

А. В. Абросимов (компания «Совзонд»)

В 1992 г. окончил географический факультет Удмуртского государственного университета по специальности «география». Работал руководителем вузовско-академической лаборатории Курганского государственного университета и Института географии РАН. В настоящее время — заместитель главного инженера компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

Б. А. Дворкин (компания «Совзонд»)

В 1974 г. окончил Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова по специальности «картография». Работал в ПКО «Картография», ООО «Картография Хубер», ГИС-Ассоциации, Научном геоинформационном центре РАН. В настоящее время — главный аналитик компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

Ю. И. Кантемиров (компания «Совзонд»)

В 2004 г. окончил РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. После окончания университета работал научным сотрудником Лаборатории космической информации для целей газовой промышленности в ООО «Газпром ВНИИГАЗ». С 2010 г. — ведущий специалист по тематической обработке радарных данных ДЗЗ компании «Совзонд».

Некоторые вопросы космического мониторинга чрезвычайных ситуаций

Данные о мониторинге зон стихийных бедствий и об организации спасательных и восстановительных работ являются все более востребованными для информационного обеспечения современного усложняющегося с каждым днем мира.

Использование данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) существенно повышает эффективность в районах чрезвычайных ситуаций (ЧС):

- создание наиболее точной, актуальной и наглядной электронной геопространственной основы на оперативный район и место локализации ЧС;
- комплексный прогноз возникновения ЧС.
- оперативный поиск места локализации ЧС, оперативный мониторинг развития ЧС на всех стадиях;
- выявление по оптической съемке и радиолокационной интерферометрии локальных ЧС: оползней, осыпей, обвалов, лавин, просадок, пучений, эрозий, а также связанных с этим разрывов

трубопроводов и железных дорог, обрушений зданий;

- краткосрочные прогнозы и моделирование развивающейся ЧС (моделирование затоплений, лесных пожаров и др.);
- создание ряда разномасштабных ситуационных схем от региона в целом (населенные пункты, дороги, орография, гидрография) до конкретного города (улицы, крупные здания, реки, рельеф) в виде векторных электронных карт для наложения на снимки в целях планирования операций, анализа ситуации и загрузки в мобильные терминалы;
- точное картографирование последствий ЧС с получением векторных электронных слоев разрушенных жилых и общественных зданий, промышленных строений, сооружений, коммуникаций;
- определение всех видов ущерба.
- построение трехмерных моделей потенциально опасных объектов, объектов жизнеобеспечения населения по космической стереосъемке.

Обозначим отдельно задачи, которые успешно решаются методами и технологиями космического мониторинга в зонах катастрофических стихийных бедствий, таких, как землетрясения и извержения вулканов:

- определение изменений, в том числе и в автоматическом режиме, произошедших в природном и антропогенном ландшафте в результате разрушительного землетрясения;
- создание цифровой модели рельефа (ЦМР) и изучение смещений поверхности Земли, вызванных землетрясением;
- выявление с высокой точностью вертикальных и горизонтальных подвижек земной поверхности по радарным данным ДЗЗ;
- осуществление разведки для проведения спасательно-восстановительных работ;
- рациональное использование человеческих и технических ресурсов при спасательно-восстановительных работах;
- выявление предвестников и оценка масштабов извержений;
- наблюдение за изменением морфологии кратеров вулканов;
- создание ЦМР и изучение изменений ландшафта, вызванных вулканической деятельностью;
- оценка и подсчет ущерба.

По степени пригодности космических снимков для информационного обеспечения ЧС последние можно разбить на следующие классы:

Никак не выявляются на космических снимках (прогнозирование, поиск, мониторинг, последствия):

- крушения и аварии на метрополитене;
- выбросы патогенных микроорганизмов;
- эпидемии, отравления;
- эпизоотии.

На космических снимках фиксируются только последствия, в редких случаях — источник:

- аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ (АХОВ);
- выбросы метана, CO² и т. п.;

- аварии на АЭС, реакторах, хранилищах;
- опасные метеорологические явления.

Часто возникают, малые по размерам, четко локализуемые, для них космический мониторинг неэффективен:

- автомобильные аварии (кроме самых крупных);
- пожары в зданиях, сооружениях;
- аварии на коммунальных сетях.

По космическим снимкам можно выполнять полный комплекс работ (поиск, мониторинг, оценка ущерба, в некоторых случаях — прогноз):

- крушения и аварии грузовых поездов, судов; авиа- и космические катастрофы; аварии на нефтепроводах, буровых платформах; выбросы на нефтяных и газовых месторождениях;
- внезапное обрушение зданий, сооружений; аварии на электростанциях, энергосетях, очистных сооружениях; гидродинамические аварии;
- извержения вулканов, землетрясения, оползни, обвалы, осыпи, карстовые процессы, абразия, эрозия, курумы, сход лавин, цунами, нагоны, льдообразование, повышение и понижение уровня воды, природные пожары, поражение лесов и посевов вредителями и болезнями, крупные террористические акты.

Исходя из опыта реализации проектов, компания «Совзонд» предлагает следующую технологию обеспечения системы управления в кризисных ситуациях данными ДЗЗ:

1. Архивная космическая съемка для создания базовой пространственной основы территории.

Ортокорректированная бесшовная цветная мозаика с пространственным разрешением 2,5 м должна соответствовать по точности карте масштаба 1:25 000 для всей территории, кроме городов, а также районов особого интереса. Для городов и районов особого интереса мозаика по точности должна соответствовать карте масштаба 1:10 000.

Мозаика выступает в качестве базовой пространственной основы, используется в целях совмещения в единообразном географическом пространстве всех видов данных ДЗЗ, получаемых в ходе мониторинга, а также всей прочей информации, имеющей пространственную компоненту.

Для создания мозаики масштаба 1:25 000 предлагается использовать космические снимки со следующими характеристиками:

- пространственное разрешение — не ниже 2,5 м;
- панхроматические (черно-белые) снимки;
- материалы космической съемки должны быть обеспечены метаданными и моделью ориентирования в виде коэффициентов рационального многочлена (RPC), обеспечивающей геопозиционирование снимков с точностью не ниже 12 м (СКО) на местности без использования опорной наземной информации;
- точность геопозиционирования ортотрансформированных изображений без использования опорной наземной информации — не ниже 12 м на местности.

Под эти требования подходят космические снимки со спутников WorldView-1, WorldView-2, WorldView-3, GeoEye-1, Pleiades-1A, 1B и других космических аппаратов сверхвысокого разрешения.

2. Оперативная съемка высокого разрешения.

Выполняется для решения следующих задач:

- оперативный мониторинг крупных наводнений, связанных с паводками на реках, нагонной и штормовой деятельностью моря;
- оперативный мониторинг масштабных лесных пожаров, установление направлений распространения, площадей и опасности пожаров; выявление лесов, погибших в результате ветровалов;
- оперативный мониторинг стихийных бедствий сельскохозяйственного характера: последствий засух, воздействий ураганов,

катастрофического распространения вредителей посевов;

- оперативный мониторинг масштабных катастрофических эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов (сели, землетрясения и т. д.).

Мониторинг выполняется с применением космических снимков со спутников, имеющих возможность практически ежедневной съемки. Под эти требования на сегодняшний день подходят космические снимки группировки RapidEye, перспективной группировки мини-спутников SkySat и некоторые другие.

3. Оперативная съемка сверхвысокого разрешения.

Выполняется в случае необходимости срочного отслеживания локальных процессов или детального, выборочного наблюдения за объектами и явлениями:

- детальный оперативный мониторинг подтопления социально-промышленных объектов в ходе наводнений, связанных с паводками на реках, нагонной и штормовой деятельностью моря;
- детальный оперативный мониторинг катастрофических экзогенных рельефообразующих процессов (сели, оползни, обвалы, осыпи, береговые процессы);
- детальный оперативный мониторинг разрушений строений и сооружений в результате воздействия катастрофических процессов (ураганы, штормовые ветра, сели, оползни, обвалы, осыпи, береговые процессы).

Для решения этих задач подходят в основном космические аппараты сверхвысокого разрешения: WorldView-1, WorldView-2, WorldView-3, GeoEye-1, Pleiades-1A, 1B, а также российский спутник «Ресурс-П».

4. Оперативная радарная съемка по запросам.

Радарная съемка практически не зависит от погоды и наличия солнечного света. Кроме того, она позволяет с высокой точностью

выявлять вертикальные и горизонтальные подвижки земной поверхности. Эти и другие особенности радарных космических аппаратов (COSMO-SkyMed 1-4, RADARSAT-2, TerraSAR-X, TanDEM-X и др.) позволяют успешно использовать полученные данные для решения задач мониторинга ЧС.

Радарные снимки позволяют:

- проводить наблюдение за смещениями и деформациями земной поверхности с миллиметровой точностью (дифференциальная интерферометрическая обработка), в том числе выявлять оползни;
- проводить мониторинг состояния зданий и сооружений;
- изучать последствия землетрясений;
- осуществлять оперативный мониторинг ледовой обстановки и судоходства;
- проводить мониторинг загрязнения прибрежных акваторий морей нефтепродуктами в результате слива топлива с судов;
- выявлять вырубки и ветровалы;
- оперативно оценивать ущерб от чрезвычайных ситуаций.

В некоторых случаях для уточнения деталей и получения сверхоперативной информации о ситуации в районе ЧС космическую съемку эффективно дополняет **аэрофотосъемка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)**. БПЛА используются для проведения поисково-спасательных работ, разведки и наблюдения и т. д.

При установке соответствующего съемочного оборудования аэрофотосъемка с БПЛА позволяет получать цифровые снимки сверхвысокого пространственного разрешения (до 2–4 см) в различных спектральных диапазонах.

Данное оборудование позволяет решать следующие задачи:

- автоматизированное получение ортофотопланов с пространственным разрешением до нескольких сантиметров;
- создание фотореалистичных цифровых 3D-моделей местности;
- мониторинг ЧС и их последствий, контроль

за ходом аварийно-восстановительных работ, поиск пострадавших;

- анализ и оценка динамики изменений местности;
- производственно-экологический мониторинг;
- дистанционный мониторинг нефтегазопроводов, ЛЭП, железных и автомобильных дорог, лесных массивов и сельскохозяйственных угодий;
- тепловизионная съемка.

ПРИМЕРЫ СЕРВИСОВ КОСМИЧЕСКОГО РАДАРНОГО МОНИТОРИНГА

Компания «Совзонд» эффективно применяет технологии космического радарного мониторинга. Приведем примеры реализованных технологий использования радарных снимков для мониторинга ледовой обстановки и нефтеразливов в Каспийском море.

Сервис космического радарного мониторинга ледовой обстановки в Каспийском море.

Съемка акватории Каспийского моря с радарных спутников COSMO-SkyMed-1-4 может выполняться ежедневно. Результаты съемки могут быть поставлены заказчику через защищенный интерфейс веб-ГИС и через ftp-протокол в течение одних суток после съемки.

По результатам каждой съемки генерируется карта ледовой обстановки, соответствующая стандартам Всемирной метеорологической организации (WMO).

Элементами данной карты являются стамухи и торосы, а также припайный лед (если они есть на снимке и если их размеры на местности позволяют их обнаружить с данным пространственным разрешением).

Анализируется трещинообразование льда, в том числе выявляются свежие и старые трещины, а также типы льда по интенсивности трещиноватости.

С момента начала таяния на участке наблюдается граница таяния «вода-лед».

По результатам каждой съемки поставляется краткий технический текстовый отчет.

Все вышеперечисленные продукты поставляются заказчику в течение 1–3 рабочих дней после выполнения съемки. Результаты поставляются через защищенный веб-интерфейс (веб-портал), где они могут быть наглядно отображены и сопоставлены без специализированного программного обеспечения — только средствами интернет-браузера. Сами радарные снимки и отчеты поставляются посредством электронной почты и ftp.

Ниже показан пример карты ледовой обстановки на территорию севера Каспийского моря (рис. 1). Аналогичная карта (или в 3–20 раз детальнее в зависимости

от выбранного режима съемки) поставляется в рамках сервиса мониторинга ледовой обстановки. Реальный состав слоев карты определяется конкретной территорией и периодом съемок (рис. 2).

Пример краткого технического отчета к карте ледовой обстановки.

Исходная съемка — COSMO-SkyMed от 20.03.2012 г.

Припайный лед вблизи побережья в настоящий момент находится на стадии начала оттаивания, он все еще достаточно прочный.

Далее от побережья находятся массивы смерзшегося монолитного, частично наслоенного и местами характеризующегося грядовой торосистостью льда.

В юго-западной части карты за пределами массива смерзшегося сплошного льда наблюдается участок открытой воды, затем

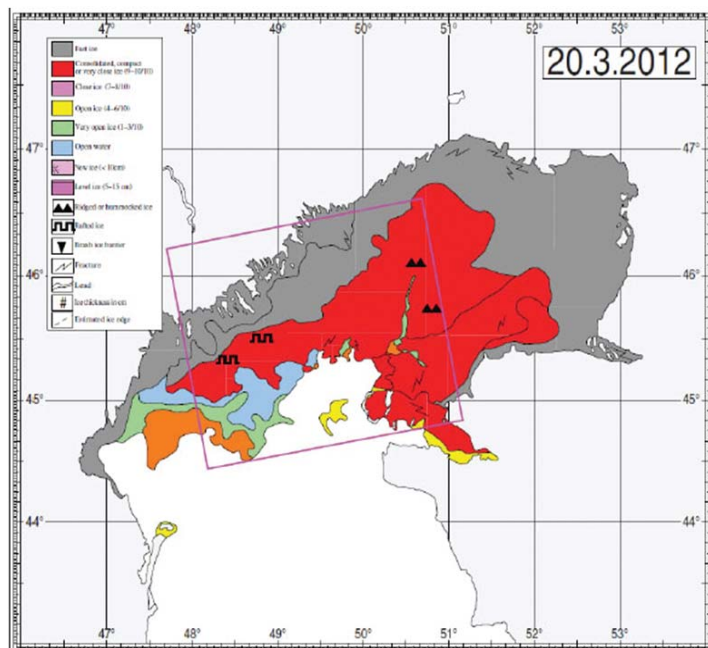


Рис. 1. Карта ледовой обстановки на территорию севера Каспийского моря, рассчитанная по данным радарных съемок со спутников COSMO-SkyMed-1-4 в 2012 г. Данная карта была рассчитана по данным региональных съемок с разрешением 100 м. В рамках сервиса мониторинга ледовой обстановки возможны съемки более детального разрешения — 3 или 30 м



Рис. 2. Типовая легенда карты ледовой обстановки (не все элементы могут быть обнаружены и оценены во всех случаях)

участок сильно разреженного льда и далее участок сплоченного льда шириной 10–40 км.

В юго-восточной части карты преобладает смерзшийся сплошной лед, осложненный трещинами и небольшими каналами.

В центре карты, в районе месторождения им. Сатпаева, преобладает смерзшийся монокристаллический лед с грядками торосов и отдельными стамухами.

Сервис космического радарного мониторинга нефтеразливов в Каспийском море.

Съемка акватории Каспийского моря с радарных спутников COSMO-SkyMed-1–4 может выполняться ежедневно. Результаты съемок могут быть поставлены заказчику через защищенный интерфейс веб-ГИС и через ftp-протокол в течение 1–2 суток после съемки.

По результатам каждой съемки генерируется векторный слой нефтеразливов, каждому из которых присваивается ряд атрибутов. Исходные снимки поставляются заказчику через ftp-протокол, а результаты сервиса — через защищенный веб-интерфейс.

Основные особенности сервиса:

- нефтеразливы на водной поверхности обнаруживаются круглосуточно, независимо от погодных условий;
- обнаруживаются нефтеразливы различного размера и возраста;
- могут быть обнаружены нефтяные пленки линейными размерами 50–100 м и более;
- данные по обнаруженным нефтеразливам могут поставляться заказчику через защищенный веб-интерфейс круглосуточно, каждый день, круглый год (рис. 3);
- максимально возможная временная частота спутниковых съемок одного и того же участка — до двух раз в сутки;
- для региона Каспийского моря информация о нефтеразливах становится доступной через веб-интерфейс в течение суток после съемки.

Содержание отчета по каждому выявленному нефтеразливу:

- географические координаты;
- дата и время обнаружения;
- пространственная ориентация;
- размеры (периметр, площадь) и форма;
- скорость ветра в районе нефтеразлива, определенная по данным метеорологических спутников и по самому радарному снимку;
- данные по волнению морской поверхности в районе нефтеразлива, определенные по данным метеорологических спутников и по самому радарному снимку;
- скорость течения в районе нефтеразлива;
- температура поверхности воды в районе нефтеразлива;
- степень достоверности нефтеразлива;
- в случае предоставления заказчиком данных систем автоматической идентификации судов информация о возможном судне — источнике нефтеразлива (за счет корреляции нефтеразлива с маршрутами судов).

МОНИТОРИНГ НАВОДНЕНИЯ

В ряду задач мониторинга ЧС, решаемых с применением космических технологий, важное место занимает мониторинг наводнений.

Приведем перечень задач наблюдения за районами наводнений, успешно решаемых методами космического мониторинга, в том числе радарного, и автоматизированной обработки данных дистанционного зондирования Земли:

1. Картографирование затопленных территорий и площадей максимального затопления.
2. Установление конкретных участков и подсчет площадей населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, лесного фонда, подвергшихся подтоплению в ходе паводка/половодья.
3. Установление конкретных участков и подсчет длины коммуникаций (дороги, линии электропередачи, трубопроводы и т. п.), подвергшихся подтоплению в ходе паводка/половодья.

Контур снимка

Спутник, с которого выполнена съемка

Дата и время съемки

Количество обнаруженных нефтеразливов

Список выявленных нефтеразливов

Отчет по конкретному выбранному нефтеразливу

.html report example

Oil Slick number	Confidence	Possible sources	Country (EEZ)
1	MEDIUM	N/A	Spain
2	LOW	N/A	Spain

Oil Slick number 1		Confidence: MEDIUM	
Central Position: 40°29'47"N 1°03'58'48"E			
Region affected		Spain	
Area	Width	Length	Slick orientation
5.51 km ²	0.74 km	22.82 km	Southeast
Possible sources			
Fish			
Characteristics			
Type:	Literal	Shape:	Irregular
Contrast:	Weak	Edges:	Sharp and Diffuse
Surroundings:	Heterogeneous		
Miscellaneous data			
Model Wind:	2 km/s from 121°	Model Wave:	1 m, towards 67°
BAR Wind:	1 km/s from 160°	BAR Wave:	N/A
Sea Surface Temperature:	17.2°C	Sea Current:	0 km/s
Criteria for confidence level			
Weak contrast, sharp and diffuse edges, irregular and/or shaped disk, feathered, darkish, fish, other possible natural-looking look to the slick's area.			
Comments			
Fish			

Рис. 3. Пример веб-интерфейса поставки сервиса мониторинга нефтеразливов. Внизу — «визуал» снимка на картографической подложке с отображением выявленных на этом снимке нефтеразливов. Слева — список снимков, выполненных в рамках сервиса. При выборе конкретного снимка отображаются данные о нем и список обнаруженных нефтеразливов. При выборе конкретного нефтеразлива отображается отчет по этому нефтеразливу

4. Установление конкретных объектов и подсчет общего количества объектов каждого типа, подвергшихся подтоплению в ходе паводка/половодья:

- жилые частные и многоэтажные дома;
- садово-дачные участки, дачные постройки;
- фермы, животноводческие комплексы;
- промышленные, сельскохозяйственные, социально-культурные строения;

• места хранения удобрений и химических отходов, скотомогильники, прочие опасные объекты.

5. Установление конкретных объектов и подсчет длины дамб, заградений, отводных каналов, других гидротехнических сооружений:

- оперативно воздвигаемых, реконструируемых, улучшаемых в ходе оперативной борьбы с паводком/половодьем;

- разрушенных, смытых в процессе паводка/половодья.

6. Установление ущерба для подтопленных площадей после схода воды:

- для населенных пунктов, промышленных, сельскохозяйственных, социально-культурных объектов (заиление, замусоривание территории, смыв твердых покрытий, полное или частичное разрушение строений, сооружений);
- для сельскохозяйственных угодий (гибель посевов, заиление, смыв почвенного слоя, эрозия на полях);
- для лесного фонда (гибель леса в результате вымощания).

Компания «Совзонд» приняла участие в информационном обеспечении ликвидации последствий катастрофического наводнения в Краснодарском крае, произошедшего в 2012 г.



Рис. 4. Цветной радарный композит на г. Крымск

Были предоставлены данные космической съемки для определения границ затопления территорий, проведения восстановительных работ, определения безопасных площадок для строительства нового жилья пострадавшим.

Сразу после поступления первых сообщений о катастрофическом наводнении в Краснодарском крае была оперативно заказана всепогодная радарная съемка пострадавшей территории со спутниковой группировки COSMO-SkyMed-1-4 на 8 июля 2012 г. (рис. 4). Для получения информации о ситуации до наводнения были дополнительно заказаны архивные снимки COSMO-SkyMed от 25 июня и 4 июля 2012 г. Область перекрытия архивной и новой съемки была проанализирована на предмет обнаружения подтоплений и разрушений. 9 июля 2012 г. была проведена съемка со спутника сверхвысокого разрешения QuickBird.

Полученный безоблачный снимок территории был срочно передан в администрацию Краснодарского края. Снимки, полученные в оперативном режиме для оценки ущерба и координации усилий по ликвидации последствий стихийного бедствия, компания «Совзонд» предоставила администрации Краснодарского края безвозмездно.

В заключение отметим, что перечисленные задачи и приведенные примеры не исчерпывают все возможности космического мониторинга ЧС. В частности, за рамками нашего обзора остался космический мониторинг лесных пожаров — это тема отдельной статьи. В этом номере журнала в разделе «Новости» (с. 4) рассказывается о новой технологии наблюдения за лесными пожарами, предложенной компанией DigitalGlobe, на основе использования сенсора SWIR новейшего космического аппарата WorldView-3.