедствия, которые были использованы правительством индонезии для руководства действиями по оказанию помощи. Эта работа стала возможной благодаря широкому региональному покрытию и высокому пространственному разрешению датчика ETM+.



Landsat 7 – ширина развертки 183 км, пространственное разрешение 30 м, разрешение в полосе 15 м.

QuickBird – ширина развертки 16,5 км, пространственное разрешение 2,44 м, разрешение в полосе 61 см.



1859-01

Источник: Спутники Landsat и QuickBird, из Геологического обзора США:
<http://www.usgs.gov/>.

Эти два комплекта изображений показывают ценность наличия двух разных инструментов. Изображение со спутника Landsat охватывает большую область, тогда как изображение со спутника QuickBird показывает более подробно меньшую область.

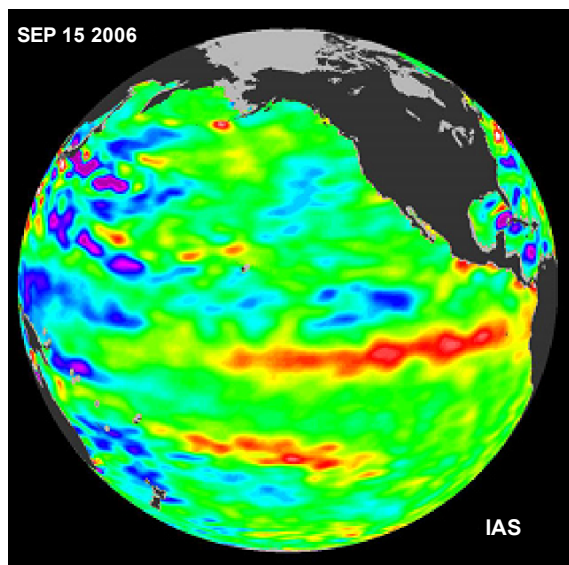
3 Засуха

Начало и динамику засухи можно наблюдать из космоса, отмечая влажность почвы, уровень дождей и степень повреждения растительности в затронутых областях. Долгосрочное прогнозирование региональных условий засухи может быть сделан путем отслеживания температур Тихого океана, которые указывают на появление явления Эль-Ниньо, или противоположного ему явления Ла-Нинья.

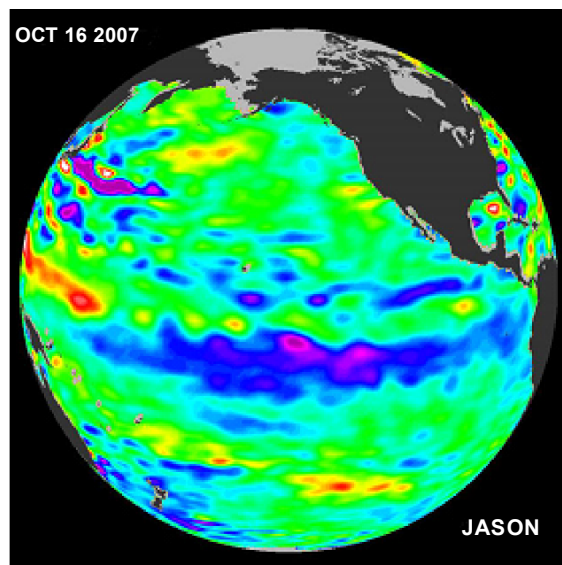
Когда происходит явление Эль-Ниньо, экваториальный восточный Тихий океан становится теплее, и уровень океана повышается из-за теплового расширения. При таких условиях в Австралии и Индонезии часто возникают засухи, а пассаты становятся слабее. И, наоборот, когда происходит явление Ла-Нинья, экваториальный восточный Тихий океан становится холоднее, и его уровень понижается из-за температурного сжатия. Западные побережья Америки испытывают засушливые условия, а пассаты усиливаются. Отслеживание состояния Тихого океана со спутников позволит предупредить о надвигающемся явлении за несколько месяцев до его возникновения (см. рисунок 2).

РИСУНОК 2

Явления Эль-Ниньо и Ла-Нинья в Тихом океане



Эль-Ниньо
Тихий океан теплый, уровень выше (красный цвет)



Ла-Нинья
Тихий океан холоднее, уровень ниже (синий цвет)

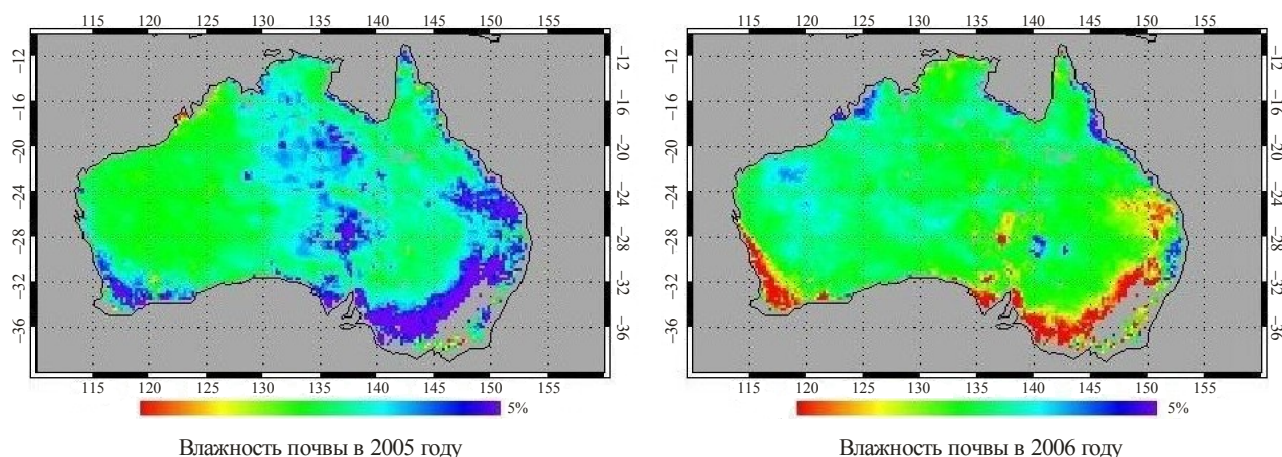
1859-02

Источник: JASON-1 по данным НАСА/JPL:
http://topex-www.jpl.nasa.gov/el_nino/index.html.

На рисунке 3 показано ежегодное изменение распределения влажности почвы в Австралии с октября 2005 года по октябрь 2006 года. Эти данные были получены по каналам радиометра AMSR-E, установленного на спутнике Aqua. Красным показаны малые значения влажности почвы, синим показаны более высокие значения влажности почвы. Указанные проценты (единица измерения влажности почвы) означают разницу по сравнению со средним значением влажности за два года (2005–2006 гг.). В 2006 году засуха случилась на юго-востоке Австралии (область Гранари). Это состояние соответствует наблюдениям за Эль-Ниньо, показанным на рисунке 2.

РИСУНОК 3

Измерения радиометра AMSR-E засухи в Австралии в октябре 2005 года и октябре 2006 года



1859-03

Источник: Радиометр AMSR-E на спутнике AQUA.

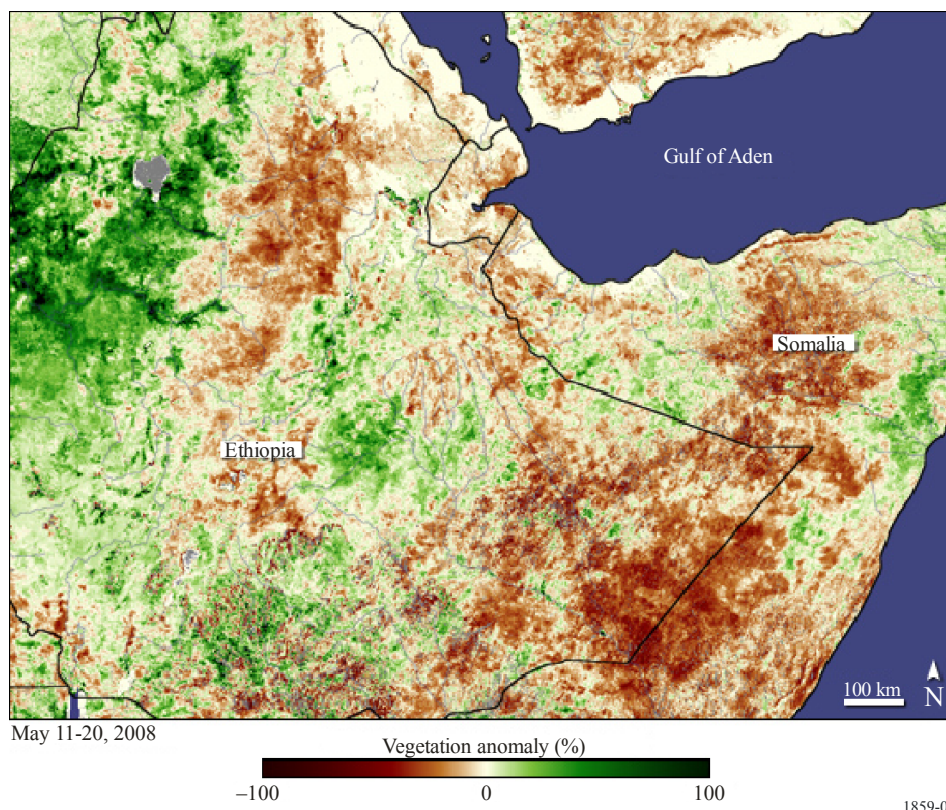
К концу мая 2008 года по сообщению Детского фонда ООН (ЮНИСЕФ), в восточной части Эфиопии миллионы людей голодали из-за неурожая и резкого роста цен на продовольствие. Два последовательных сезона с недостаточными дождями принесли засуху в восточную часть Эфиопии, их влияние на растительность показано на рисунке 4. Полученное из данных, собранных спутником наблюдения за растительностью SPOT с 11 по 20 мая 2008 года, изображение растительной аномалии позволяет сравнить относительно здоровое состояние растений со средними условиями. Области, в которых растения меньше, менее развиты или растут медленнее, чем в среднем, показаны коричневым цветом, а области, в которых состояние растений лучше среднего, изображены зеленым.

Эфиопия демонстрирует контрасты. В то время как восточная половина страны изнывает от засухи, урожай в ее западной части получает обильные дожди и расцветает. По сообщению Сети системы раннего предупреждения о голоде, засуха ограничивает и производство продуктов питания, и сокращает возможность получения денег от продажи продуктов, например, кофе. По оценкам ЮНИСЕФ, в июне, июле и августе 3,4 миллион человек потребует продовольственной помощи, так как урожаев по-прежнему не будет.

РИСУНОК 4

Состояние растительности во время засухи в Эфиопии 2008 года

Коричневым цветом показана пораженная растительность; зеленый обозначает здоровую растительность



Источник: SPOT по данным НАСА:

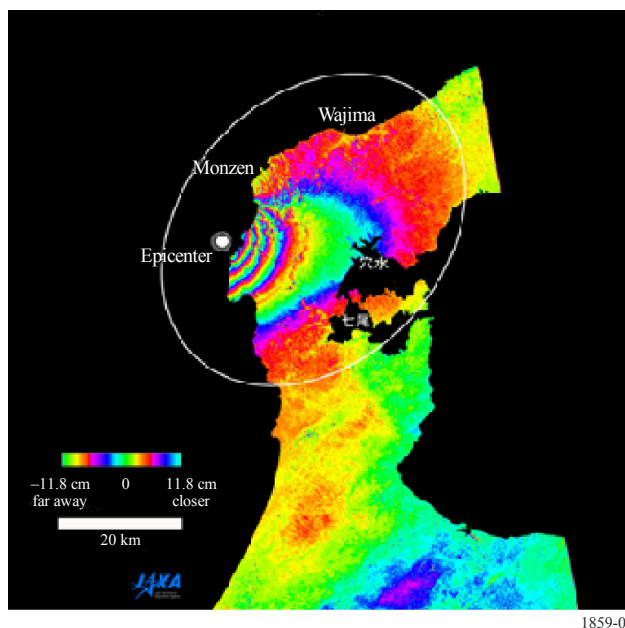
<http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=19764&oldid=14871>.

4 Землетрясение

Чем быстрее будет сделана оценка ущерба, нанесенного крупным землетрясением, тем быстрее смогут быть мобилизованы необходимые спасательные средства. Разрабатываются системы помощи в принятии решений по оценке ущерба, которые основаны на плотности населения, типах конструкций зданий в затронутой области, а также местоположении и силе землетрясения. Сейсмографы, радары SAR для интерферометрических измерений (InSAR) и измерения непосредственно на местах с использованием Глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) предоставляют средства для определения местоположения и силы толчков, которые используются при оценке ущерба.

РИСУНОК 5

Измерения PALSAR земной поверхности до и после землетрясения
на мысе Нотто в Японии 25 марта 2007 года



Источник: PALSAR по данным JAXA:

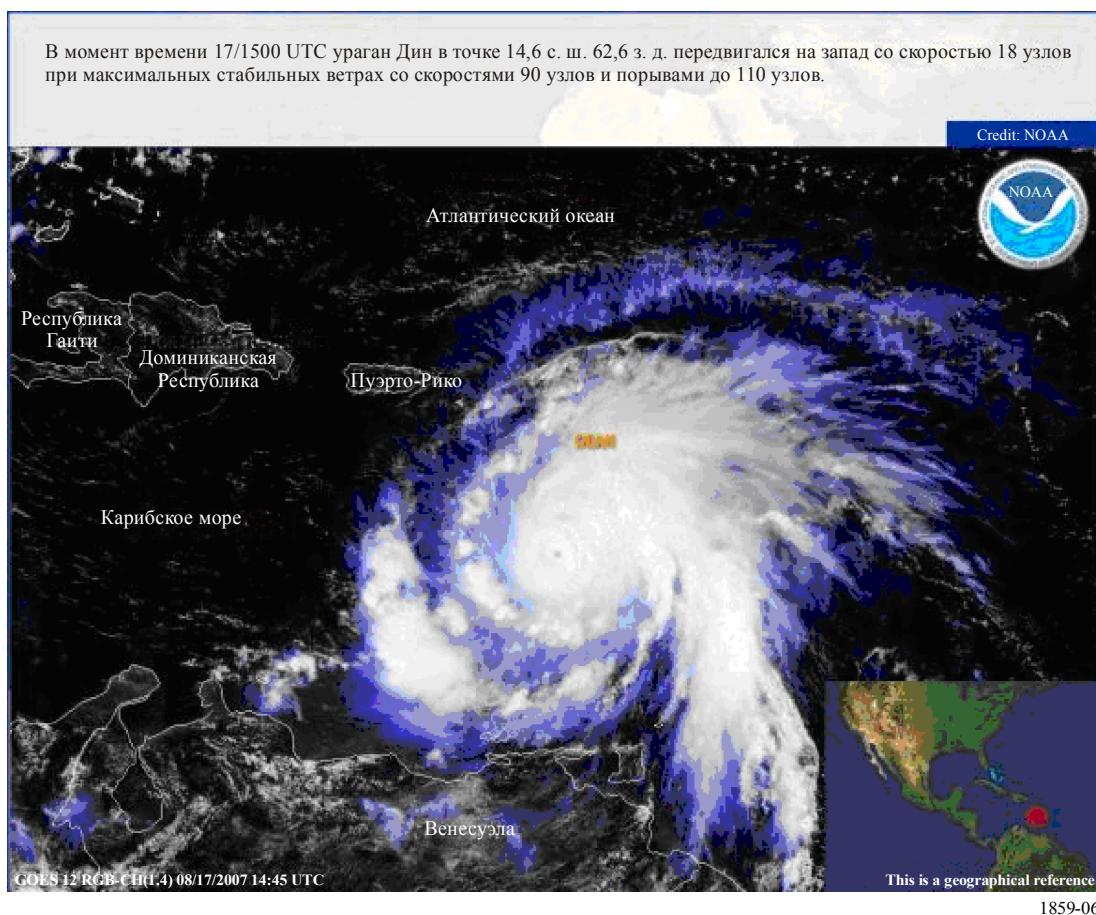
http://www.jaxa.jp/press/2007/04/20070412_daichi_e.html.

Обычно движения земной поверхности, связанные с землетрясениями, слишком малы, чтобы проявиться на спутниковых видимых или инфракрасных изображениях. Однако видимые изображения могут быть очень полезны для оценки ущерба, нанесенного землетрясением, и для руководства спасательными мероприятиями.

5 Суровые погодные условия

В настоящее время используемые метеорологические или погодные спутники, имеющие разные названия спутники наблюдения за окружающей средой на геостационарной или полярных орбитах, метеорологическая спутниковая служба (MetSat) и т. д., охватывают почти всю планету. Геостационарные спутники движутся по орбите почти с той же скоростью, что и Земля, и кажутся фиксированной точкой в небе на высоте примерно 35 800 км. Такие спутники обеспечивают наивысшее разрешение по времени, их снимки появляются каждые 15–30 минут (см. рисунок 6) и обеспечивают наблюдение структуры облаков, силу и общее движение штормовых ветров. Можно видеть, где вероятно возникнут повреждения и спрогнозировать, куда будет двигаться шторм. Спутники на полярных орбитах, как правило, пролетают над одной и той же областью Земли два раза в сутки и выполняют более подробные, но менее частые наблюдения. Многие нужные данные можно получить через интернет. В тех случаях, когда требуется сиюминутная информация о местной погоде, можно приобрести относительно недорогие земные станции, установить их и использовать для сбора в реальном времени данных с пролетающих спутников.

РИСУНОК 6

Ураган Дин, наблюдаемый GOES с геосинхронной высоты

Источник: Снимок со спутника GOES по данным NOAA:

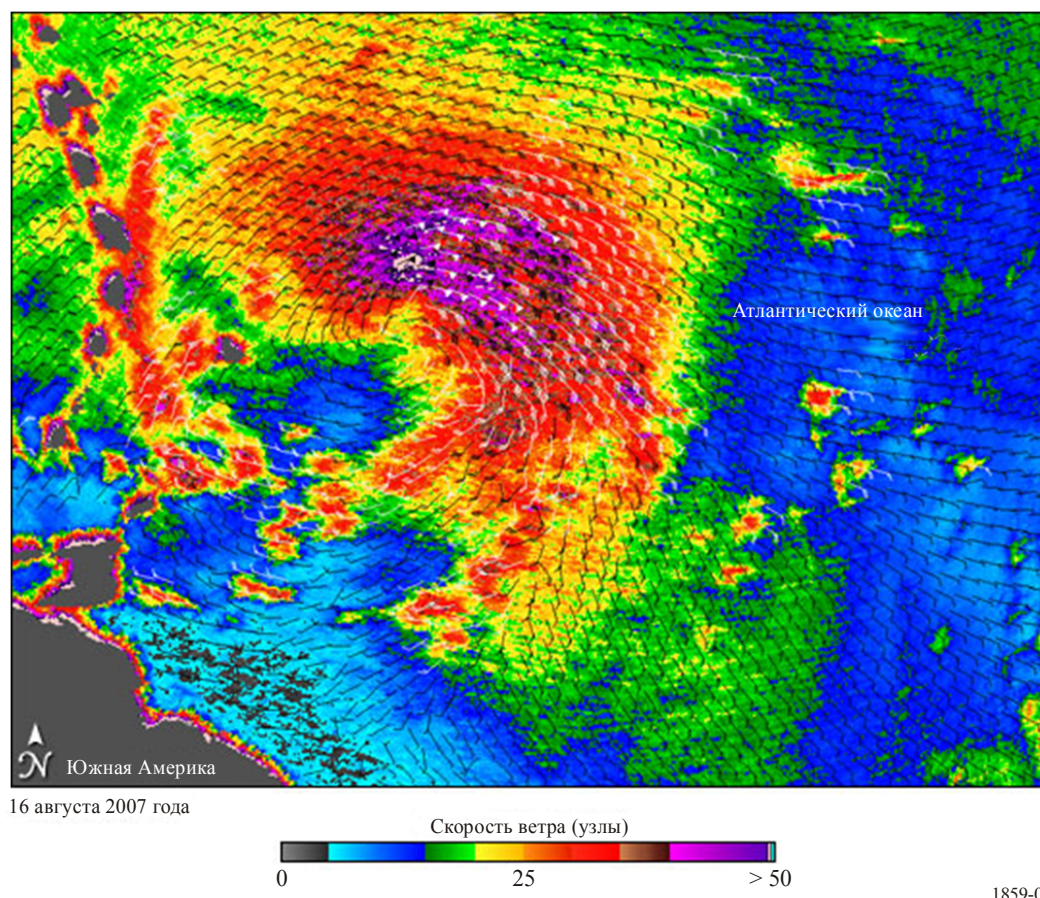
<http://www.nnvl.noaa.gov/cgi-bin/index.cgi?page=products&category=Year%202007%20Storm%20Events&event=Hurricane%20Dean>.

Более подробные погодные условия можно наблюдать с использованием методов радиолокационного рефлектметра. На рисунке 7 показаны данные наблюдений QuikScat за ураганом Дин, позволяющие определить скорость ветра у поверхности моря и его направление. QuikScat – это низкоорбитальный космический аппарат, он не способен обеспечить непрерывный охват, обеспечиваемый наблюдениями спутника GOES.

Такая комбинация данных от одних и других спутников помогает обеспечить лучшее понимание природы каждого урагана и спрогнозировать, где, когда и какой силы ураган можно ожидать в ближайшем будущем.

РИСУНОК 7

Наблюдение урагана Дин со спутника QuikScat



Источник: Рефлектометр на спутнике QuikScat:

<http://www.nasaimages.org/luna/servlet/detail/nasaNAS~10~10~74747~180271:Hurricane-Dean>.

Современные центры прогнозирования погоды предоставляют прогнозы более высокого качества, чем те, что были доступны в прошлом, и являются еще одним источником чрезвычайно полезных данных. Неполный список таких центров включает в себя:

- 1 Европейский центр среднесрочного прогнозирования погоды: <http://www.ecmwf.int/>.
- 2 Итальянская метеослужба: <http://www.meteoam.it/>.
- 3 Национальный центр экологических прогнозов: <http://www.ncep.noaa.gov/>.

Всемирная метеорологическая организация (ВМО, сайт: <http://www.wmo.int/>) координирует по всему миру распространение, форматы и организацию таких данных.

<http://www.ncep.noaa.gov/>

6 Наводнения

Задолго до возникновения наводнения, с помощью собранных со спутников данных DEM можно определить зоны, подверженные затоплению (области, попадающие в зону риска). Эти данные DEM позволяют отобразить на карте топологические характеристики удаленных низколежащих областей. Карты землепользования помогают количественно оценить риски, указывая населенные области. Теперь внимание может быть сконцентрировано на определении инфраструктуры: дорог, мостов, коммуникаций и т. д., необходимых для оказания помощи в случае наводнения (см. рисунок 8) и на планировании соответствующих стратегий эвакуации.

РИСУНОК 8

Изображение со спутника Landsat, примерно 2000 года, наложенное на данные SRTM DEM города Вужоу в провинции Гуанси, Китай (населенные области показаны красно-фиолетовым цветом)



1859-08

Источники: Данные со спутника Landsat-7 на сайте: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>.
Данные со спутника SRTM на сайте: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>.

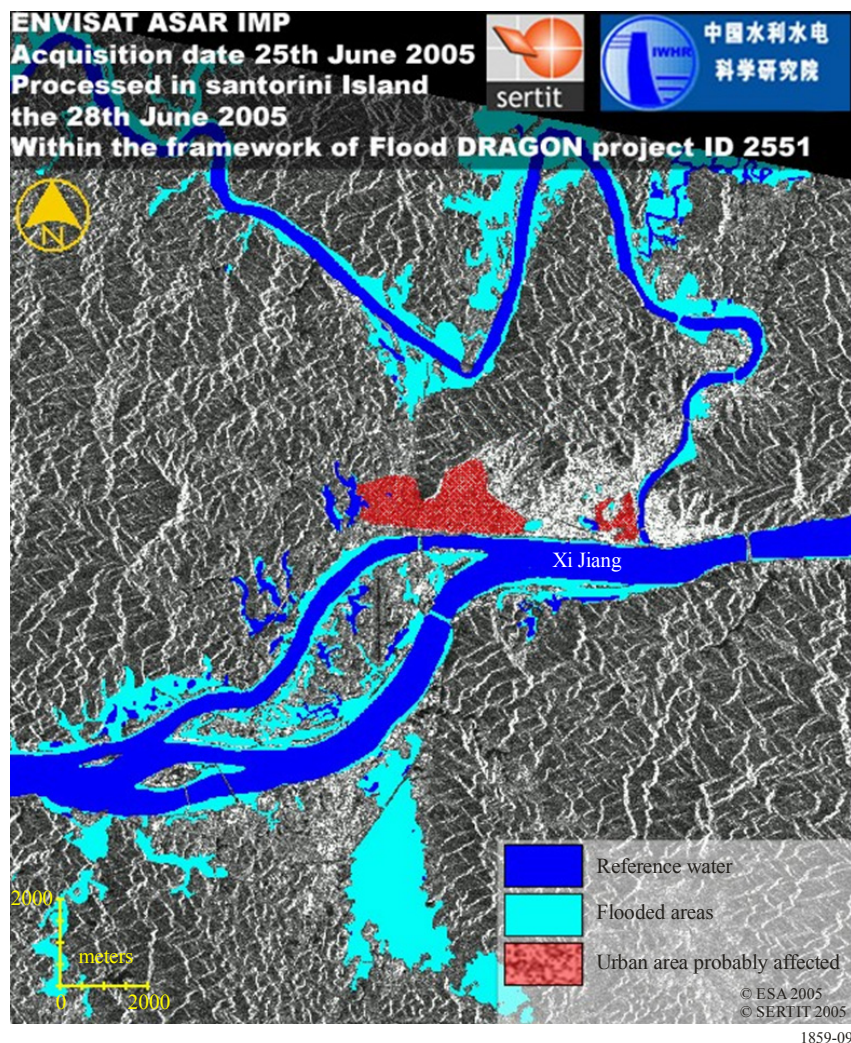
Наблюдения и прогнозирование погоды может предоставить предупреждения о том, что наводнения возможны или надвигаются. Дополнительными сведениями являются уровень осадков в регионе, водный эквивалент снегопадов и влажность почвы, которые вместе показывают, способна ли почва еще впитывать воду или она уже насыщена.

Во время наводнения изображения с мультиспектральных или панорамных устройств формирования изображений и радаров с синтезированной апертурой могут помочь в ориентировании спасателей на конкретные пострадавшие районы и в оценке общих повреждений. Способность радаров SAR проникать сквозь облака и обеспечивать возможность работы в любых погодных условиях особенно полезны во время штормов, создающих наводнения. Пример способности радаров SAR определять затопленные области показан на рисунке 9.

РИСУНОК 9

Разлив реки Ши, затронувший город Вужоу провинции Гуанси

Опорные данные со спутника Landsat; данные о наводнении со спутников ASAR и Envisat



Источник: ASAR на спутнике ENVISAT:

http://www.esa.int/esaEO/SEM8MD808BE_index_1.html#subhead1.

7 Оползни/оседание пород/лавины

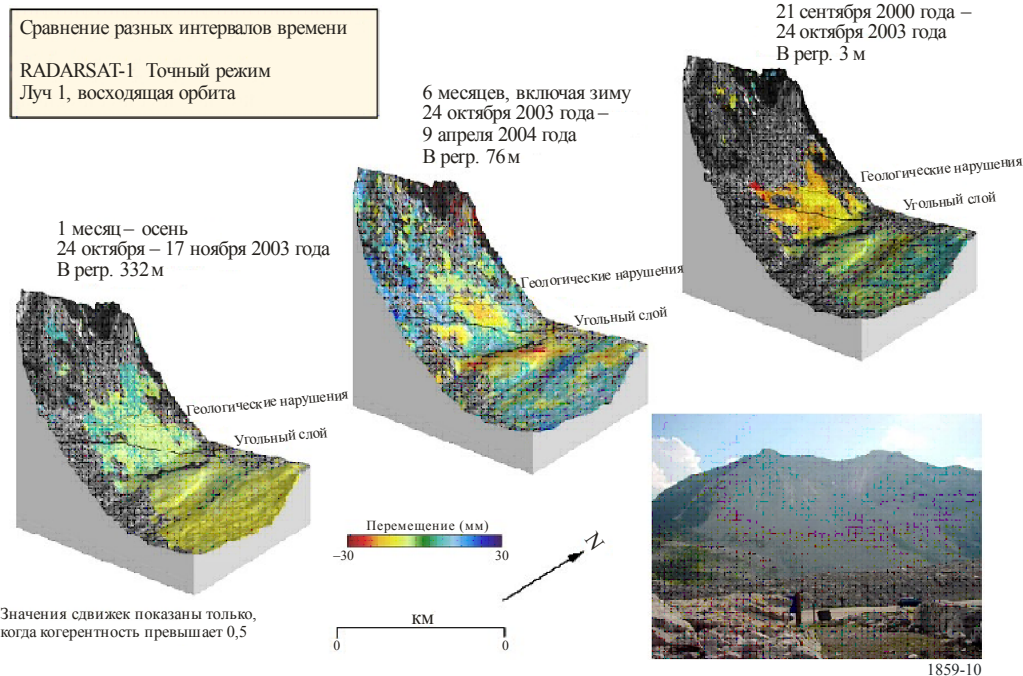
Области, уязвимые для оползней можно определить, используя данные DEM измерений радаров SAR. В этом случае используются данные о склонах, а не о высоте рельефа. Когда имеется подозрение на незначительное движение почвы, более точные данные измерений можно получить от измерений InSAR и от блоков изменений GNSS *непосредственно на местах*.

То, что осталось от горы Turtle Mountain в Канаде после крупнейшего в истории Северной Америки оползня, все еще представляет опасность. Это движение почвы, показанное на рисунке 10, контролируется канадским спутником RADARSAT-1 с использованием метода InSAR.

РИСУНОК 10

InSAR спутника RADARSAT отслеживает перемещение почвы между 2000 и 2004 годами

Явный оползень,
Альберта – трансканадская скоростная магистраль
Наблюдение стабильности склона с интерферометра SAR



Источник: RADARSAT по данным CSA:

<http://www.isprs.org/publications/related/ISRSE/html/papers/759.pdf>.

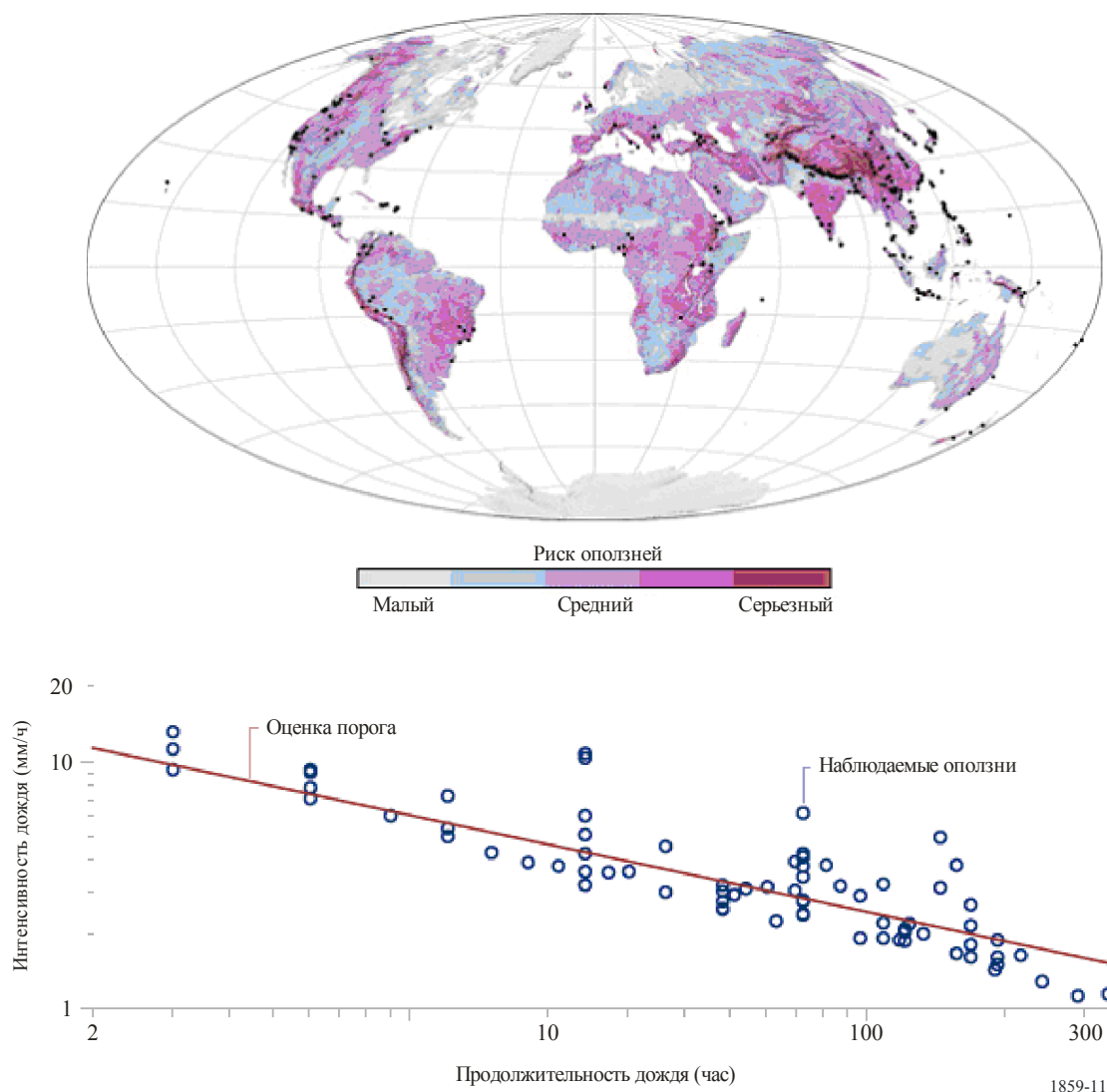
Изменения в земной поверхности или землепользовании могут повысить риск оползней. Например, области со значительными вырубками лесов (обезлесенные) намного больше подвержены оползням, чем области с установившейся экосистемой, которая стабилизирует почву. Карты землепользования помогают получить количественную оценку риска за счет определения населенных областей, которые могут быть уязвимыми. Земную поверхность/землепользование можно наблюдать из космоса и обнаруженные изменения помогают контролировать риски.

Когда во время сильных дождей почва на крутых склонах насыщается влагой, она приобретает способность создания оползней. Следовательно, прогнозы ливневых дождей вместе со сведениями о влажности почвы до их начала могут служить предупреждением о возможности возникновения оползней.

Данные со спутников могут использоваться для создания карт, на которых показан риск оползней (см. рисунок 11). Данные, приведенные на рисунке 11, были получены на основании топографической съемки с SRTM, данных о земной поверхности/землепользовании, со спутника MODIS, и данных о дождях со спутника TRMM.

РИСУНОК 11

Карта рисков оползней, полученная при помощи спутников.
Черные точки показывают оползни, произошедшие с 2003 по 2006 годы



Источник: SRTM, MODIS и TRMM по данным НАСА:
<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/LandslideWarning/>.

После того как оползень произошёл, изображения InSAR могут предоставить точное отражение движения (оседания) земной поверхности путем сравнения снимков SAR голой земли до и после оползня. Другие изображения могут показывать области, затронутые воздействием на растительность и другие поверхностные объекты.

Землетрясение силой 7,6 баллов, которое потрясло Пакистан 8 октября 2005 года, вызвало наибольшие разрушения в районе, окружающем город Музафарабад, расположенный примерно в 10 километрах к юго-западу от эпицентра землетрясения. Толчок разрушил здания и вызвал оползни в Кашмире. Спутник Ikonos получил изображение оползня (рисунок 12, справа) в Макхри – деревне в северном пригороде части Музафарабада 9 октября 2005 года. Восточный склон горы разрушен, лавина бело-серых камней упала в реку Нилум.

РИСУНОК 12

Спутниковое изображение, на котором видны результаты оползня на реке 8 октября 2005 года после землетрясения в Пакистане



15 сентября 2002 года



9 октября 2005 года

1859-12

Источник: IKONOS по данным НАСА:

<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=5952>.

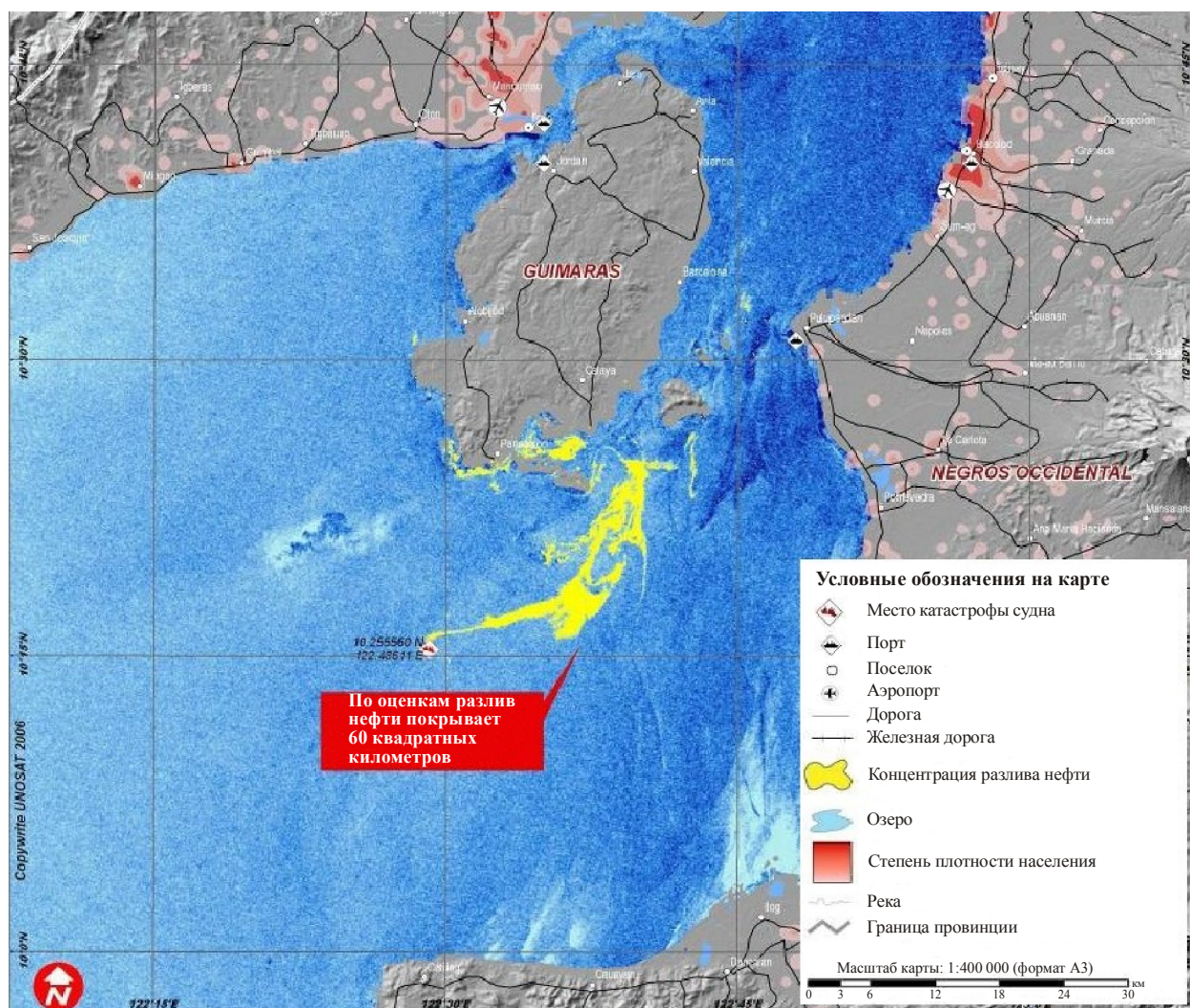
8 Загрязнение океана

Разливы нефти в океане можно обнаружить на изображениях SAR. В оперативном отношении обнаружение разливов нефти в океане рассматривается как предварительное наблюдение, и требует неопременного подтверждения измерениями морского базирования *непосредственно на месте*. Этот метод позволяет контролировать большие области без значительных затрат. После того как разлив нефти подтвержден *непосредственно на месте*, затронутая область может контролироваться и отслеживаться со спутника.

11 августа 2006 года у берегов острова Гимарас на Филиппинах затонул нефтеналивной танкер Солар. К 24 августа 2006 года в море утекло 50 000 галлонов нефти, загрязнив более 300 км побережья, создавая угрозу для рыболовства, а также для других Филиппинских островов. Для получения изображений, показанных на рисунке 13, использовался Радар SAR на спутнике ENVISAT. На снимках видно точное место и степень распространения нефтяной пленки на 24 августа 2006 года.

РИСУНОК 13

Разлив нефти около острова Гимарас, Филиппины: Изображение получено радаром с синтезированной апертурой



1859-13

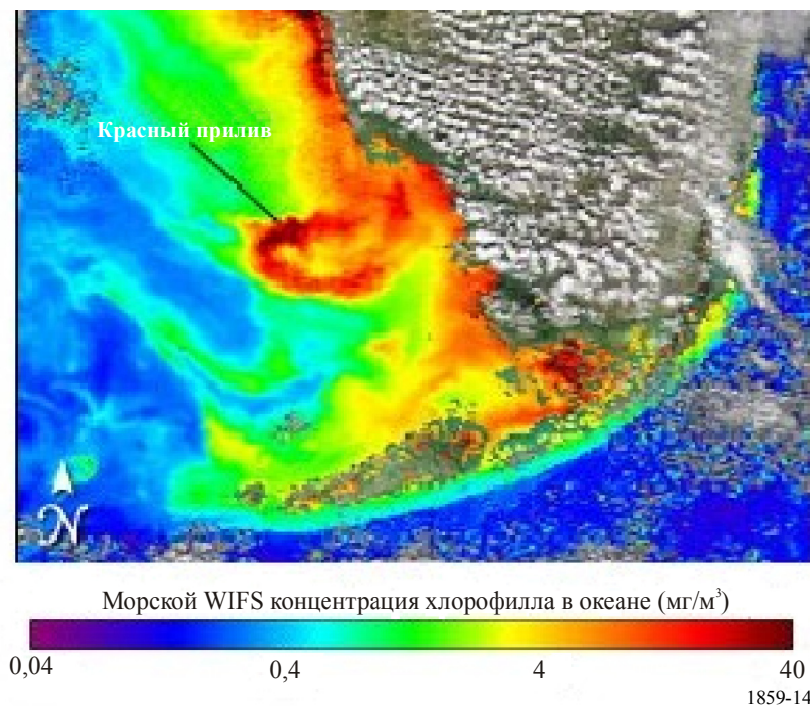
Источник: ASAR на спутнике ENVISAT по данным UNOSAT:

http://www.unosat.org/freeproducts/philippines/UNOSAT_philippines_oilspill_24aug06_v1.1_highres.jpeg.

Естественное загрязнение океана в виде "красного прилива" – общее название для цветения водорослей, связанного с производством природных токсинов, истощением растворенного кислорода и других вредных условий можно обнаружить и контролировать из космоса, наблюдая цвет океана. Выявление и карантин областей, пострадавших от "красных приливов" выполняет функции защиты здоровья человека. Другие формы загрязнения, например источники загрязнения воды, прибрежные осадки, можно обнаружить, используя спутниковые изображения в видимом и инфракрасном спектре (см. рисунок 14).

РИСУНОК 14

Красный прилив, наблюдаемый посредством инструментария SeaWiFS 21 ноября 2004 года
в районе Флориды на юго-восточном побережье США



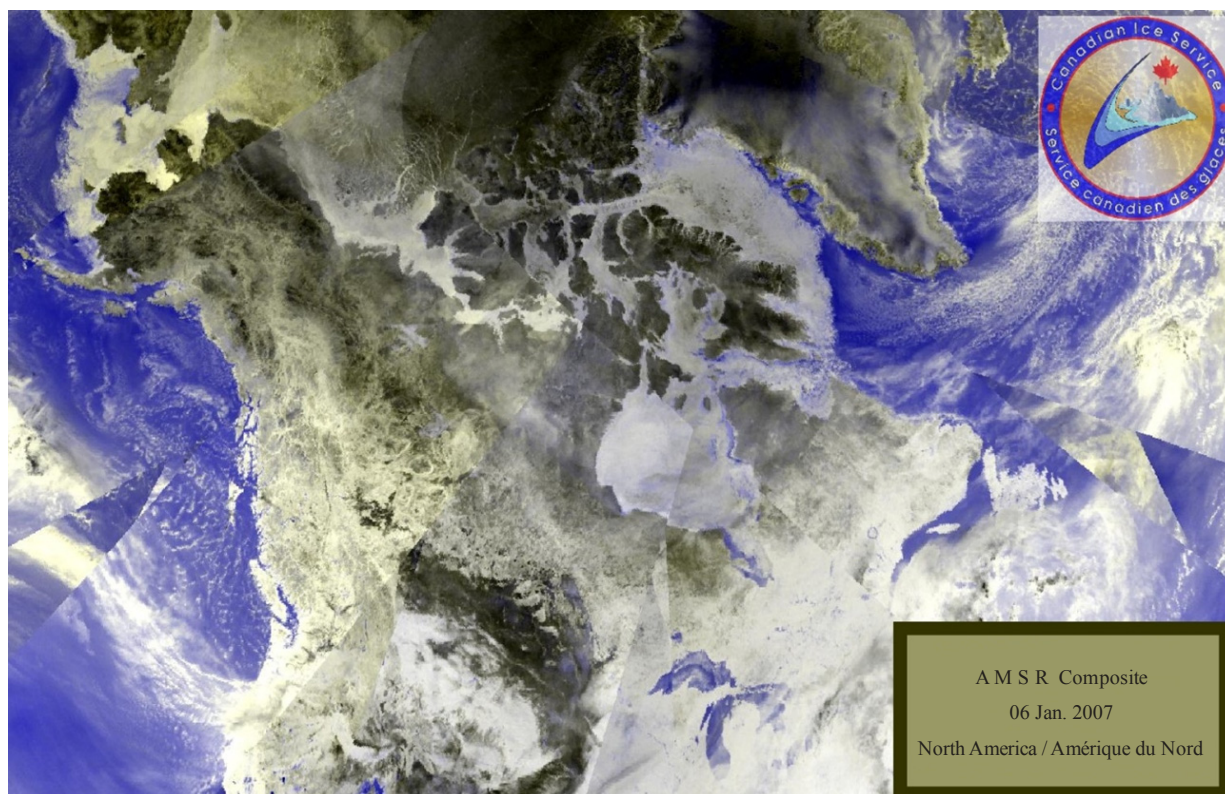
Источник: Морской WiFS на спутнике SeaStar:
http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=19719.

9 Морской и озерный лед

Пассивные микроволновые датчики, находящиеся на борту спутника, (рисунок 15) в течение десятилетий отображают распространение морского льда, а радары SAR (рисунок 16) используются дополнительно для управления арктическим и высокоширотным озерным судоходством и для увеличения продолжительности навигации в высоких широтах.

РИСУНОК 15

Лед в Северной Америке в январе 2007 года (Гудзонская бухта заблокирована)



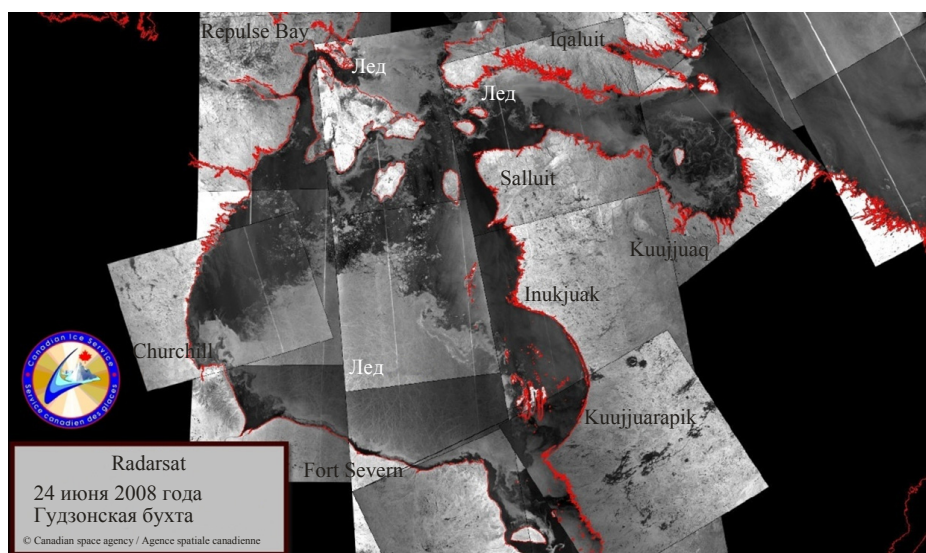
1859-15

Источник: AMSR по данным Canadian Ice Service:

http://ice-glaces.ec.gc.ca/content_contenu/images/AMSR_image_Jan_06_2007.jpg.

РИСУНОК 16

Лед в Гудзонской бухте, Канада в июне 2008 года (открытая вода вдоль восточного побережья)



1859-16

Источник: RADARSAT по данным Canadian Ice Service:

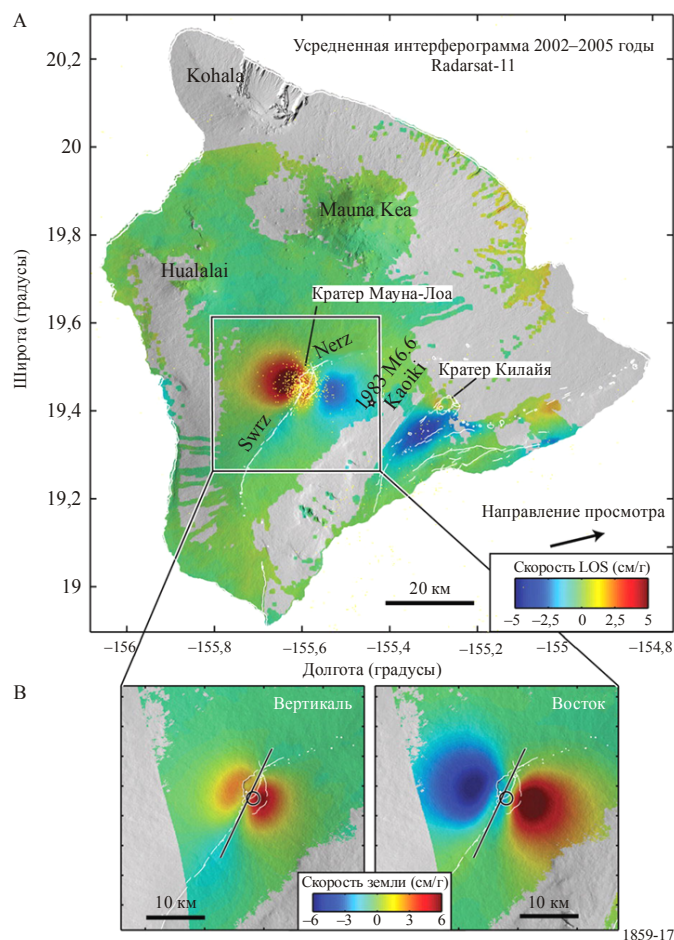
http://ice-glaces.ec.gc.ca/content_contenu/images/Radarsat_June_24_2008.JPG.

10 Вулканы

Поскольку вулканической активности часто предшествуют вздутие/поднятие грунта в непосредственной близости, потенциальную вулканическую активность можно до некоторой степени контролировать, нанося на карту такие движения земли. Блок GNSS *непосредственно на местах* может выполнять местное наблюдение, тогда как наблюдения InSAR могут предоставить данные менее частых наблюдений для удаленных мест. Изображение InSAR гавайского вулкана Мауна-Лоа (рисунок 17) показывают долгосрочные изменения поверхности, указывающие вздутие, что характерно для подземной вулканической активности. Такие трудноуловимые движения грунта могут использоваться для определения потенциальных опасностей вулканов в любой точке мира.

РИСУНОК 17

Интерферометрическое изображение с SAR вулкана Мауна-Лоа на Гавайских островах
Движение земли показывает опасную подземную вулканическую активность

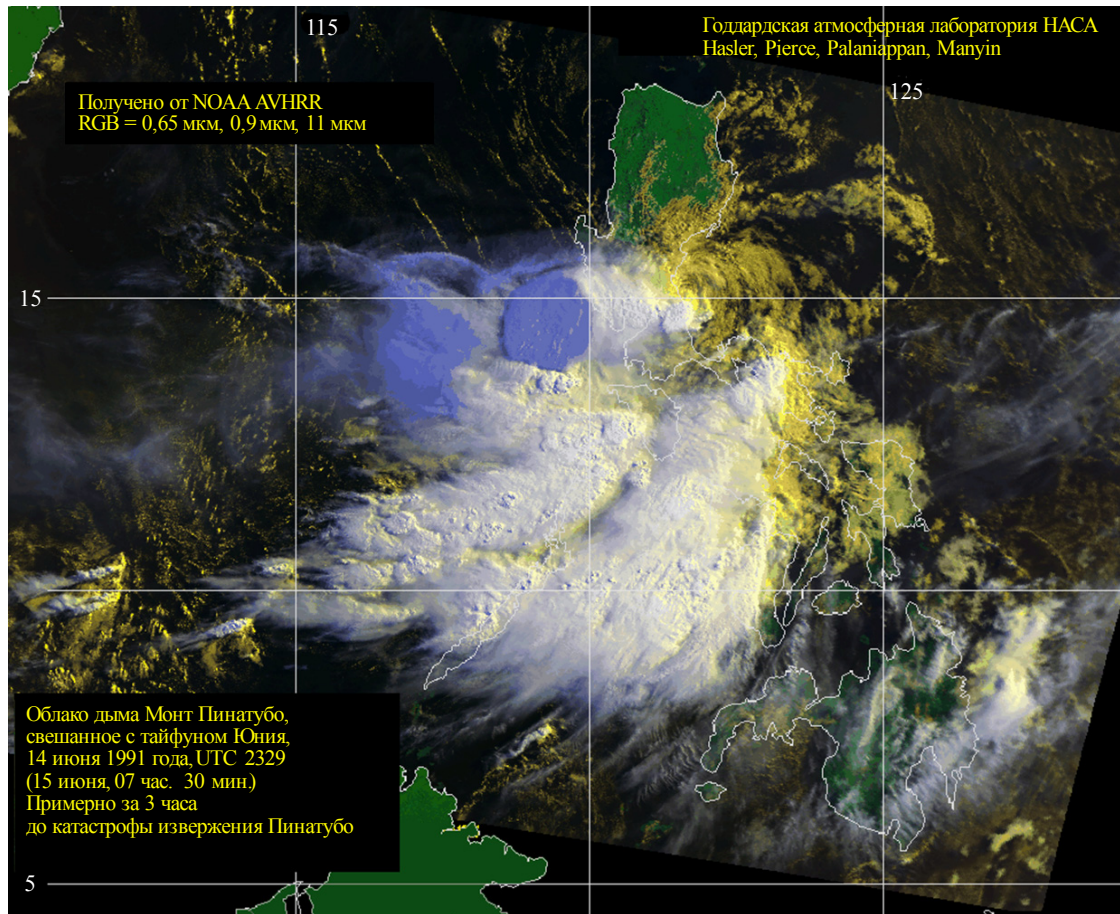


Источник: RADARSAT (Космическое агентство Канады) по данным спутниковой станции на Аляске:
<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/316/5827/1026>.

Во время и после извержения тепловая заметность лавы, пепла и горячих газов обычно отслеживается с использованием инфракрасных и визуальных наблюдений из космоса. В частности, вулканический пепел в атмосфере создает серьезные угрозы полетам воздушных судов.

РИСУНОК 18

Облако пепла на горе Пинатубо, смешанное с тайфуном Юния, за 3 часа до извержения 15 июля 1991 года



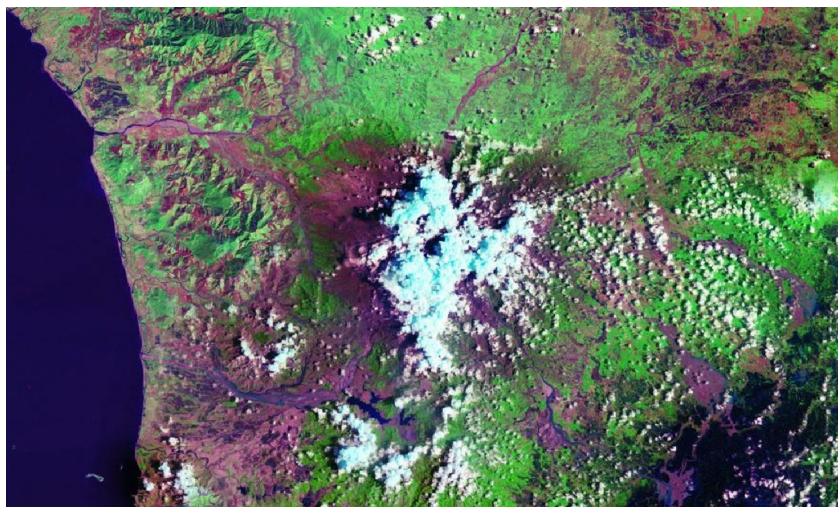
1859-18

Источник: NOAA AVHRR по данным НАСА:
<http://rsd.gsfc.nasa.gov/rsd/images/Pinatubo.html>.

Изображения со спутников обеспечивают идентификацию затронутых областей и наблюдение за восстановлением. Изображения в волнах видимого спектра и в инфракрасных волнах помогают контролировать восстановление растительности (см. рисунки 19 и 21). В областях, где слой облаков создает проблемы, дополнительным источником информации является радар SAR (см. рисунок 20). Последующая последовательность изображений демонстрирует последствия извержения вулкана Пинатубо на Филиппинах, которое произошло 15 июня 1991 года.

РИСУНОК 19

Снимок Landsat 5, сделан 9 сентября 1991 года. Поврежденная растительность красно-коричневого цвета



1859-19

Источник: Landsat 5 по данным сайта: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>.

РИСУНОК 20

Снимок Landsat 5 наложен на SIR-C – октябрь 1994 года. Нет проблемы с облаками, земля видна, и селевые потоки (потоки грязи) различимы и легко распознаются

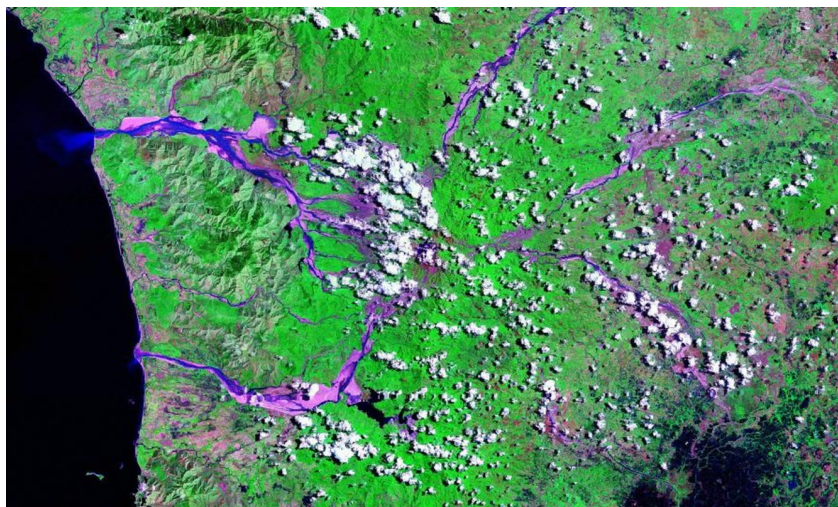


1859-20

Источники: Landsat 5 по данным сайта: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/sir-c/x-sar>,
<http://geoinfo.amu.edu.pl/wpk/jpl/pinatubo2.html>.

РИСУНОК 21

Снимок Landsat 7, сделан 18 мая 2001 года. Растительность восстановлена



1859-21

Источник: Landsat 7 по данным сайта: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>.

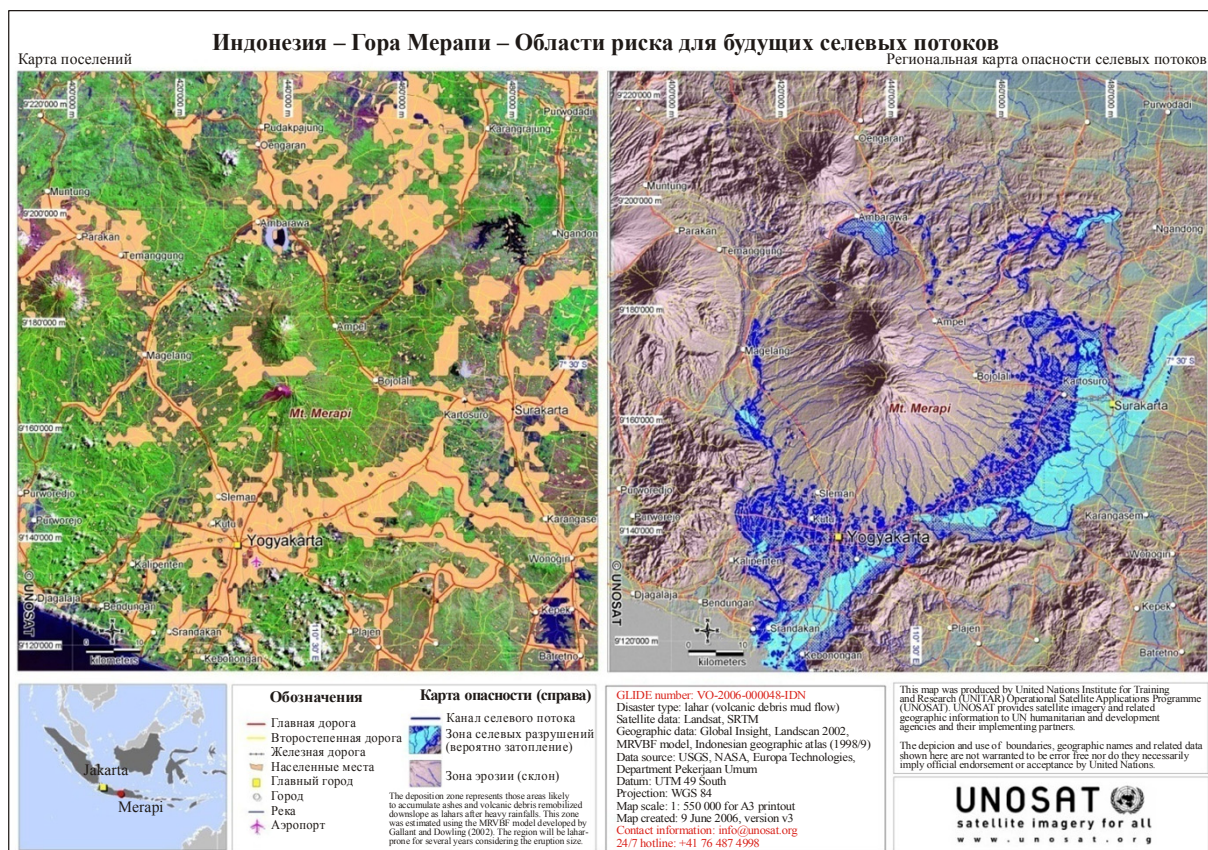
Изображения радара SAR также полезны для определения областей, находящихся в зоне риска. Извержение Пинатубо создало несколько селевых потоков, или потоков грязи. Эти селевые потоки легко определяются на изображениях радара SAR (рисунок 20), и они могут возобновиться в результате сильных ливней. Такая ситуация возникла в 1994 году, и была запечатлена радаром изображений Шаттла. Близлежащие населенные области оказались в зоне риска.

Цифровые модели рельефа (DEM) доказали свою полезность в деле прогнозирования мест, где могут возникать такие селевые потоки. Селевые потоки следуют по оврагам и попадают в низколежащие районы.

Такие модели DEM можно объединять с картами землепользования/земной поверхности, например, полученными со спутников Landsat или MODIS, для отображения областей, попадающих в зону риска. Пример такой карты рисков показан на рисунке 22.

РИСУНОК 22

Комбинация изображений Landsat и SRTM для определения уязвимых областей и населения



1859-22

Источник: Landsat и SRTM по данным UNOSAT:

http://unosat.web.cern.ch/unosat/freeproducts/indonesia/UNOSAT_Merapi_areas_at_risk_lahars_v3_lowres.jpg.

На левом рисунке – созданный в НАСА снимок со спутника Landsat, USGS, использован для определения городских областей в отличие от сельскохозяйственных полей. На правом рисунке использованы топографические данные с радара Шаттл топографической экспедиции НАСА для определения областей, которые, вероятно, будут погребены под грязью. Комбинация этих двух карт дает местным властям инструмент для планирования действий, которые необходимо предпринять в случае извержения Мерапи в будущем.

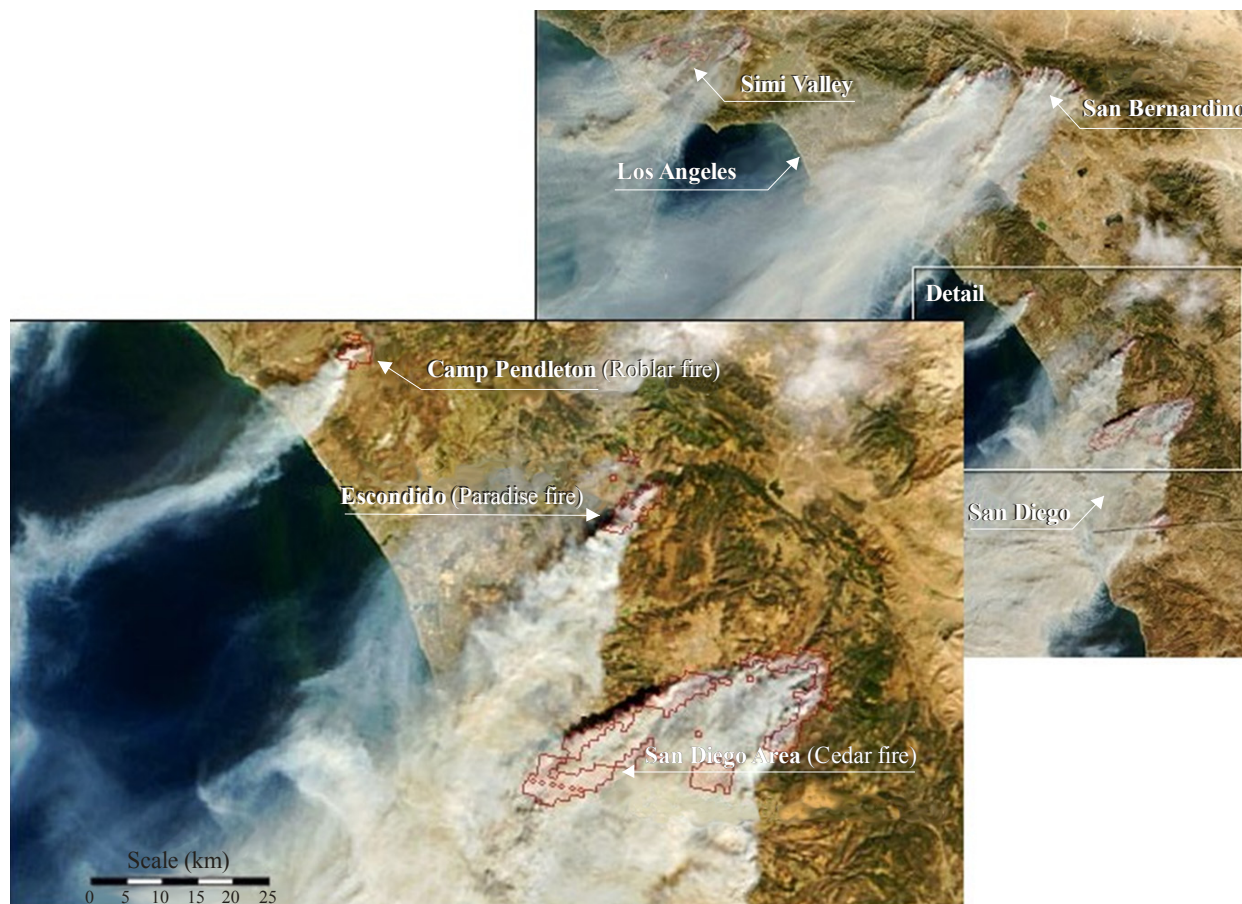
11 Лесные пожары

Риск лесных пожаров в удаленных малонаселенных районах можно оценить на основании космических измерений влажности почв и состояния растительности, т. е. здоровы ли растения или повреждены/поражены? Лесные пожары можно обнаружить, используя определенные инфракрасные каналы, создаваемые инструментами космического базирования. Эти каналы эффективно проникают сквозь дым и видят то, что скрыто для наблюдения в видимой части спектра радиоволн. Для сокращения промежутков времени между спутниковыми наблюдениями и созданием необходимых данных, несколько агентств, правительств и неправительственных организаций по всему миру создали земные станции для приема данных в реальном времени каждый раз, когда соответствующий спутник пролетает мимо.

Эти изображения полезны при борьбе с лесными пожарами. Южная Калифорния в США во время сухого сезона подвержена лесным пожарам (см. рисунок 23). Эти пожары раздуваются местными ветрами Санта Анна, которые значительно усложняют борьбу с ними. Спутниковые изображения помогают проложить маршрут движения для пожарных и особенно полезны в удаленных ненаселенных областях.

РИСУНОК 23

Пожары в Южной Калифорнии, 26 октября 2003 года



1859-23

Источник: Инструмент MODIS на спутнике TERRA по данным НАСА:

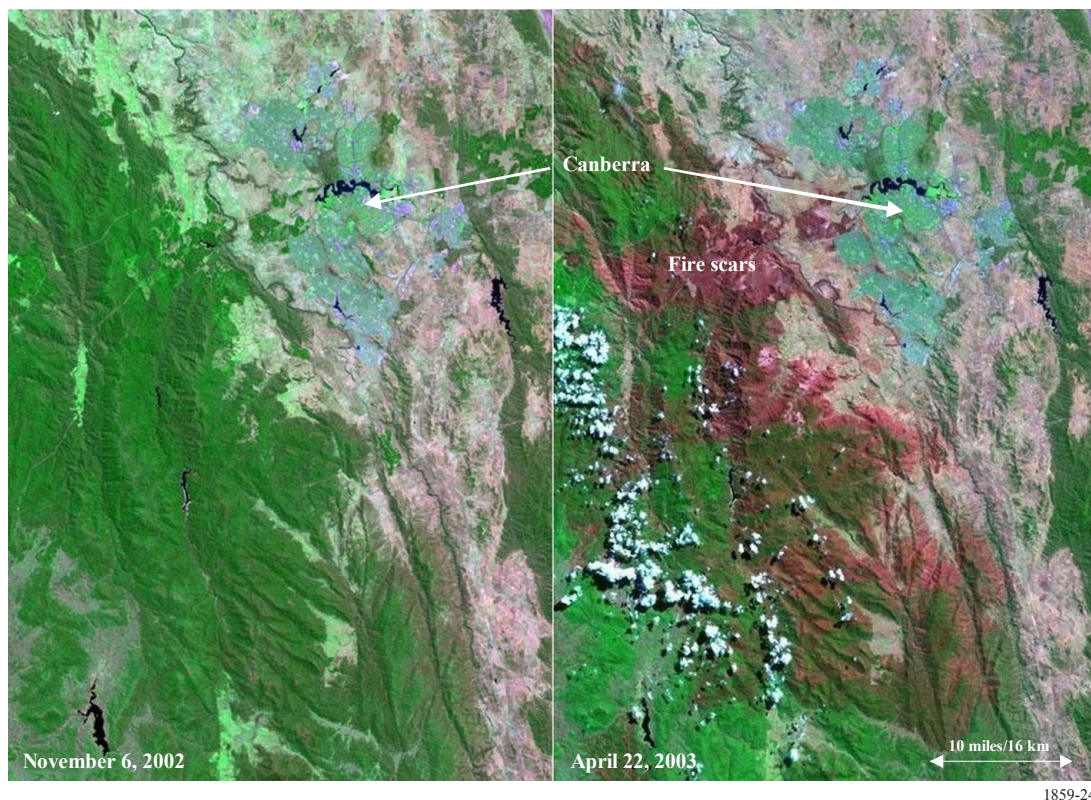
<http://www.geotimes.org/oct03/WebExtra103103.html>.

После того как огонь потушен, для определения степени повреждений и для контроля восстановления растительности могут использоваться видимые и инфракрасные изображения со спутников и изображения с радара SAR.

Лесные пожары вспыхнули в Австралии летом 2002–2003 годов, в южной части континента было 50 отдельных очагов возгорания. Столица страны Канберра оказалась под угрозой лесного пожара, который начался 18 января в Национальном парке Намаджи. За несколько дней огонь охватил окраины города, заставив тысячи людей покинуть город и тысячи других стать добровольными борцами с огнем, для того чтобы защитить Канберру от пламени. К тому времени, когда огонь оказался под контролем, четыре человека погибли, и было разрушено 419 домов. На изображениях со спутника Landsat 7, ниже (рисунок 24), здоровые растения выглядят зелеными, а сгоревшие области отображаются различными оттенками красного.

РИСУНОК 24

До и после. Изображения Канберры со спутника Landsat, Австралия во время пожаров 2002–2003 годов



Источник: Landsat 7:

http://landsat.usgs.gov/gallery_view.php?category=orangeflag&thesort=mainTitle.

12 База данных дистанционных датчиков

В результате исследований был подготовлен документ МСЭ-D "Краткое описание работ в случае бедствий", цель которого – дать обзор действий и применений пассивных датчиков – наземных и космического базирования для работ в случае бедствий. Эта краткая база данных имеет вид таблицы, которая доступна в интернете по адресу: <https://www.sfcgonline.org/rs-benefits>.

13 Резюме

Для того чтобы использовать данные, собранные системами дистанционного зондирования и другими источниками, после конференции UNISPACE III, проведенной в Вене, Австрия в июле 1999 года, был создан единый центр контактов. Авторизованный пользователь теперь может позвонить по единому номеру, который обслуживается 24 часа в сутки, и запросить применение космических и соответствующих наземных ресурсов (спутники *RADARSAT*, *ERS*, *ENVISAT*, *SPOT*, *IRS*, *SAC-C*, *NOAA*, *LANDSAT*, *ALOS*, *DMC* и другие) организаций – участников для получения данных и информации о возникновении бедствия. Примеры предоставляемых данных можно посмотреть по адресу: http://www.disasterscharter.org/new_e.html.

Любые вопросы и комментарии для членов Картеля или о веб-сайте следует направлять по адресу: webmaster@disasterscharter.org.

Другой источник данных дистанционного зондирования – это UNOSAT, программа ООН по предоставлению международному сообществу и развивающимся странам расширенного доступа к спутниковым изображениям и услугам географических информационных систем. Эти инструменты используются главным образом для оказания гуманитарной помощи, предупреждения бедствий и последующего восстановления. Предоставляемые услуги включают в себя выбор спутниковых изображений и помощь в их отыскании, обработку изображений, составление карты, методическое руководство, техническую поддержку и обучение. Сайт в интернете: <http://unosat.web.cern.ch/unosat>.

Третий источник данных дистанционного зондирования – система SERVIR – региональная система визуализации и мониторинга. Ее можно найти по адресу: <http://www.servir.net>.

Инициатива SERVIR объединяет спутниковые наблюдения, данные с инструментов наземного базирования и модели прогнозирования, предназначенные для мониторинга и прогнозирования изменений окружающей среды и улучшения реагирования на стихийные бедствия. SERVIR позволяет ученым, преподавателям, руководителям проектов и политикам лучше решать различные проблемы, включая управление операциями в случае бедствий, развитие сельского хозяйства, сохранения биологических видов и изменение климата. Заметный акцент, выраженный правительствами Центральной Америки и Африки и принципиально поддержанный НАСА и агентством США по международному развитию (USAID), сделан на партнерские отношения в целях повышения доступности наблюдений Земли с возможностью поиска и просмотра, измерений, эффектов анимации и анализа. Координационный офис SERVIR и система быстрого макетирования объекта расположены в центре космических полетов Маршалла в Хантсвилле, штат Алабама. Региональные узлы SERVIR расположены в Центре по водным ресурсам для районов влажных тропиков в странах Латинской Америки и Карибского бассейна (CATHALAC) в Панаме в Региональном центре по созданию карт ресурсов для развития (RCMRD), расположенном в Кении. Контакты с SERVIR:

Директор SERVIR: Daniel.Irwin@nasa.gov.

SERVIR Мезоамерики: Emilio.Sempris@cathalac.org.

SERVIR Африка: Kate.Lance@nasa.gov.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Рекомендуются, чтобы стороны с потенциальной или вероятной потребностью получить помощь одной или всех вышеперечисленных организаций, связались с ними заранее, до начала бедствия, и установили процедуру, т. е. назначили пункты взаимодействия, имена людей, адреса электронной почты, номера телефонов и т. д. для получения помощи, если случится бедствие. Такие предварительное планирование существенно сократит время, требуемое для получения помощи, когда она понадобится.
