

ГЕОМАТИКА

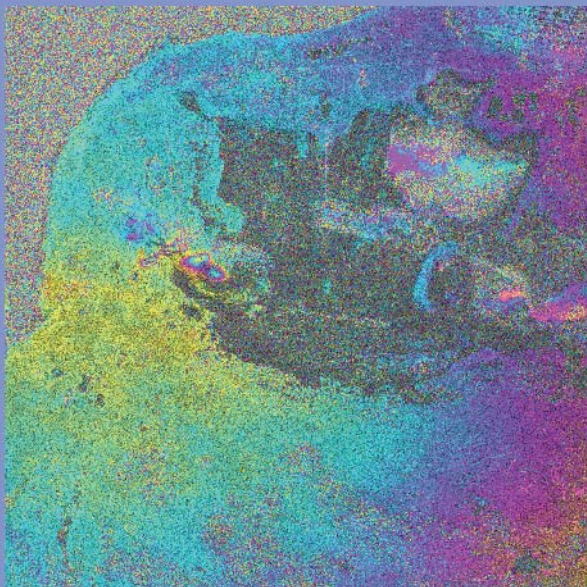
GEOMATICS #4 (25)

2014

ЖУРНАЛ О ГЕОИНФОРМАТИКЕ И ДИСТАНЦИОННОМ ЗОНДИРОВАНИИ ЗЕМЛИ



RapidEye РСМ — ЭФФЕКТИВНАЯ
ТЕХНОЛОГИЯ ОБНОВЛЕНИЯ
КАРТ И БАЗ



КОСМИЧЕСКИЙ РАДАРНЫЙ МОНИТОРИНГ
СМЕЩЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ



НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ
КОСМИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА ЧС

ЧС
И КОСМИЧЕСКИЙ
МОНИТОРИНГ





Уважаемые коллеги!

Активное использование природных ресурсов и ухудшение экологической обстановки, широкое внедрение достижений научно-технического прогресса сопровождаются появлением и распространением различных природных, техногенных и других угроз. На территории России наблюдается более 30 видов опасных природных явлений. Наиболее тяжелые последствия наносят землетрясения, наводнения, засухи, лесные пожары и сильные морозы. В среднем в год происходит примерно 280 чрезвычайных ситуаций (ЧС), вызванных опасными природными процессами и явлениями. Кроме этого, опасность представляют ЧС техногенного характера, которых в год в России происходит в среднем до 800.

Защита населения и окружающей среды от ЧС техногенного и природного характера, уменьшение их социально-экономических и экологических последствий являются чрезвычайно важными задачами, обеспечивающими устойчивое развитие страны. В условиях ЧС необходимо защитить население и материальные ценности, оперативно планировать поисково-спасательные операции и эффективно распределять людские и технические ресурсы.

Все более значимую роль в информационном обеспечении управленческих решений по предупреждению и ликвидации ЧС играют

пространственные данные. Чрезвычайно важно не только установить характер и масштабы угрозы, но и определить ее точное местоположение. Современные средства дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) способны поставлять необходимую пространственную информацию круглосуточно вне зависимости от погодных условий, а ГИС позволяют специалистам в кратчайшие сроки создавать карты с нанесенной обстановкой по ЧС.

Одним из современных направлений в области обработки данных ДЗЗ, позволяющих решать задачи своевременного мониторинга смещений и деформаций земной поверхности и сооружений с целью предотвращения ЧС, является методика интерферометрической обработки серий спутниковых радарных изображений. Компания «Совзонд» активно развивает и применяет эти технологии. В этом номере журнала специалисты и ученые из Казахстана подводят итоги совместной работы по выявлению опасных процессов в районах добычи нефти и угля. Также читатель познакомится с возможностями нового сервиса компании BlackBridge — RapidEye PCM, основанного на уникальной технологии автоматизированного мониторинга изменений, обновления карт и баз данных.

Главной теме номера «Космическая съемка в прогнозировании и ликвидации последствий ЧС» посвящено много других материалов, включая обзорную статью «Некоторые вопросы космического мониторинга ЧС» специалистов компании «Совзонд». Успешно применяет технологии космического мониторинга ЧС Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета». О геоинформационной составляющей борьбы с последствиями наводнений и лесных пожаров в регионе рассказывает в своем интервью директор этого центра Л. С. Крамарева.

В номере представлены также материалы по другим актуальным проблемам геоинформатики и дистанционного зондирования Земли.

*Борис Дворкин,
главный редактор*

СОДЕРЖАНИЕ

Новости	4
Актуальное интервью	
Интервью с Л. С. Крамаревой, директором Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета».....	14
Данные дистанционного зондирования	
А. В. Абросимов, Б. А. Дворкин, Ю. И. Кантемиров	
Некоторые вопросы космического мониторинга чрезвычайных ситуаций.....	20
От пикселей к готовому продукту и получению новых знаний.....	28
Обработка данных ДЗЗ	
И. В. Оньков	
Исследование геометрической точности продукта РПД10.....	34
Использование данных ДЗЗ	
Б. А. Дворкин	
RapidEye РСМ — эффективная технология обновления карт и баз пространственных данных.....	40
Ю. И. Кантемиров, А. Т. Камза, А. М. Бермуханова, А. Ж. Тогайбеков, М. А. Сапарбекова, С. Э. Никифоров	
Космический радарный мониторинг смещений земной поверхности на примере одного из нефтяных месторождений Мангистауской области Республики Казахстан.....	46
Р. С. Салихов, М. В. Туманов, А. В. Карелин	
Перспективы применения космических аппаратов на платформе «Канопус-В» для мониторинга радиоактивных загрязнений.....	59
Применение технологий спутникового центра ДВО РАН для мониторинга чрезвычайных ситуаций.....	62
Ф. К. Низаметдинов, Д. В. Мозер, Н. И. Гей, А. С. Туякбай, А. Д. Каранеева	
Спутниковый радарный интерферометрический мониторинг подработанных территорий Карагандинского угольного бассейна.....	70
Геоинформационные технологии	
В. А. Семикин, В. Н. Гончарова, Е. Л. Кызылова, И. В. Переятынец, В. А. Пуртов, Н. С. Ремень	
Геопортал ЮГРА. Предоставление доступа к пространственным данным на территорию ХМАО — Югры.....	78
В. А. Немтинов, Ю. В. Немтинова, Ж. Е. Зимнухова	
Прогнозирование чрезвычайных ситуаций с использованием информационных технологий.....	84
С. А. Сартин, И. А. Маховых, Н. Д. Немилостев, М. Ю. Литвиненко	
Применение аналитической модели половодья реки Есиль к паводку 2014 г. и возможности ее уточнения.....	91
С. А. Митакович	
Разработка систем прогнозирования чрезвычайных ситуаций на базе ГИС.....	94
Выставки и конференции	
Выставка Integrated Systems Russia 2014: резюме годовых достижений профессионального AV-рынка.....	100
III Международный GIS-Forum «Интеграция геопространства — будущее информационных технологий».....	102
Справочный раздел	
Спутниковая информация подтверждает интересные факты о природных аномалиях 2013 года.....	105

CONTENT

News	4
Hot Interview	
Interview with L. Kramareva, Director of Far-Eastern Center of State Research Center of Space Hydrometeorology "Planeta".....	14
Remote Sensing Data	
A. Abrosimov, B. Dvorkin, Yu. Kantemirov	
Several issues concerning Emergency Space Monitoring.....	20
DigitalGlobe: Moving from Pixels to Products ... and data to insight.....	28
Remote Sensing Data Processing	
A. Onkov	
The analysis of the geometric accuracy of the Product – RSD10 (Regional Spatial Data10).....	34
Application of Remote Sensing Data	
B. Dvorkin	
RapidEye PCM™ is an effective technology to update maps and spatial databases.....	40
Yu. Kantemirov, A. Kamza, A. Berkhamutova, A. Togaybekov, M. Saparbekova, S. Nikiforov	
Space radar monitoring of Earth surface displacements on the example of one of the fields of Mangistauskaya region of the Republic of Kazakhstan.....	46
R. Salikhov, M. Tumanov, A. Karelin	
The prospects of the satellite application on the basis of "Canopus-V" for radioactive contamination monitoring.....	59
The application of Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences technology for Emergency Monitoring.....	62
F. Nizametdinov, D. Moser, N. Gay, A. Tuyakbai, A. Karaneeva	
Satellite radar interferometry monitoring of undermined territories of the Karaganda coal basin.....	70
Geoinformation Technologies	
V. Semkin, V. Goncharova, E. Kyzlyova, I. Pereyatynets, V. Purtov, N. Remen	
The Geoportal of YUGRA. Providing the access to the spatial data on territory Khanty-Mansiysk - Yugra.....	78
V. Nemtinov, Yu. Nemtinova, Zh. Zimnukhova	
Forecasting Emergency situations using Information Technology.....	84
S. Sartin, I. Makhovykh, N. Nemilostev, M. Litvinenko	
The application of the Esil flood analytical model for floods in 2014 and the possibility of its clarification.....	91
S. Mitakovich	
The development of Disaster forecasting systems based on GIS.....	94
Exhibitions and Conferences	
Integrated Systems Russia 2014: annual summary of the achievements of professional AV-market.....	100
III International GIS-Forum "Integrated Geospatial Solutions — the Future of Information Technologies".....	102
Reference	
Satellite images prove interesting facts about natural anomalies of 2013.....	105



Редакционная коллегия:

М. А. Болсуновский
А. М. Ботрякова
Б. А. Дворкин
С. А. Дудкин
О. Н. Колесникова
С. В. Любимцева
С. Н. Миснинович
М. А. Элердова

Ответственный за выпуск:

Б. А. Дворкин

Дизайн макета и обложки:

О. Н. Рябова

Компьютерная верстка:

О. Н. Рябова

Информационно-рекламная служба:

М. А. Агарнова
С. Н. Миснинович

115563, Москва, ул. Шипиловская, 28а,
компания «Совзонд»

Тел.: +7 [495] 642-88-70

+7 [495] 988-75-11

+7 [495] 988-75-22

Факс: +7 [495] 988-75-33

E-mail: geomatiks@sovzond.ru

Web-site: www.geomatika.ru

Перепечатка материалов допускается
только по согласованию с редакцией.

Журнал зарегистрирован
в Россвязькомнадзоре.
Свидетельство о регистрации
ПИ №ФС77-34855 от 13.01.2009 г.

Номер подписан в печать 15.12.2014 г.

Отпечатано ООО «Юнион-Принт»



Учредитель –
компания «Совзонд»

Тираж 3000 экземпляров.
Рекомендованная цена – 217 р. 50 к.

WORLDVIEW-3 — СЪЕМКА СКВОЗЬ ДЫМ С ПОМОЩЬЮ СЕНСОРА SWIR

Спутник WorldView-3, новейший из группировки DigitalGlobe, позволяет взглянуть на мир по-новому. Он обладает самым высоким разрешением среди всех коммерческих спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) — 31 см, кроме того, на его борту имеется 8-канальный сенсор SWIR (Shortwave Infrared), позволяющий осуществлять съемку земной поверхности в условиях дымки, смога, пыли, тумана и облачности.

С помощью изображений, полученных сенсором SWIR, можно обнаруживать горящие участки земной поверхности в условиях задымления, что является чрезвычайно важным при

локализации фронта пламени пожара и его очагов. В качестве примера рассмотрим снимок со спутника WorldView-3 с изображением лесного пожара в комплексе Happy Camp в Klamath National Forest в Калифорнии (рис. 1, 2). На рис. 1 показано изображение в видимой части спектра. Оно такое же, как и на аналогичном снимке с любого коммерческого спутника ДЗЗ, — дым полностью застилает земную поверхность. На рис. 2 показано изображение, полученное сенсором SWIR, — дым исчез, и стали видны очаги пожара. Представленные изображения — это «квик-луки», а не отображение в полном разрешении, кроме того,

снимок SWIR дан в псевдоцветах (композит трех каналов из восьми), что придает огню оранжевый цвет.

Каналы среднего инфракрасного диапазона имеют различную чувствительность к содержащимся в атмосфере компонентам (дым, облачность, туман, аэрозоли). Наименее чувствительным к атмосферным эффектам является восьмой канал (спектральный диапазон 2,295–2,365 мкм). На рис. 3 показан увеличенный фрагмент изображения в спектральном восьмом канале — дым на изображении полностью отсутствует.

Однако возможности данных, полученных сенсором



Рис. 1. Сравнение снимков лесного пожара, сделанных сенсорами VNIR (слева) и SWIR (справа)



Рис. 2. Увеличенный фрагмент снимка с сенсора SWIR



Рис. 3. Увеличенный фрагмент снимка с сенсора SWIR в спектральном восьмом канале

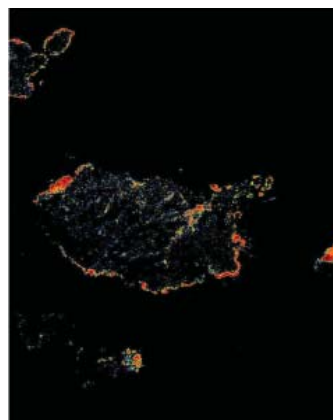


Рис. 4. Тепловая карта района пожара, полученная по данным сенсора SWIR

SWIR, не ограничиваются обнаружением очагов возгорания на земной поверхности. С его помощью можно

оценить температуру горения и интенсивность пламени на разных участках. На рис. 4 показана тепловая

карта разницы температур, полученная путем анализа всех восьми каналов SWIR.

ALOS-2 — НОВЫЙ ЯПОНСКИЙ РАДАРНЫЙ СПУТНИК

Запуск радарного спутника дистанционного зондирования Земли ALOS-2 (рис. 1) был осуществлен 24 мая 2014 г. с космодрома Танегашима ракетой-носителем H-2A.

Специалисты японского космического агентства JAXA отказались от совмещения на одной платформе оптической и радарной систем, что было реализовано на выведенном из эксплуатации спутнике ALOS. Поэтому на смену космическому аппарату (КА) ALOS придут сразу два спутника — один оптико-электронный (ALOS-3), второй радарный (ALOS-2). Запуск спутника ALOS-3 запланирован на 2015 г.

ALOS-2 выполняет съемку в L-диапазоне радиолокатором PALSAR-2 в режимах SpotLight (разрешение — 1–3 м; ширина полосы съемки — 25 км), StripMap (3–10 м; 50–70 км) и ScanSAR (100 м; 350 км).

После окончания тестирования была проведена калибровка оборудования, а поставка данных начнется в конце ноября 2014 г. Данные со спутника ALOS-2 наиболее эффективно могут использоваться для выявления смещений земной поверхности, мониторинга районов стихийных бедствий с целью минимизации ущерба, контроля вырубки лесов, картирования

количественных параметров леса и наблюдения за ледовой обстановкой в Охотском море и Арктике.

Центр дистанционного зондирования Земли Японии (RESTEC) успешно разработал технологию преобразования монохромных изображений, снятых радарным сенсором L-диапазона, которым оснащен спутник ALOS-2.

Однополяризационные снимки L-диапазона со спутника ALOS-1 (рис. 2) были монохромными, что затрудняло их дешифрирование многим пользователям, не имеющим опыта работы с радарными изображениями. Поэтому для спутника ALOS-2 RESTEC разработал новую технологию, автоматически раскрашивающую однополяризационные радарные снимки в цвета, близкие к оптическому изображению в естественных цветах (растительность — зеленого цвета, водная поверхность — темно-синяя, голая почва — коричневая или серая). Используя эту технологию, RESTEC сможет предложить пользователям радарные изображения, более удобные для дешифрирования, что предположительно позволит увеличить число приложений радарных съемок (рис. 3).



Рис. 1. Спутник ALOS-2

Уникальность этой технологии заключается в возможности превращать однополяризационные монохромные радарные изображения

в цветные, не уменьшая их пространственное разрешение. В поданной заявке на патент RESTEC утверждает, что эта технология, разработанная

впервые в мире, позволяет автоматически раскрашивать радарные изображения, сохраняя их пространственное разрешение.

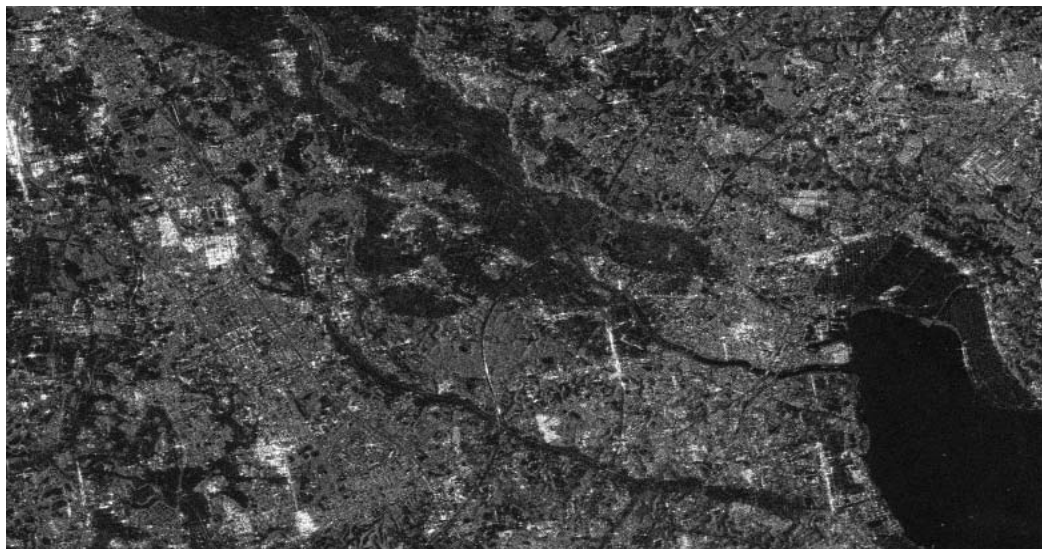


Рис. 2. Радарный снимок со спутника ALOS-1



Рис. 3. Цветной однополяризационный снимок с сенсора PALSAR-2

ПЕРВЫЙ В РОССИИ ЧАСТНЫЙ СПУТНИК ДЛЯ СЪЕМКИ ЗЕМЛИ В ВЫСОКОМ РАЗРЕШЕНИИ ПОСТРОЯТ К 2018 г.



Две частные российские компании подписали соглашение о разработке и совместном использовании спутника дистанционного зондирования Земли сверхвысокого разрешения. Партнерство включает в себя активную работу по расширению сфер применения спутниковых данных в России.



Соглашение о партнерстве подразумевает создание коммерческого спутника, способного выполнять съемку с разрешением до 0,75 м в панхроматическом диапазоне и до 2,5 м — в мультиспектральном. Это разрешение выше, чем у каких-либо гражданских спутников, созданных в России на данный момент. Стоимость спутника с наземной системой управления с учетом

расходов на его запуск — 100 млн долл.

Заказчиком космического аппарата выступает российская компания «Совзонд», предоставляющая геоинформационные услуги для крупных частных и государственных организаций. Компания более 20 лет работает на российском рынке, но все еще вынуждена пользоваться данными с иностранных спутников. Запуск собственного космического аппарата выведет компанию на новый уровень — позволит предоставлять услуги более оперативно и применять более гибкую ценовую политику.

Работы по конструированию и изготовлению космического аппарата будет вести международный частный космический холдинг «Даурия Аэроспейс», созданный российскими бизнесменами в 2012 г. Сегодня на орбите находятся три спутника микро- и наноклассов собственной разработки компании. Спутники DX1, Perseus-M1 и Perseus-M2 запущены летом 2014 г. с целью летных испытаний спутниковых платформ, разработанных специалистами холдинга. Датчики, установленные на спутниках в качестве полезной нагрузки, обеспечивают определение местоположе-

ния океанских и крупных речных кораблей. В настоящий момент в холдинге ведутся разработки нескольких спутников дистанционного зондирования Земли среднего и высокого разрешения. Кроме того, создаются два телекоммуникационных спутника по контракту с индийской компанией Aniara Communications.

Генеральный директор компании «Даурия Аэроспейс» Сергей Иванов прокомментировал соглашение с компанией «Совзонд»:

«В самом начале нашего пути, в 2012 году, мы предполагали, что будем создавать спутники для съемки в субметровом разрешении. Однако основным заказчиком рассматривали немецкое подразделение «Даурия Аэроспейс» — компанию CloudEO. Мы рады, что спрос в России на такие аппараты возник даже раньше, чем мы ожидали. Мы уверены, что данные дистанционного зондирования будут находить все большее применение в России, что, в общем-то логично, с учетом просторов нашей страны. Надеемся, что спутник, создаваемый нашей компанией, позволит компании «Совзонд» расширить спектр услуг и упрочить лидирующее положение на российском рынке».

ПОЛУЧЕНЫ ПЕРВЫЕ ИНТЕРФЕРОГРАММЫ С РАДАРНОГО СПУТНИКА SENTINEL-1A

Запущенный и введенный в эксплуатацию в апреле 2014 г. радарный спутник Sentinel-1A уже демонстрирует свои возможности. Его данные могут использоваться для создания 3D-моделей, мониторинга смещений земной поверхности и контроля ледовой обстановки. Являясь первым спутником группировки европейской системы наблюдения Земли Copernicus, Sentinel-1A снабжен самым современным радаром для съемки в любое время суток независимо от облачности.

Среди многочисленных задач, решаемых с помощью спутника, регулярный мониторинг судоходных районов, предоставление оперативной информации для целей

картографирования морских льдов и оперативной съемки для быстрого реагирования на стихийные бедствия (например, наводнения), предоставление информации о ветрах и волнах для морского транспорта, контроль подъемов и оседаний земной поверхности.

Снимки Sentinel-1A демонстрируют отличную фазовую стабильность самого радара и корректную орбиту спутника, что говорит о готовности данных для практических и научных приложений, в первую очередь для радарной интерферометрии (рис.).

Спутник Sentinel-1A осуществляет съемку одних и тех же участков Земли каждые 12 дней. Однако

как только в 2016 г. будет запущен спутник-близнец Sentinel-1B, периодичность съемки сократится до шести дней, что позволит отслеживать изменения еще более оперативно.

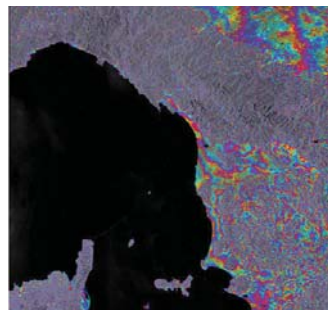


Рис. Образец интерферограммы, рассчитанной по интерферометрической паре снимков Sentinel-1A в режиме TOPSAR (Interferometric Wide Swath) от 7 и 19 августа 2014 г. Италия, Генуэзский залив (по центру), долина реки По (справа), острова Эльба и Корсика (по центру и слева соответственно)

ГРУППИРОВКА СПУТНИКОВ ДЗЗ ПОПОЛНИЛАСЬ НОВЫМИ АППАРАТАМИ

Ракета-носитель «Днепр», стартовавшая 19 июня 2014 г. с пусковой базы «Ясный» в Оренбургской области, успешно вывела на орбиту 33 частных спутника из разных стран. Среди запущенных космических аппаратов были два спутника дистанционного зондирования Земли: Deimos-2 (Испания) и KazEOSat-2 (Казахстан), а также два мини-спутника компании Dauria Aerospace

Perseus-M с блоком автоматической идентификационной системы для обмена данными между кораблями и наземными судоходными службами.

Спутник Deimos-2 (рис. 1) предназначен для получения недорогих мультиспектральных данных ДЗЗ высокого качества. КА Deimos-2 вместе с Deimos-1 составят единую спутниковую систему Deimos Imaging.



Рис. 1. Спутник Deimos-2

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА DEIMOS-2

Масса, кг		310
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	620
	Наклонение, град.	98
Расчетный срок функционирования, лет		7

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ DEIMOS-2

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,45–0,9	0,45–0,51 (синий) 0,51–0,58 (зеленый) 0,60–0,72 (красный) 0,76–0,89 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	0,75	4
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель	10	
Ширина полосы съемки, км	12	
Периодичность съемки, сут.	4	

Казахстанский спутник ДЗЗ среднего разрешения KazEOSat-2 (Kazakhstan Earth Observation Satellite изготовлен по заказу Казкосмоса компаниями Airbus Defence & Space и SSTL; рис. 2). Спутник и съемочная аппаратура

по своим характеристикам идентичны космическим аппаратам RapidEye. Казахская система ДЗЗ включает в себя также запущенный 30 апреля 2014 г. спутник высокого разрешения KazEOSat-1.

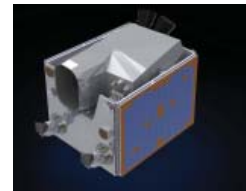


Рис. 2. Спутник KazEOSat-2

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА KAZEOSAT-2

Масса, кг		185
Орбита	Тип	Солнечно-синхронная
	Высота, км	630
	Наклонение, град.	98
Расчетный срок функционирования, лет		7

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЪЕМОЧНОЙ АППАРАТУРЫ KAZEOSAT-2

Режим съемки	Панхроматический	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,45–0,9	0,44–0,51 (синий) 0,52–0,59 (зеленый) 0,63–0,685 (красный) 0,69–0,73 (крайний красный или red-edge) 0,76–0,88 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	6,5	
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель	12	
Ширина полосы съемки, км	78	

8 июля 2014 г. на космодроме Байконур состоялся запуск российской ракеты-носителя «Союз-2.1б» с российским метеоспутником «Метеор-М» №2 и кластером из шести зарубежных спутников на борту. Среди запущенных космических аппаратов был мини-спутник ДЗЗ SkySat-2.

Космический аппарат «Метеор-М» №2 (рис. 3), созданный ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ», является вторым аппаратом космического комплекса «Метеор-3М». Космический комплекс «Метеор-3М» создается в рамках Федеральной космической программы России и предназначен для оперативного получения глобальной гидрометеорологической информации в целях прогноза погоды, контроля озонового слоя и радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве, а также для мониторинга морской поверхности, включая ледовую обстановку, с целью обеспечения судоходства в полярных районах.



Рис. 3. Спутник «Метеор-М» №2

Космический комплекс «Метеор-3М» начал разворачиваться в 2009 г., когда был запущен спутник «Метеор-М» №1, предназначенный для получения космической информации в интересах оперативной метеорологии, гидрологии, агрометеорологии, мониторинга климата и окружающей среды.

КА «Метеор-М» №2 оснащен гидрометеорологической аппаратурой и аппаратурой оперативного мониторинга, в числе которой комплекс многоканальной спектральной съемки (КМСС), состоящий из трех камер и предназначенный для мониторинга земной поверхности с разрешением 60 и 120 м, и бортовой радиолокационный комплекс (БРЛК) «Северянин-М» для мониторинга ледового и снежного покровов в режимах малого (800–1300 м) и среднего (400–650 м) разрешения.

Спутник SkySat-2 (рис. 4) — второй спутник группировки мини-спутников ДЗЗ компании Skybox Imaging, недавно приобретенной компанией Google. Первый спутник группировки компании Skybox был запущен 21 ноября 2013 г. Он ведет мультиспектральную съемку с разрешением 1 м и видеосъемку высокого качества.

Всего до 2019 г. запланировано развернуть группировку из 24 спутников, после чего пользователям станут

доступны возможности совершенно нового качества. Они смогут осуществлять мониторинг объектов из космоса (мест добычи полезных ископаемых, трубопроводов, портов и т. д.) практически в непрерывном режиме. Компания Skybox Imaging стремится предоставлять такой сервис, который позволит заказчику самому управлять камерами. Кроме того, будет возможна поставка набора обработанных снимков с выполненным целевым анализом.



Рис. 4. Спутник SkySat-2

19 августа 2014 г. с космодрома Цзюцюань был осуществлен запуск ракеты-носителя CZ-4D, которая вывела на околоземную орбиту китайский спутник ДЗЗ высокого разрешения GF-2 (Gaofen-2; рис. 5) — второй из серии оптико-электронных спутников высокого разрешения гражданской программы HDEOS (High-Definition Earth Observation Satellite), начатой в 2006 г. Основными потребителями



Рис. 5. Спутник GF-2

данных будут министерства земельных ресурсов, защиты окружающей среды, сельского хозяйства. Всего до 2016 г. планируется запустить шесть спутников этой серии.

Спутник GF-2 будет вести съемку с разрешением 1 м

в панхроматическом режиме и 4 м — в мультиспектральном. Первый спутник серии GF-1, запущенный 26 апреля 2013 г., ведет съемку с разрешением 2 м в панхроматическом режиме, а также 8 и 16 м — в мультиспектральном.

ВЫШЛИ НОВЫЕ ВЕРСИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ INPHO И UASMASTER



Программное обеспечение (ПО) INPHO по праву занимает лидирующие позиции среди профессиональных продуктов для фотограмметрической обработки данных

дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), включая создание ЦМР, ортотрансформирование и построение 3D-моделей рельефа и местности.

Ключевые особенности новой версии INPHO 6.0:

- Значительно расширена поддержка данных космической съемки, в частности,

в список поддерживаемых космических аппаратов включены Ресурс-П, Pleiades и Spot 6,7.

- В модуле Match-AT добавлена новая функция триангуляции космических снимков, позволяющая выполнять автоматическое извлечение связующих точек и уравнивание блока по

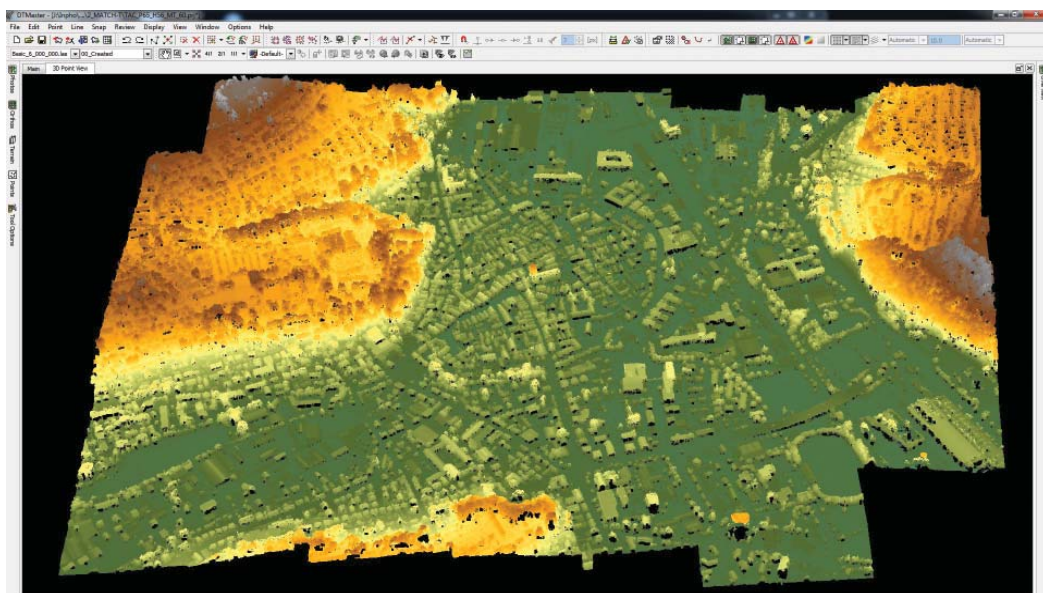


Рис. 1. Пример отображения облака точек в окне модуля DTMaster



Рис. 2. Пример работы нового инструмента оцифровки

методу связок, что обеспечивает получение точных параметров ориентирования космических снимков.

- Добавлена возможность распределенной обработки данных в модулях MATCH-T DSM (для автоматического создания ЦМР и ЦММ) и OrthoMaster (для ортофото-трансформирования).

- В модуле LPMaster значительно сокращено время обработки лидарных данных за счет нового инструмента автоматического уравнивания данных одного маршрута, который позволяет получать однородные облака точек высокой точности.

- Улучшены алгоритмы работы с облаками точек (рис. 1).

- В алгоритмах автоматического создания облаков точек в модулях MATCH-T DSM и UASMaster были обновлены стратегии отождествления соответственных точек, что позволяет получать менее зашумленные четкие высокодетальные модели поверхности.

- В модулях DTMaster и UASMaster появились новые инструменты проверки (по параллаксам и сдвигу точек) и новые функции автоматического редактирования (например, новый режим оцифровки, основанный на корреляции и интерполяции, Follow-Terrain; рис. 2), а также реализована новая технология визуализации облаков точек для комфортной работы с большими наборами данных.

- Расширены возможности работы с данными сторонних программных продуктов, включая программные продукты Trimble, через поддержку новых форматов данных: Trimble Geoid File Format, Jpeg2000, LAS 1.4, LASZip, EXIF и т. д.

Высокоавтоматизированные процессы позволяющие быстро обрабатывать проекты, получая продукты высокой точности для решения задач мониторинга окружающей среды, лесного и сельского хозяйства, земельных ресурсов.

Все пользователи INPHO, у которых действует техническая поддержка, могут обновить программу, скачав и установив дистрибутив версии INPHO 6.0.

Современные информационные и коммуникационные технологии обработки данных ДЗЗ позволяют проводить анализ, картографировать, изучать и оценивать природно-территориальные комплексы

Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета» занимается созданием российских гидрометеорологических космических комплексов, приемом, обработкой, архивацией и распространением спутниковой информации, ведет Государственный фонд спутниковых данных о состоянии природной среды, осуществляет космический мониторинг окружающей среды и чрезвычайных ситуаций, проводит глобальные климатологические исследования. Одним из подразделений ФГБУ «НИЦ «Планета» является Дальневосточный центр, который в своей деятельности активно использует данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационные системы. На вопросы редакции журнала «Геоматика» любезно согласилась ответить директор Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета» Любовь Сергеевна Крамарева.



Л. С. Крамарева. Блиц-портрет

Год и место рождения: 1959 г., с. Балаганное Магаданской обл.

Семейное положение: замужем

Дети: двое сыновей 28 и 29 лет, математик и программист

Образование: геофизический факультет Дальневосточного государственного университета (ДВГУ), 1985 г.

Основные научные работы:

- участие в разработке информационной системы для работы с данными дистанционного спутникового мониторинга Дальнего Востока России с целью обеспечения научной и образовательной деятельности в области исследования и контроля состояния окружающей среды и опасных природных явлений;
- участие в создании информационного сервиса «Дистанционный мониторинг активности вулканов Камчатки и Курил»

Увлечения: шахматы, лыжи, прогулки по лесу

Кулинарные пристрастия: блины с малиновым вареньем

Редакция: Добрый день, Любовь Сергеевна. Нашим читателям будет интересно узнать о Вашей организации. Расскажите, пожалуйста, об истории создания, нынешнем состоянии и перспективах развития Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета».

Л. Крамарева: Дальневосточный центр является одним из центров, входящих в состав Федерального государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета». В составе ФГБУ «НИЦ «Планета» функционируют три крупных центра: Европейский, Сибирский и Дальневосточный. Географически центры расположены таким образом, чтобы зонами радиовидимости перекрывать всю территорию Российской Федерации. Дальневосточный центр создан 1 апреля 2011 г. на базе Дальневосточного регионального центра приема и обработки спутниковых данных (ДВ РЦПОД), основанного в 1968 г.

В 1969 г. был сдан в эксплуатацию выносной пункт приема информации (ВППИ) с комплексом зданий и сооружений, который находится на расстоянии 21 км от города. В настоящее время он функционирует и развивается. Парк приемных средств постоянно пополняется современными комплексами, проводится дооснащение и модернизация существующих наземных комплексов приема и обработки новых данных ДЗЗ. Имеющиеся возможности позволяют получать спутниковую информацию с разрешением от 2 м в видимом диапазоне, до 50 км — в радиодиапазоне. За годы существования Дальневосточного центра коллективу удалось сохранить и приумножить опыт дешифрирования спутниковой информации, автоматизировать имеющиеся и создать новые методики и технологии обработки данных ДЗЗ. Сейчас наш Центр является

ведущей организацией Росгидромета на Дальнем Востоке по эксплуатации и развитию национальных систем наблюдения Земли из космоса гидрометеорологического и океанографического назначения. В настоящее время техническая база Центра включает девять комплексов, принимающих информацию с пяти отечественных и восьми зарубежных космических аппаратов, в том числе «Метеор-М» №1, 2, «Канопус-В» №1, «Ресурс-П» №1, серии NOAA, Terra, Aqua, Suomi NPP, MetOP. Осуществляется прием данных с системы геостационарных спутников «Электро-Л» №1 и MTSAT-1R/2. В плановом порядке проходит повышение квалификации специалистов, привлекаются молодые перспективные кадры. Ведется активная работа по взаимодействию с зарубежными коллегами по вопросам внедрения в Центре новейших алгоритмов обработки спутниковой информации. Разрабатываются проекты по использованию данных ДЗЗ в моделях регионального и континентального уровней.

Р.: Ваш Центр — научно-исследовательский, однако нам известно, что в портфолио Дальневосточного центра есть немало практических прикладных проектов. Расскажите, пожалуйста, о наиболее интересных из них.

Л. К.: Прикладных проектов много, каждый интересен и важен по-своему. Современные информационные и коммуникационные технологии обработки данных ДЗЗ позволяют проводить анализ, картографировать, изучать и оценивать природно-территориальные комплексы не только по горизонтали, но и по вертикали.

Основная деятельность Дальневосточного центра направлена на обеспечение подразделений Росгидромета, государственных и муниципальных структур, а также

иных управленческих и хозяйствующих субъектов Дальневосточного федерального округа оперативными материалами космических съемок и тематической продукцией в интересах гидрометеорологического мониторинга природной среды, контроля стихийных явлений и решения других сопутствующих задач. В нашем Центре налажен выпуск карт метеорологического, гидрологического и океанографического назначения. Сюда входят карты вертикальных профилей температуры и геопотенциала, концентрации озона и водяного пара, разливов рек и ледовой обстановки дальневосточных и арктических морей и многое другое. На наш Центр возложено много задач по реализации мероприятий Росгидромета в рамках ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 гг.». Согласно плану этой программы специалисты Центра устанавливают на метеорологических станциях и гидрологических постах радиотерминалы для передачи данных наблюдений через спутниковые ретрансляторы. В рамках совместных с Роскосмосом проектов наш Центр принимает участие в летных испытаниях новых отечественных космических аппаратов.

Р.: Последние годы на Дальнем Востоке ознаменовались аномальными показателями по ряду природных явлений. Особенно стоит отметить катастрофический паводок на реке Амур и ее притоках в 2013 г. Расскажите, пожалуйста, как осуществлялся мониторинг этого стихийного бедствия. Данные с каких спутников использовались для мониторинга?

Л. К.: Действительно, 2013 год для Дальнего Востока ознаменовался катастрофическим паводком на реке Амур и ее притоках. Уровень воды превысил все

исторические максимумы на 50–166 см. Сложная паводковая ситуация продолжалась около двух месяцев, требуя постоянного пристального наблюдения. Помимо исторически сложившихся наземных способов наблюдений, позволяющих оценить обстановку только в пределах гидрологических постов, важнейшую роль сыграл космический мониторинг, дающий полную картину масштабов стихии. Мониторинг паводка проводился ежедневно посредством четырехкосмических аппаратов: «Метеор-М» №1, «Канопус-В» №1 (Россия) и MODIS Terra и Aqua (США). С сайта USGS скачивалась в оперативном режиме «сырая» информация по затопленным районам с КА Landsat-8. Разработанные нами уникальные методики и технологии позволили, помимо традиционных цветосинтезированных снимков, строить карты затопленных участков пойм рек, совмещенных с топографической основой и отображением на них значений уровней воды, полученных с гидрологических постов. Хочется особо отметить роль российского спутника «Канопус-В» №1, высокое разрешение которого позволяло точно выделять и оценивать зоны затопления на территории городов и поселков, проводить анализ и оценку наиболее слабых мест в укрепительных сооружениях. Информация о паводковой обстановке оперативно предоставлялась органам государственной власти федерального и регионального уровней (правительствам Хабаровского края, Амурской области, Еврейской автономной области, полномочному представителю Президента в ДФО), Единой диспетчерской службе, структурам и подразделениям МЧС всех уровней, организациям Росгидромета Дальнего Востока, также информация была доступна на сайтах Европейского и Дальневосточного центров ФГБУ «НИЦ «Планета», официальном сайте Росгидромета.

Р.: Известно, что для Дальнего Востока России очень серьезной проблемой являются лесные пожары. Какие технологии раннего обнаружения и мониторинга лесных пожаров использует Ваш Центр?

Л. К.: Лесные пожары — это большая беда нашего региона. Огромные территории с отсутствием какой-либо инфраструктуры не позволяют полноценно использовать наземные и авиационные средства обнаружения лесных пожаров на начальной стадии. Спутниковый мониторинг в этом случае приобретает колоссальное значение, поэтому оперативное обнаружение и ежедневное наблюдение за пожарами являются одними из приоритетных задач, решаемых нами. Технологии, используемые в нашем Центре, позволяют в оперативном режиме не только визуализировать пожары, гари и дымовые шлейфы на цветосинтезированных снимках, но и осуществлять на основе данных спутниковых систем среднего и низкого разрешения детектирование точек вероятного возгорания, в том числе и на ранней стадии. Программы детектирования позволяют определять наличие пожара, его точные координаты, расстояние до ближайших населенных пунктов. Эта информация поступает в базу данных на сервере Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз), в группы мониторинга при правительствах различных региональных уровней, в подразделения Авиалесоохраны и МЧС. Значительная частота наблюдения (до восьми раз в сутки по одной и той же территории) позволяет определить направление распространения огня, увидеть и оценить площадь загрязнения продуктами горения (дымами), получить представление о рельефе местности и возможность сориентироваться с подходами для тушения.

Р.: В настоящее время на орбите находится множество космических аппаратов ДЗЗ, есть среди них и несколько российских спутников. Рынок космических снимков пестрит разнообразием. Данным с каких российских и зарубежных спутников отдает предпочтение Ваш Центр? По каким критериям выбираются спутники?

Л. К.: Из-за широкого круга задач, решаемых Центром, говорить о приоритетах трудно. Мы живем в непростом с точки зрения природных, географических и климатических условий регионе. Помимо пожаров и паводков, о которых мы уже говорили, на Дальнем Востоке существует еще много объектов и явлений, нуждающихся в спутниковом мониторинге. Прошлый и текущий года подтвердили, что более глубокими стали тайфуны, как правило, сопровождающиеся шквалистыми ветрами и ливневыми осадками. Чаше и интенсивнее извергаются камчатские вулканы, осложняя воздушные перевозки. Вместе с тем регион намного слабее охвачен спутниковой информацией, чем европейская часть страны или Сибирь, поэтому и потребность в космической информации очень велика. Мы принимаем, обрабатываем, распространяем данные со всех отечественных космических аппаратов, а также с зарубежных, осуществляющих сброс информации для свободного доступа. И даже при таком объеме информации иногда сталкиваемся с тем, что нашим пользователям ее не хватает.

Р.: Роскосмос строит большие планы по развитию отечественной отрасли ДЗЗ — планируется развернуть целые спутниковые системы. Интересно узнать Ваше мнение о существующей программе. В полной ли мере все эти спутники обеспечат решение задач российских организаций? Будут ли данные с этих спутников конкурентоспособны на мировом рынке? Какие спутники нужны России?

Л. К.: Планы были озвучены на совещании о перспективах развития космической отрасли, прошедшем 12 апреля 2013 г. под руководством Президента РФ В. В. Путина в Благовещенске. Они действительно грандиозные. В соответствии с Федеральной космической программой в 2012 г. был осуществлен запуск космического аппарата «Канопус-В» №1, работающего в интересах МЧС, Минприроды, Росгидромета, РАН. Затем был выведен на орбиту спутник «Ресурс-П» №1 (рис.). В настоящее время группировка метеорологических спутников состоит из двух полярно-орбитальных КА — «Метеор-М» №1 и «Метеор-М» №2 — и геостационарного «Электро-Л» №1. В ближайшей перспективе планируется значительное увеличение количества российских аппаратов ДЗЗ, выведенных на околоземную орбиту. Кроме того, сегодня проводятся работы по оснащению спутников ДЗЗ аппаратурой, производящей съемку в радиолокационном диапазоне. Как показывает практика, использование таких данных позволяет решить проблему экранирования облачностью. Такая аппаратура, размещенная на отечественных спутниках, нам просто необходима, потому что зарубежные аналоги не всегда доступны по финансовым соображениям. Работы в этом направлении ведутся. КА «Метеор-М» №2, проходящий в настоящее время летные испытания, оснащен радиолокатором бокового обзора, и мы возлагаем на него большие надежды. Было бы замечательно, если бы программа была реализована в полном объеме и все космические аппараты функционировали в штатном режиме. Позволит ли это в полной мере обеспечить решение задач российских организаций, покажет время. Но то, что существующая программа даст новый толчок к развитию отечественного промышленно-экономического комплекса и укрепит наши позиции в рамках участия в международных проектах, — несомненно.

Р.: Мы наблюдаем процесс колоссального увеличения объемов обрабатываемых и анализируемых пространственных данных. Сталкивается ли Ваш Центр с этой проблемой, используете ли Вы специальные системы хранения данных?

Л. К.: Наш Центр не понаслышке знает о проблеме увеличения количества принимаемой и обрабатываемой информации. Если два года назад мы принимали порядка 20 Гб спутниковой информации в сутки, то сегодня эта цифра превышает 50 Гб. Общий объем данных, хранящихся сегодня в Центре, — более 90 Тб исходной спутниковой информации и выходной продукции Центра. Мы стараемся применять лучшие практики в области архивации больших потоков информации. При построении системы архивации специалисты нашего Центра делали акцент на надежности и отказоустойчивости, адекватной стоимости, скорости восстановления, удобстве при выполнении текущих задач. Если говорить о технических решениях, то в Центре реализован многоступенчатый циклический архив, используются дисковые и ленточные системы хранения данных, территориальное распределение архивов.

Р.: Насколько активно внедряются в практику космического мониторинга геоинформационные технологии? Какое программное обеспечение вы используете? Использует ли Центр линейку продуктов ArcGIS, в частности ArcGIS for Server?

Л. К.: Сегодня большую популярность приобретают различные геоинформационные системы, которые в зависимости от задач потребителя и благодаря возможности визуализации на одной карте различных растровых и векторных данных



Рис. Снимок г. Хабаровска с ИА «Ресурс-П»

позволяют проводить быстрый поиск по указанным параметрам и глубокий анализ необходимой информации. В связи с этим в нашем Центре проводится активная работа по переходу от статичной продукции к тем видам, которые можно использовать в различных ГИС: базы тематических пространственных данных, векторные и растровые карты и др. В данный момент нашим основным инструментом, который позволяет проводить тематическую обработку спутниковых данных, классифицировать объекты на изображении и работать с векторными картами спутниковой информации, является программный комплекс ENVI+IDL. Для повышения качества и оперативности изготовления продукции наши специалисты постоянно разрабатывают и совершенствуют

дополнительные модули, значительно расширяющие стандартные средства ENVI.

Параллельно используется настольная версия ArcGIS, которая предоставляет большой набор инструментов для работы с векторными и растровыми данными, однако пользователями этих данных пока являются лишь точечные потребители. Программные комплексы ENVI и ArcGIS были поставлены нам компанией «Совзонд». В настоящее время мы участвуем в глобальных проектах по разработке ГИС-порталов с использованием ArcGIS for Server, которые позволят охватить более широкий круг пользователей.

Р.: Любовь Сергеевна, благодарим Вас за интересное и содержательное интервью!

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

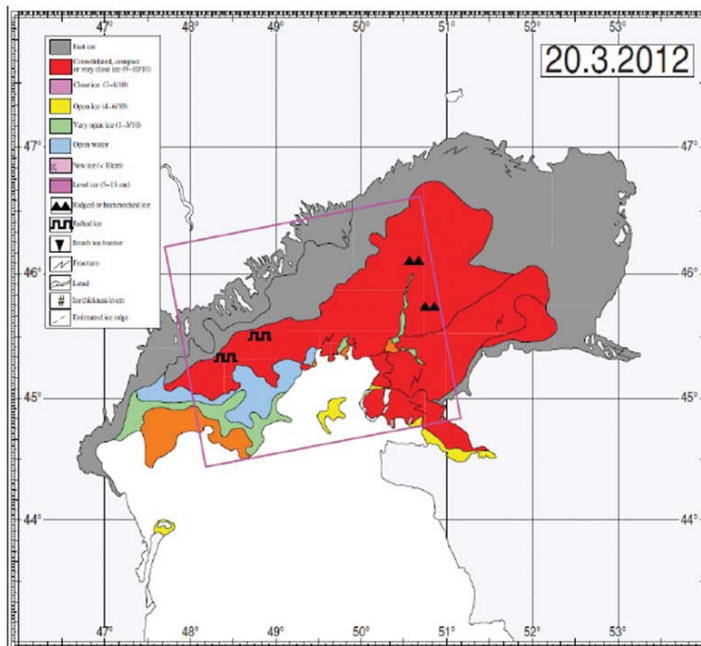


Рис. 1. Карта ледовой обстановки на территорию севера Каспийского моря, рассчитанная по данным радарных съемок со спутников COSMO-SkyMed-1-4 в 2012 г. Данная карта была рассчитана по данным региональных съемок с разрешением 100 м. В рамках сервиса мониторинга ледовой обстановки возможны съемки более 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		Country associated	
5.56 km ²	0.74 km	Spain	
Width	Length	Slick orientation	
0.74 km	22.82 km	SOLN-RT	
Possible sources			
N/A			
Characteristics			
Type:	Literal	Shape:	Irregular
Contrast:	Weak	Edges:	Sharp and Diffuse
Surroundings:	Heterogeneous		
Miscellaneous data			
Model Wind:	2 km/h from 121°	Model Wave:	1 m, swells 67°
BAR Wind:	1 km/h from 180°	BAR Wave:	N/A
Sea Surface Temperature:	27°C	Sea Current:	0 km/h
Criteria for confidence level			
Weak contrast, sharp and diffuse edges, irregular and/or shaped disk, feathered, sparse, N/A, other properties, automatic link to the satellite image.			
Comments			
N/A			

Рис. 3. Пример веб-интерфейса поставки сервиса мониторинга нефтеразливов. Внизу — «клик-лук» 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 вымывания).

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.

От пикселей к готовому продукту и получению новых знаний*

Уже более 40 лет сфера дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) сталкивается с двумя основными проблемами при использовании космических снимков: поиск методов автоматизированного извлечения информации и выявление изменений. Спутник DigitalGlobe WorldView-3, запущенный в августе 2014 г., предназначен для решения этих проблем путем последовательного создания однородных наборов данных ДЗЗ и предоставления уникальной информации для сельского и лесного хозяйства, горнодобывающей промышленности и других отраслей.

УВЕЛИЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СПЕКТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ

Спутник WorldView-3 — это первый коммерческий спутник высокого разрешения с 16 спектральными каналами, который ведет съемку в видимом и ближнем инфракрасном (VNIR), коротковолновом инфракрасном (SWIR) диапазонах электромагнитного спектра. Находясь на орбите высотой 617 км, спутник ведет съемку с разрешением 31 см в панхроматическом режиме, 1,24 м — в мультиспектральном (VNIR) и 3,7–7,5 м — в режиме SWIR.

Спутник WorldView-3 сконструирован на базе спутника WorldView-2 и имеет такие же уникальные возможности для съемки в режиме VNIR, а также дополнительно восемь спектральных каналов в новом коротковолновом режиме съемки (SWIR), что оказывает существенную помощь при комплексном моделировании и картографировании горных

пород, грунтов и почв. Потенциальные области применения включают в себя: геологическое картирование, экологический контроль и мониторинг районов стихийных бедствий, разведку нефтяных месторождений, других полезных ископаемых, а также оценку геотермальных ресурсов. Благодаря минимальному атмосферному воздействию или шумам в этой части электромагнитного спектра, а также улучшенной способности различать материалы каналы режима SWIR открывают новые возможности для автоматизированного извлечения информации, позволяя экономить время, деньги и, возможно, спасти жизни.

ПОЛУЧЕНИЕ ОДНОРОДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Спутники ДЗЗ ведут съемку Земли с высоты верхнего слоя атмосферы. Изменения в составе атмосферы, особенности освещения и условий проведения съемки обуславливают неоднородность получаемых данных, что препятствует автоматизированной обработке изображений и выявлению изменений. Атмосферные условия, как правило, варьируются от снимка к снимку из-за различных уровней влажности (водяной пар) и твердых частиц (аэрозолей) в атмосфере. Было выполнено много исследований для точного измерения атмосферного влияния на снимки земной поверхности. В результате было использовано несколько технологий внесения поправок атмосферных

* Статья предоставлена компанией DigitalGlobe. Перевод с английского языка И. Бобриш (компания «Совзонд»)

и геометрических искажений для различных типов сенсоров.

Трудность заключалась в получении точных атмосферных измерений в соответствующем масштабе, которые могли бы обеспечить правильную коррекцию изображения. Ожидается, что космический аппарат WorldView-3 решит эту проблему, став первым коммерческим спутником, несущим в своей полезной нагрузке инструмент для оценки состояния атмосферы.

Одновременно с получением изображения атмосферный инструмент на WorldView-3 сможет обнаружить присутствие облаков, аэрозолей и паров воды с пространственным разрешением 31 см, тем самым измеряя состояние атмосферы для каждого полученного снимка. На рис. 1 показано, что ширина полосы сенсора для атмосферной коррекции больше, чем ширина полосы съемочной аппаратуры.

Специалисты компании DigitalGlobe разработали собственные алгоритмы, которые используют данные атмосферных измерений для получения однородных изображений со спутника WorldView-3. Это называется атмосферной коррекцией. Она особенно необходима для получения информации,

например, при выявлении изменений или анализе растительности, так как искажения, связанные с атмосферой, не учитываются при анализе. Атмосферная коррекция влияет на данные отражающей способности. На рис. 2 показан пример изображения земной поверхности после атмосферной коррекции. Индекс NDVI, полученный по данным без атмосферной коррекции, занижает количество растительности примерно на 10–13%.



Рис. 1. Ширина полосы съемки сенсора для атмосферной коррекции спутника WorldView-3 больше, чем ширина полосы съемочной аппаратуры

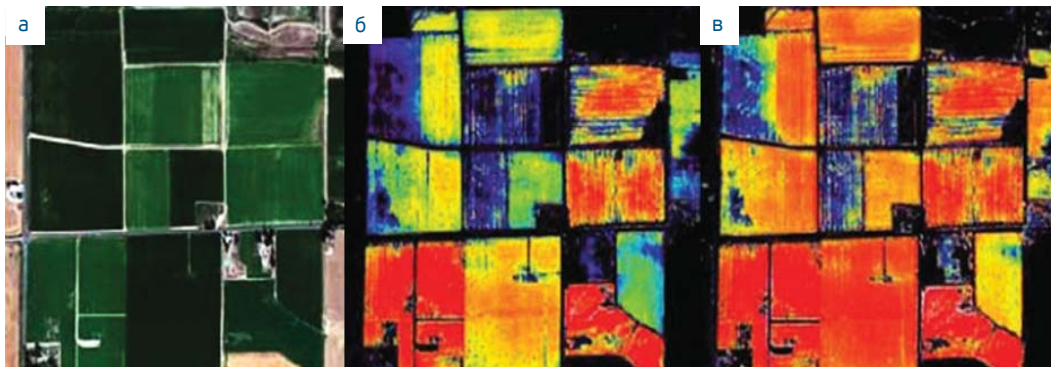


Рис. 2. Снимок со спутника WorldView-2. Район города Лонгмонт, штат Колорадо, 10 августа 2011 г.
 а) Изображение в натуральных цветах после внесения атмосферной коррекции;
 б) Индекс NDVI, полученный по данным съемки с высоты верхнего слоя атмосферы;
 в) Индекс NDVI, полученный без учета атмосферного влияния

Еще одна проблема — это невысокая степень автоматизации процесса выделения облачного покрова на изображении. Сочетание данных, полученных с сенсоров VNIR и SWIR, позволяет точно отличать облака от других ярких объектов, таких, как снег и лед. На рис. 3 представлено изображение земной поверхности, полученное сенсором SWIR в условиях задымленной атмосферы и тумана. На рис. 4 показан снимок извержения вулкана в Исландии в 2010 г., полученный сенсором Nuregion в режиме VNIR, и смоделированный снимок со спутника WorldView-3, позволяющий различать пепел, лед и облака.

WorldView-3 — это первый суперспектральный спутник, имеющий возможность одновременно измерять атмосферные параметры во время проведения основной съемки, что позволяет получить беспрецедентное количество нормированных изображений по всему миру. Такой подход открывает новую веху в автоматизированном

получении информации и выявлении изменений.

Атмосферный сенсор спутника WorldView-3 может использоваться для нормализации изображений при различном состоянии атмосферы, а также позволяет разработать универсальные алгоритмы для всего земного шара. Кроме того, спутник с 16 спектральными каналами позволяет реализовать автоматизированное извлечение информации для различных сфер применения. Спутник WorldView-3 — это одновременно и эволюционный (продолжение технологии, примененной в спутнике WorldView-2), и революционный (новые спектральные каналы) аппарат. Он призван преобразовать отрасль ДЗЗ в целом, осуществив переход от индустрии пикселей к индустрии продуктов, что приведет к расширению использования данных дистанционного зондирования и поможет лучше понимать нашу меняющуюся планету.

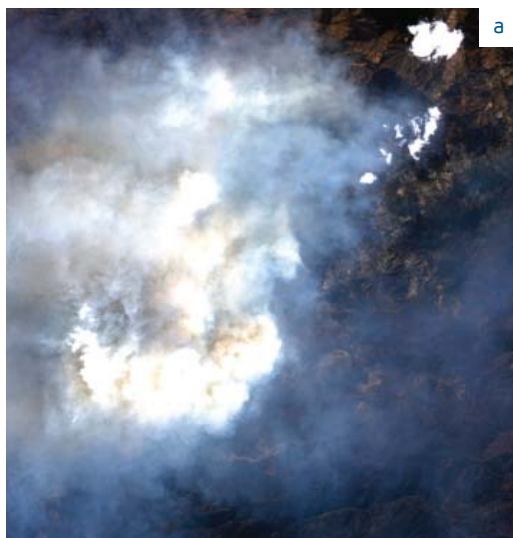


Рис. 3. Спутник WorldView-3. Электромагнитные волны в длинноволновом инфракрасном диапазоне способны проникать через дым пожара и туман: а) снимок в натуральных цветах (справа вверху — облако, слева внизу — дым); б) снимок с сенсора SWIR (виден только след от облака и очаг пожара)

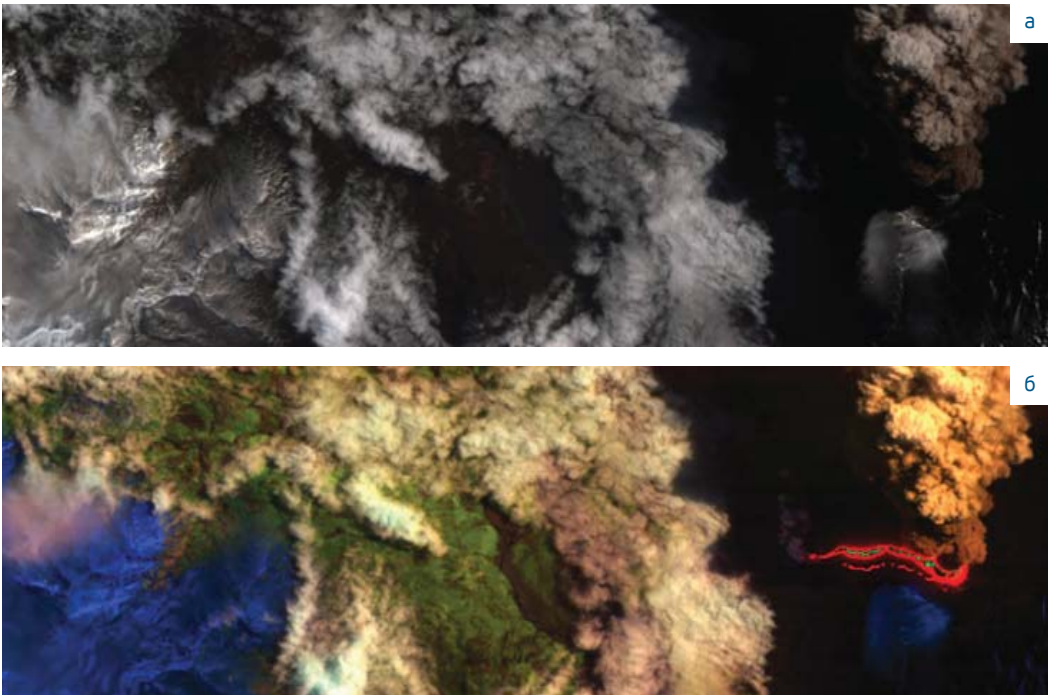


Рис. 4. Изображение извержения вулкана в Исландии. Видно, что снег (лед) и облака выглядят по-разному в диапазоне SWIR: а) композит RGB в диапазоне VNIR; б) композит SWIR-5 — SWIR-1 — Red

ПРЕИМУЩЕСТВА СЪЕМКИ В ДИАПАЗОНЕ SWIR ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Сельское хозяйство

Использование 16-канальной съемки со спутника WorldView-3 повысит эффективность мониторинга в данной области. Одна из главных задач сельского хозяйства — это получение точных оценок ресурсов сельскохозяйственных культур в региональном и глобальном масштабе. Снимки со спутника WorldView-3, прошедшие атмосферную коррекцию, позволяют создавать точные карты посевов и типов культур.

Поскольку мир заинтересован в повышении глобальной продовольственной безопасности, решающее значение имеет увеличение

производительности и урожайности на небольших фермах при одновременном снижении затрат, минимизации воздействия на окружающую среду, применении точного земледелия и повышении эффективности управления сельским хозяйством. Важно принимать корректирующие действия в начале периода вегетации, имея точное понимание состояния посевов, их угнетенности, вызванной дефицитом питательных веществ, влаги или вредителями. На рис. 5 показано, как спектральные каналы (крайний красный — red edge и желтый — yellow) на спутниках WorldView-2 и WorldView-3 помогают в наблюдении и сопоставлении этих явлений. Угнетение культуры приводит к изменению содержания хлорофилла в листьях и замене его каротиноидами,

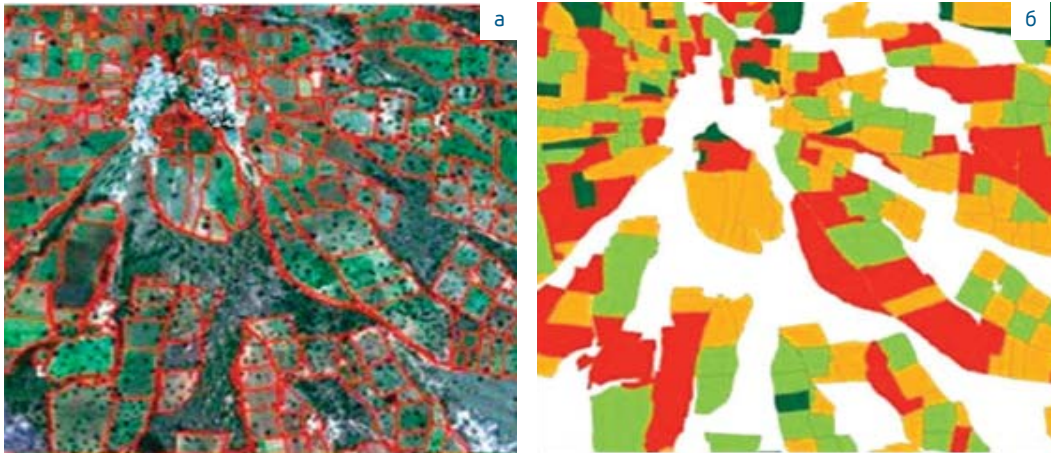


Рис. 5. Автоматизированное картографирование сельхозкультур в Мали:
 а) границы полей, наложенные на цветное изображение в естественных цветах;
 б) классификация растений (красный цвет — хлопок, желтый — кукуруза, светло-зеленый — просо, темно-зеленый — сорго)

имеющими желтые и красные цвета. Желтый, крайний красный и два ближних инфракрасных канала чувствительны к изменениям хлорофилла, тем самым выявляя каротиноиды во время угнетения. Кроме того, каналы SWIR используются для оценки влажности зерна, которая является еще одним показателем здоровья растений. Наблюдения за типами почв до, во время и после сбора культур важно для повышения урожайности. Спутники дистанционного зондирования дают возможность наблюдать за состоянием почв и его влиянием на растительность.

Органический состав почвы и уровни влажности можно определять с помощью каналов VNIR + SWIR. При правильном наблюдении такая информация помогает пониманию текущего и будущего состояния культур. Одна из лучших практик управления в агропромышленном комплексе относится к эффективному выявлению остаточной растительности на поле после сбора урожая. Остаточная растительность сохраняет влагу и предотвращает эрозию почвы в дождливые месяцы. Каналы SWIR могут

быть использованы для отображения и количественной оценки растительных остатков и качества почв для прогнозирования будущего урожая.

Лесное хозяйство

Требования лесного хозяйства идентичны требованиям сельскохозяйственной отрасли, в том числе в вопросе детальной инвентаризации лесов на обширных территориях и мониторинга здоровья деревьев для понимания и минимизации последствий от нашествия насекомых.

Спектральные каналы WorldView-3 позволяют классифицировать породы деревьев, которые имеют уникальные спектральные характеристики. Классификация может проводиться автоматически с помощью спектрального анализа данных WorldView-3. Угнетенная лесная растительность будет отображаться подобно угнетенным сельхозкультурам, когда зеленый хлорофилл в листьях заменяется на желтые и красные каротиноиды.

Добыча полезных ископаемых, геология

Спектральные каналы WorldView-3 позволяют проводить уникальную классификацию минеральных горных пород и определять их химический состав.

Поглощение на длинах волн меньше чем 1000 нм позволяет аналитикам идентифицировать материалы, содержащие железо. Молекулярные колебательные характеристики на длинах волн около 1–2,5 мкм диагностируют в исследуемом материале содержание анионных групп, таких, как Al-OH, Mg-OH, Fe-OH, Si-OH, карбонатов, аммония и сульфатов. Спектральные поглощения минеральных пород особенно ясно наблюдаются в коротковолновой инфракрасной области спектра (SWIR) (рис. 6). Открытые выходы или проявления пород являются индикаторами потенциальных залежей полезных ископаемых. Геологическая и горнодобывающая отрасли тратят миллионы долларов, чтобы определить потенциальные места добычи во время разведки. Данные WorldView-3 позволяют сократить расходы геологоразведки за счет ограничения областей поиска месторождений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Съемочная система WorldView-3 имеет высокое спектральное разрешение (диапазоны VNIR и SWIR) — 16 каналов, что позволяет перейти от визуального анализа к автоматизированному анализу с использованием спектральных характеристик материалов. Съемка в ближнем инфракрасном и среднеинфракрасном диапазонах содержит в себе ценную информацию для выполнения атмосферной коррекции снимков и извлечении необходимой информации из изображений.

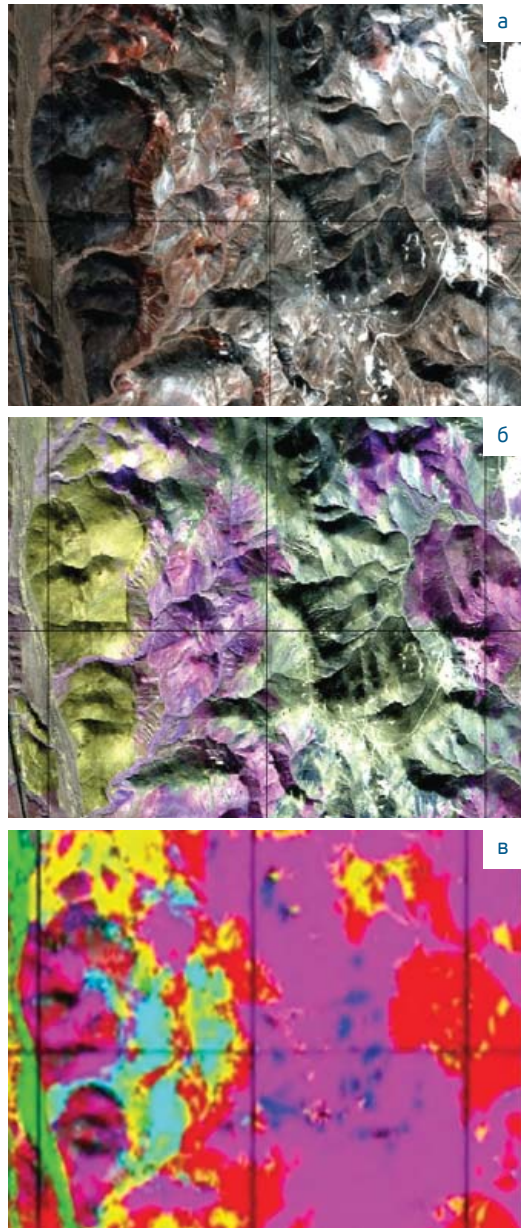


Рис. 6. Съемка со спутника WorldView-3 позволит аналитику выявить минералы с помощью спектрального анализа:

- а) естественные цвета — RGB;
- б) WorldView-3: каналы SWIR-7, SWIR-5, SWIR-4;
- в) WorldView-3: классификация минералов

И. В. Оньков (ЗАО «Мобиле», Пермь)

В 1970 г. окончил МИИГАиК по специальности «астрономо-геодезия». В настоящее время — научный консультант ЗАО «Мобиле» (Пермь). Кандидат технических наук, доцент.

Исследование геометрической точности продукта РПД10

Компания «Совзонд» продолжает выпуск продукта на базе космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения — наборы региональных пространственных данных (РПД), к основным преимуществам которого можно отнести низкую стоимость, отсутствие необходимости дальнейшей фотограмметрической обработки и ограничений на лицензирование использования данных [1].

Предлагаются два вида продукта — РПД10 и РПД25, соответствующие по точности в плане топографическим картам масштаба 1 : 10 000 и 1 : 25 000 соответственно на равнинные территории.

Исходные данные для создания РПД — космические снимки Земли высокого и сверхвысокого разрешения (0,5–5 м), ортотрансформированные с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР) Земли SRTM.

В данной работе выполнено исследование геометрической точности продукта РПД10 на территорию города Перми, созданного на основе космического снимка со спутника WorldView-2. В комплект поставки входят два растровых RGB- и PAN-изображения в формате JPEG2000 с размером пикселя на местности 0,5 м в системе координат WGS-84 и проекции UTM-40 (рис. 1).

Геометрическая точность продукта оценивалась по трем показателям:

- параметры сдвига, разворота и масштаба изображения относительно системы координат WGS-84;
- ошибки координат контрольных точек относительно системы координат WGS-84;
- ошибки взаимного положения ближайших контуров зданий и строений.

В качестве наземных контрольных точек принимались контуры местности, хорошо опознаваемые на изображении, геодезические координаты которых определялись с использованием двухчастотных GPS-приемников с опорой на пункты триангуляции 2–3 классов в системе координат СК42 и Балтийской системе высот.

Преобразование координат контрольных точек из системы СК-42 в WGS-84 выполнялось в соответствии с ГОСТ Р 51794-2008 [2].

Всего для исследования точности было принято 60 контрольных точек, общее пространственное расположение которых показано на рис. 2. Характерные примеры выбора контуров наземных контрольных точек показаны на рис. 3.

Измерение координат контрольных точек на RGB- и PAN-изображениях РПД10 г. Перми проводилось в программном комплексе ENVI 4.8 с дискретностью 0,2 пикселя растра (0,1 м на местности).

Исходными данными для оценки точности продукта служили отклонения измеренных на изображениях координат контрольных

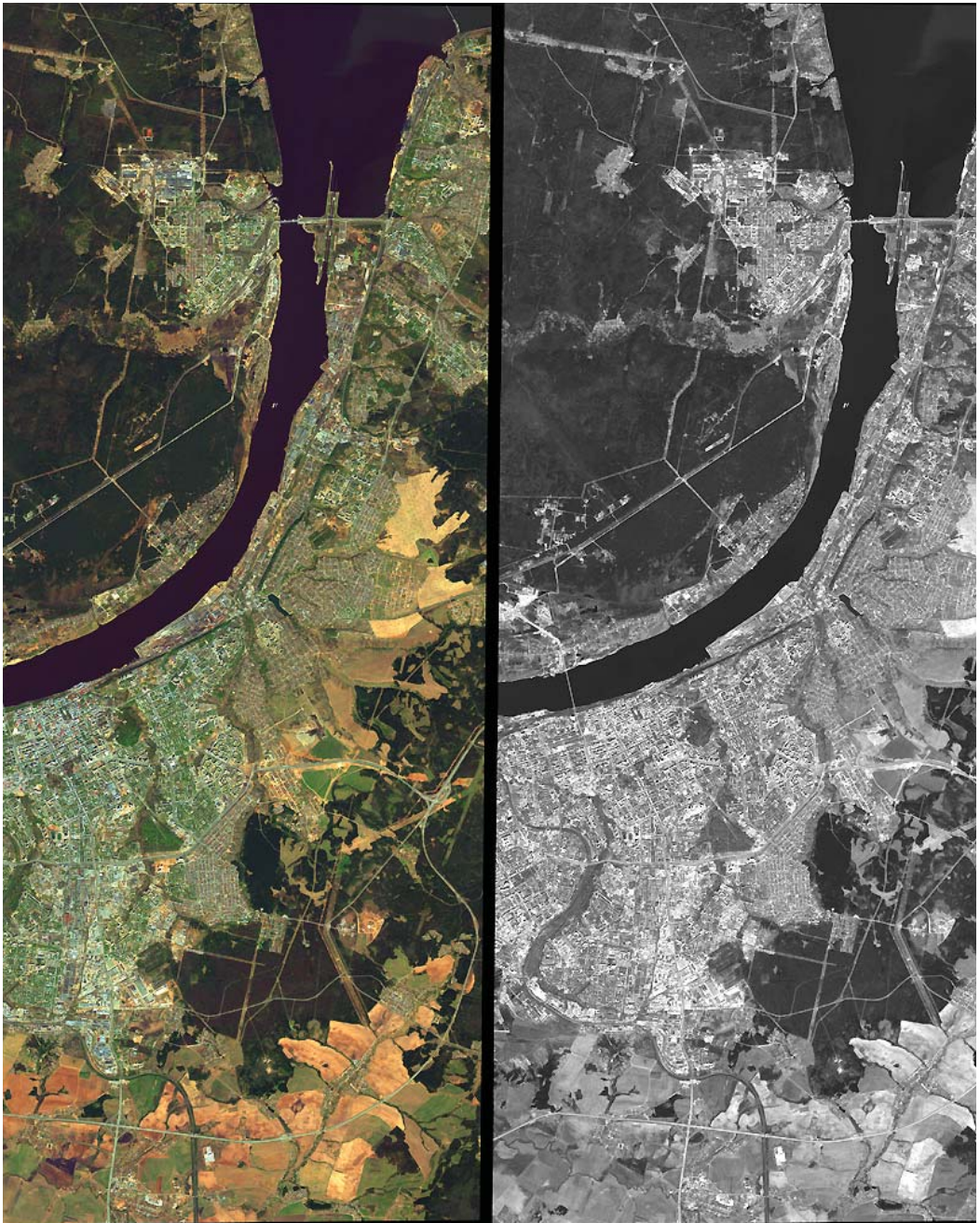


Рис. 1. Растровые RGB- и PAN-изображения продукта РПД10 на г. Пермь

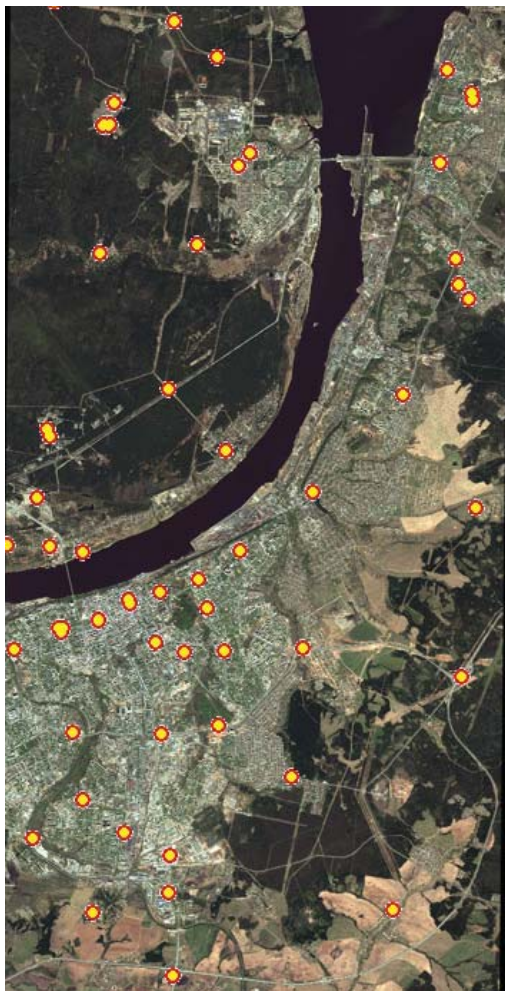


Рис. 2. Схема расположения наземных контрольных точек

точек X_i, Y_i от их значений X_i^0, Y_i^0 , определенных на местности геодезическими методами: $\Delta X_i = X_i - X_i^0$, $\Delta Y_i = Y_i - Y_i^0$, и модуль отклонения (радиальная ошибка положения):

$$\Delta R_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}$$

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ СДВИГА, РАЗВОРОТА И МАСШТАБА ИЗОБРАЖЕНИЯ РПД10 ОТНОСИТЕЛЬНО СИСТЕМЫ КООРДИНАТ WGS-84

Величины четырех параметров преобразования координат растрового изображения РПД10 — сдвига, угла разворота и масштабного коэффициента относительно системы координат WGS-84 — оценивались из преобразования Гельмерта в геометрической форме по координатам контрольных точек.

Полученные значения геометрических параметров преобразования Гельмерта для RGB- и PAN-изображений приведены в табл. 1.

Параметры	Значения параметров	
	RGB	PAN
Сдвиг ΔX , м	2,14	2,29
Сдвиг ΔY , м	-1,72	-1,62
Модуль сдвига, м	2,75	2,81
Угол разворота φ , с. дуги	-1,2	-3,7
Коэффициент масштаба, m	1,000013	1,000013

Табл. 1. Геометрические параметры преобразования Гельмерта



Рис. 3. Примеры выбора контуров наземных контрольных точек

Оценки параметров преобразования выполнялись по методу наименьших квадратов. Остаточные средние квадратические ошибки по результатам обработки составили 0,53 м и 0,55 м для RGB- и PAN-изображений соответственно.

Отклонения полученных значений параметров разворота и масштаба от их номинальных значений ($\varphi = 0$; $m = 1,0$) находятся на уровне ошибок измерения снимка и свидетельствуют об очень высокой точности ориентирования и масштабирования продукта РПД10 относительно системы координат WGS-84 в проекции UTM-40.

ОЦЕНКА ОШИБОК КООРДИНАТ КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК ОТНОСИТЕЛЬНО СИСТЕМЫ КООРДИНАТ WGS-84

Основными показателями точности служили следующие статистические характеристики:

- средние квадратические ошибки $RMSE$ (Root Mean Square Error) по осям координат $RMSE_X$, $RMSE_Y$ и в плане $RMSE_{XY}$:

$$RMSE_X = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i^2}; \quad RMSE_Y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta Y_i^2};$$

$$RMSE_{XY} = \sqrt{RMSE_X^2 + RMSE_Y^2};$$

- средняя радиальная ошибка (Mean Radial Error):

$$MRE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta R_i;$$

- максимальная радиальная ошибка ΔR_{max} ;
- круговая вероятная ошибка $CE90$ (Circular Error).

Полученные значения ошибок РПД10 относительно системы координат WGS-84, проекции UTM-40 приведены в табл. 2.

Ошибки	Значения ошибок	
	RGB	PAN
Средние квадратические:		
$RMSE_X, м$	2,22	2,36
$RMSE_Y, м$	1,76	1,71
$RMSE_r, м$	2,83	2,92
Средняя радиальная MRE, м	2,80	2,89
Круговая CE90, м	3,49	3,60
Максимальная радиальная $\Delta R_{max}, м$	4,10	4,51

Табл. 2. Показатели геометрической точности

На рис. 4 приведена геометрическая интерпретация ошибок контрольных точек для RGB (красный цвет) и PAN (черный цвет) и соответствующие им окружности радиусом $CE90$.

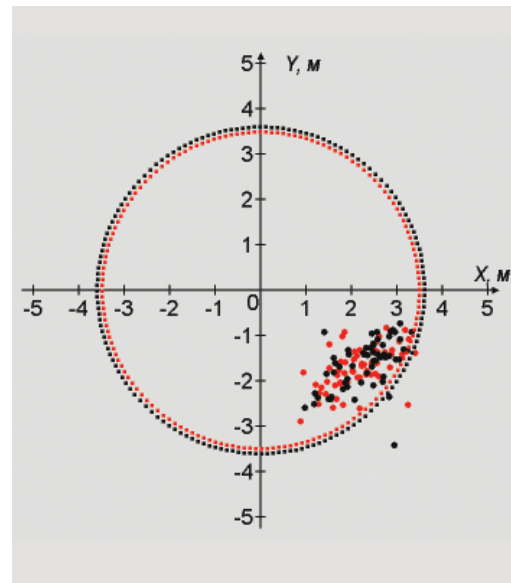


Рис. 4. Геометрическая интерпретация ошибок контрольных точек

В соответствии с инструкцией по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов средние величины погрешностей в плановом положении

контрольных точек не должны превышать в масштабе создаваемого фотоплана 0,5 мм в равнинных и всхолмленных районах [3].

Полученные по результатам выполненного исследования значения средней радиальной ошибки для RGB-изображения 2,8 м и PAN-изображения 2,89 м не превышают допустимого значения 5 м для масштаба 1:10 000, причем 90% радиальных ошибок контрольных точек не превышают 3,6 м, и по геометрической точности соответствует требованиям, предъявляемым к фотопланам масштаба 1:10 000.

Следует также отметить, что полученные величины круговых ошибок CE_{90} не превышают допустимого значения 6,5 м без коррекции по наземным опорным точкам, заявленного поставщиком снимков WorldView-2 [4].

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ВЗАИМНОГО ПОЛОЖЕНИЯ КОНТУРОВ

Основным критерием точности топографических планов (фотопланов) крупных масштабов на застроенных территориях является ошибка взаимного положения ближайших контуров с четкими очертаниями [5, 6].

Оценка точности взаимного положения контуров выполнялась по отклонениям измеренных на оцифрованном растре РГД10 $S_{РГД}$ расстояний между ближайшими контурными точками от их значений $S_{МАР}$, снятых с цифрового топографического плана города масштаба 1:1 000:

$$\Delta S = S_{РГД} - S_{МАР}.$$

В качестве контурных точек выбирались углы капитальных зданий и сооружений на участке территории города с многоэтажной застройкой. Примеры выбора контуров при оценке точности взаимных расстояний

на РГД10 и топографическом плане города приведены на рис. 5.

Показателями точности служили следующие ошибки:

- средняя квадратическая $RMSE_S$

$$RMSE_S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta S_i^2};$$

- средняя абсолютная MAE_S

$$MAE_S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta S_i|;$$

- линейная LE_{90} ;
- максимальная $Max_{\Delta S}$.

Всего на RGB-изображении РГД10 и цифровом топоплане города Перми масштаба 1:1000 было измерено 113 взаимных расстояний между углами ближайших зданий и сооружений в интервале от 10 до 90 м.

Полученные значения ошибок взаимных расстояний приведены в табл. 3.

Ошибки	Значения ошибок, м
Средняя квадратическая $RMSE_S$	0,87
Средняя абсолютная MAE_S	0,71
Линейная LE_{90}	1,53
Максимальная $Max_{\Delta S}$	1,84

Табл. 3. Ошибки взаимных расстояний

Примечание: величина систематической разности расстояний, равная 0,09 м, при подсчете ошибок не исключалась.

В соответствии с основными положениями по созданию топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 на территориях с капитальной и многоэтажной застройкой ошибки во взаимном положении на плане точек близлежащих важных контуров (капитальных сооружений, зданий и т. п.) не должны превышать 0,4 мм [5]. Аналогичные требования к точности взаимного положения



Рис. 5. Примеры выбора контуров при оценке точности взаимных расстояний

ближайших контуров на фотопланах застроенных территорий установлены и в инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500 [6].

Полученное по результатам выполненного исследования значение максимальной по абсолютной величине ошибки 1,84 м не превышает допустимого значения 2 м для масштаба 1:5000, причем 90% ошибок взаимных расстояний не превышают 1,53 м, и по точности взаимного положения контуров соответствует требованиям, предъявляемым к фотопланам масштаба 1:5000.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предоставленный на исследование продукт РПД10-Пермь в виде двух растровых RGB- и PAN-изображений с разрешением 0,5 м в системе координат WGS-84 проекции UTM-40 соответствует по геометрической точности требованиям, предъявляемым к фотопланам масштаба 1:10 000 (по точности взаимного положения контуров — масштаба 1:5000) и может быть использован для составления и обновления контурной части планов и карт, а также

в качестве картографической основы ГИС соответствующего масштаба.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. В. Любимцева. *Наборы региональных пространственных данных – основа для использования в геоинформационной системе // Геоматика. – 2014. – №1. – С. 12–16.*
2. ГОСТ Р. 51794-2008 — *Глобальные навигационные спутниковые системы. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек.* – М.: Стандартинформ, 2009. – 19 с.
3. *Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов.* – М.: ЦНИИГАуК, 2002. – 48 с.
4. <http://www.digitalglobe.com>
5. *Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.* ГУГК при Совете министров СССР. – М.: Недра, 1979. – 21 с.
6. *Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.* ГУГК при Совете министров СССР. – М.: Недра, 1985. – 152 с.

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.

RapidEye РСМ — эффективная технология обновления карт и баз пространственных данных

Разработка новых месторождений полезных ископаемых, промышленное и транспортное строительство, развитие городов приводят к постоянному появлению новых антропогенных объектов на земной поверхности. В связи с этим карты и базы пространственных данных быстро устаревают. Их регулярное обновление традиционными методами требует больших временных и финансовых затрат, особенно если речь идет об огромных территориях (регионах и целых странах). Компания BlackBridge предложила оригинальную автоматизированную систему обновления карт и баз пространственных данных — продукт **Persistent Change Monitoring (PCM)** на базе космических снимков с группировки спутников RapidEye, владельцем и оператором которых она является.

Продукт **RapidEye РСМ** опирается на запатентованную технологию выявления изменений (change detection) компании MDA, использующую алгоритмы, не зависящие от типа сенсоров, для сравнения ряда снимков, сделанных в течение определенного периода времени, и быстрого определения изменившихся районов. Для понимания технологии функционирования продукта RapidEye РСМ рассмотрим кратко суть этой технологии.

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КОМПАНИИ MDA

Технология, запатентованная компанией MDA (Канада), позволяет определять изменения на растровых изображениях путем применения взаимно-корреляционного анализа (Cross-Correlation Analysis — CCA), представляющего собой стандартный метод оценки степени корреляции двух последовательностей. Эту методику MDA успешно использует для обновления глобального продукта EarthSat GeoCover, представляющего собой карты земельных угодий, созданные по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) со спутника Landsat.

Процесс состоит из двух основных этапов: выявление изменений земельных угодий и обновление данных. Этап обнаружения изменений выполняется с помощью метода CCA, в то время как автоматизированное обновление данных использует технологию Inverse (обратной) CCA.

Метод CCA используется в технологии обнаружения изменений, разработанной MDA специально для обновления информации о земельных угодьях. Проект по глобальному картографированию земельных угодий демонстрирует эффективность

предложенной технологии. Метод не имеет ограничений на выявление процессов типичных изменений. Многие традиционные сложности обнаружения изменений не являются препятствием при использовании метода ССА. Сезонные, радиометрические и спектральные отклонения в анализируемых данных не мешают проводимому анализу. Влияние сезонных особенностей незначительно.

Технология Inverse CCA или автоматизированное обновление теоретически снижает человеческий субъективизм. Метод является обучаемым и использует в качестве эталонов уже интерпретируемые ранее данные. Технология позволяет маркировать районы изменений, сравнивая с уже полученным эталоном, однако на практике результат необходимо проверять, потому что имеются неоднозначные ситуации.

Двумерный анализ показывает всю необходимую информацию для выявления изменений между двумя изображениями. Это третий шаг в технологии обновления после ССА и Inverse CCA. Метод ССА

позволяет определить ареал изменения. Inverse CCA интерпретирует эти изменения. Двумерный анализ обновляет изображение и помогает в анализе изменений. Кроме того, он позволяет аналитику переходить от старых данных к новым, чтобы визуально увидеть разницу. Одним из выходных документов этой процедуры является полностью обновленное изображение.

RAPIDEYE PCM

Как было отмечено выше, основанный на технологии выявления изменений компании MDA и на данных со спутников RapidEye продукт (PCM) облегчает задачу обновления огромных массивов баз пространственных данных (Big Data) за счет простого способа выявления областей постоянных изменений. Используя снимки RapidEye и продукт PCM, пользователи могут определять даже небольшие по масштабу изменения объектов размером до 5х5 м для обновления карт вплоть до масштаба 1:5000 (рис. 1).



Рис. 1. Выявление изменений с использованием продукта RapidEye PCM. Токио: а) снимок RapidEye от 3 ноября 2011 г. с индикаторами изменений (зеленые пиксели); б) увеличенный фрагмент снимка до появления изменений; в) увеличенный фрагмент снимка с индикатором изменений (зеленые пиксели); г) новое здание видно на снимке сверхвысокого разрешения от 15 августа 2012 г.

Продукт RapidEye PCM может обнаруживать изменения и более узких дорог и небольших объектов. Он может обратить внимание на новые или изменившиеся объекты, показав их следы: дороги, аэропорты, морские порты, небольшие построенные объекты в городских или сельских районах и т. д. (рис. 2).

RapidEye PCM использует несколько разновременных снимков (не менее восьми),

что позволяет отслеживать изменения с большой эффективностью. При этом в процессе анализа каждый пиксель изображений тестируется на наличие потенциальных изменений, а каждое потенциальное изменение рассматривается с точки зрения продолжительности, чтобы не учитывать временные, например сезонные, изменения земной поверхности. Затем по снимку со

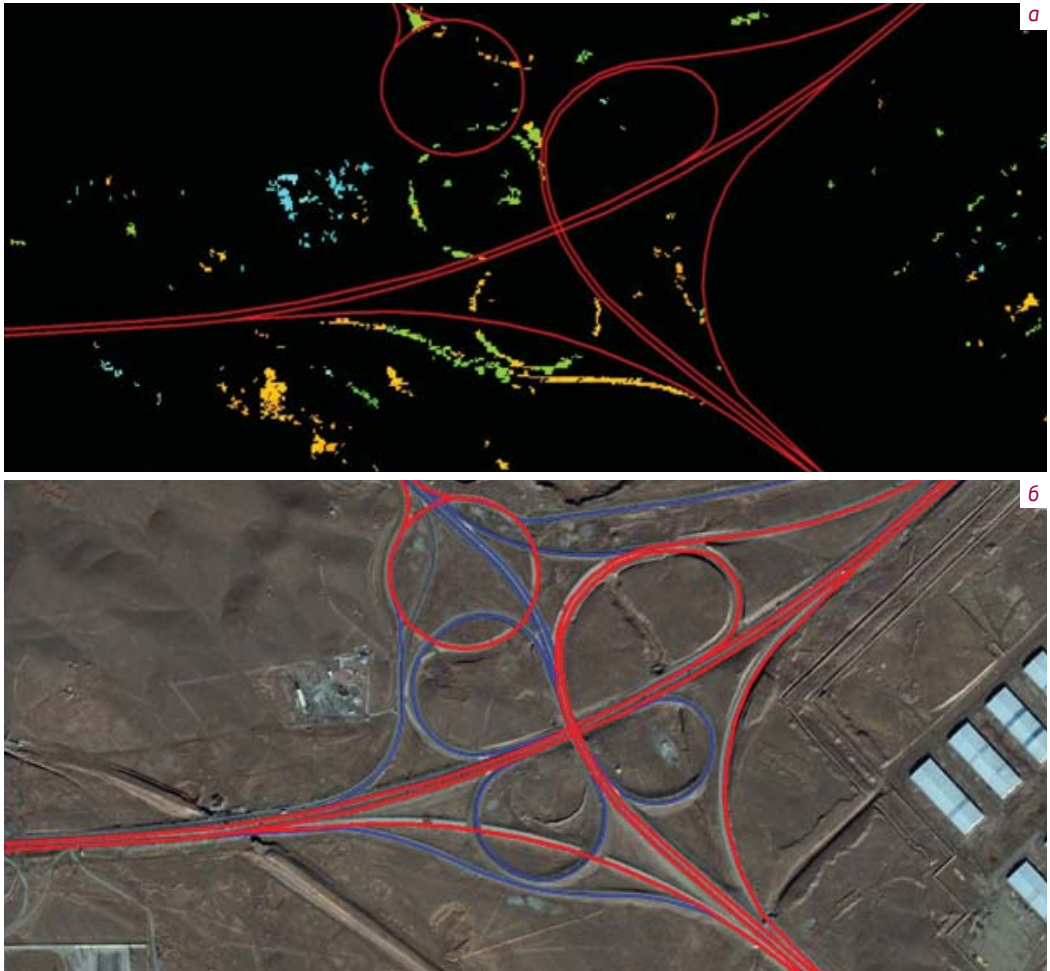


Рис. 2. Выявление новых дорог. Тегеран: а) новые дороги, выявленные RapidEye PCM; б) векторный слой с новыми дорогами (показан синим)

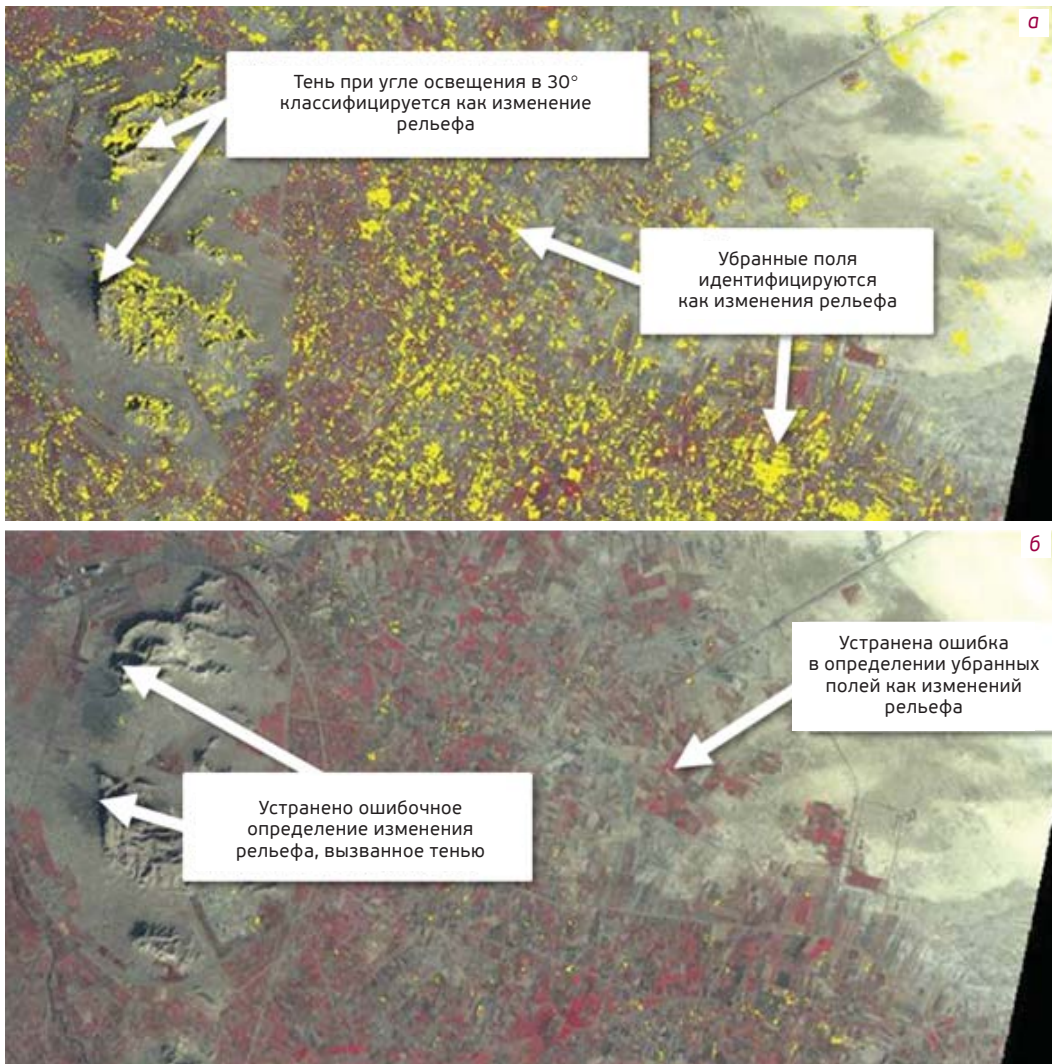


Рис. 3. Поиск изменений (изменения показаны желтым): а) традиционный способ; б) с помощью RapidEye PCM

спутника сверхвысокого разрешения наносится выявленный и отмеченный индикатором объект.

Традиционное выявление изменений приводит к большому количеству ошибок. Например, к изменениям могут быть отнесены тени объектов или убранные

поля (рис. 3а) RapidEye PCM устраняет эти ошибки (рис. 3б). Продукт считает окончательно измененными те объекты, изменения в которых сохраняются в ходе трех наблюдений. Эта методика позволяет отфильтровывать временные изменения в окружающей среде, например тени

от облаков, снег, наличие или отсутствие листвы и т. д. Такой алгоритм работы РСМ значительно уменьшает количество ложных определений изменений, которые свойственны традиционным методам.

Большим преимуществом по сравнению с традиционными методами является то, что аналитикам, обновляющим пространственные базы данных, используя RapidEye РСМ, нет необходимости просматривать изображения целиком, достаточно просмотреть только районы, выделенные системой как имеющие изменения.

Алгоритм работы РСМ предусматривает использование нескольких снимков за разное время, чтобы найти постоянные изменения. РСМ проверяет каждый пиксель по трем критериям на наличие постоянного изменения:

1. Не должно быть никаких изменений пикселя на три даты съемки после выявления изменения.

2. Не должно быть никаких изменений пикселя на три даты перед выявлением изменения.

3. Все три новые пиксели (на трех снимках) должны отличаться от всех трех предшествующих пикселей.

Следует отметить, что наличие облачности будет влиять на возможность достижения успешных результатов. Кроме того, продукт RapidEye РСМ базируется на достаточном количестве снимков в архиве RapidEye, отсутствие снимков в котором может ограничить необходимую временную цепочку для выявления изменений.

RapidEye РСМ представляет заказчику растровый файл (рис. 4), который легко совмещается с существующей картой, требующей обновления. Комбинирование картографического векторного слоя и снимка с высоким разрешением

позволяет быстро создавать новый обновленный векторный слой карты. Минимальный заказ — 5 тыс. кв. км.

Продукт RapidEye РСМ может использоваться также для определения приоритетов при обновлении баз пространственных данных. Территории с большими изменениями могут быть рекомендованы к немедленному обновлению, в то время как обновление районов с меньшим количеством изменений может быть отложено. А на территории, где изменения происходят постоянно, может быть предложена программа регулярного обновления. Это позволяет более эффективно работать с пространственными данными и поддерживать их в актуальном состоянии.

RapidEye РСМ позволяет повысить эффективность и производительность труда при работе с пространственными данными. Аналитикау предоставляется возможность сосредоточиться только на новых или изменившихся объектах. Этому способствуют:

- использование ярких индикаторов для быстрого и эффективного поиска изменений;
- возможность постоянно видеть данные в Google Earth на снимках сверхвысокого разрешения для проверки изменений;
- наблюдение за эталонами для оценки ситуации и выработки дальнейшей стратегии;
- непосредственное использование данных в системах принятия решений;
- отсутствие необходимости тратить время и средства на анализ территорий, не подвергшихся изменениям.

По заявлению представителей компании BlackBridge, использование продукта RapidEye РСМ снижает издержки на обновление баз пространственных данных и карт до 90% по сравнению с традиционными визуальными методами. Заказчик, один раз приобретая снимок интересующего его района, в дальнейшем может заказывать только информацию о местах и сроках изменений.

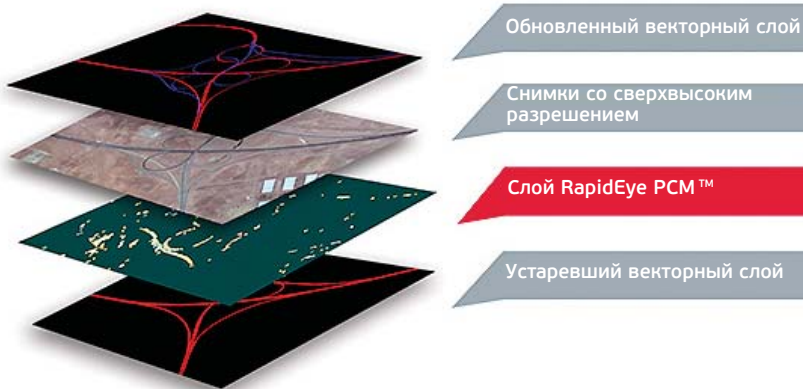


Рис. 4. Схема обновления карты с помощью сервиса RapidEye PCM

СПРАВКА

Группировка из пяти мини-спутников RapidEye предназначена для решения мониторинговых задач во многих отраслях. Параметры спутников (табл. 1) особенно подходят для использования в сельском и лесном хозяйстве, нефтегазовом комплексе, энергетике, телекоммуникации, тематическом и специальном картографировании, экологии и охране окружающей среды, управлении ЧС. В 2019 г. планируется запуск новой группировки спутников RapidEye+, которая будет также состоять

из пяти спутников с 14 спектральными каналами, включая панхроматический канал сверхвысокого разрешения — лучше 1 м.

Благодаря беспрецедентной производительности (5 млн кв. км съемки в сутки) и высокой частоте съемки (повторная съемка любой точки земной поверхности с интервалом 24 часа) данные RapidEye успешно применяются для мониторинга изменений, происходящих на земной поверхности.

Режим съемки	Мультиспектральный
Спектральный диапазон, мкм	0,44–0,51 (синий) 0,52–0,59 (зеленый) 0,63–0,685 (красный) 0,69–0,73 (крайний красный или red-edge) 0,76–0,88 (ближний ИК)
Пространственное разрешение (в надире), м	6,5 (после обработки — 5)
Максимальное отклонение от надира, град.	77
Радиометрическое разрешение, бит/пиксель	12
Точность геопозиционирования, м	30–90
Ширина полосы съемки, км	77
Производительность съемки, млн кв. км/сут.	5
Периодичность съемки, сут.	1
Скорость передачи данных на наземный сегмент, Мбит/с	80

Табл. 1. Основные технические характеристики съемочной аппаратуры спутников RapidEye

Ю. И. Кантемиров (компания «Совзонд», Россия)

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».

А. Т. Камза (ТОО «НПЦ «Геокен», Казахстан)

В 2009 г. окончила Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева по специальности «геодезия и картография». В настоящее время — ведущий ГИС-специалист ТОО «НПЦ «Геокен».

А. М. Бермуханова (ТОО «НПЦ «Геокен», Казахстан)

В 2011 г. окончила Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева по специальности «геодезия и картография». В настоящее время — инженер-геодезист ТОО «НПЦ «Геокен».

А. Ж. Тогайбеков (ТОО «НПЦ «Геокен», Казахстан)

В 2011 г. окончил Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева по специальности «геодезия и картография». В настоящее время — ведущий геодезист ТОО «НПЦ «Геокен».

М. А. Сапарбекова (ТОО «НПЦ «Геокен», Казахстан)

В 2013 г. окончила Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева по специальности «геология и разведка месторождения полезных ископаемых». В настоящее время — инженер-геофизик ТОО «НПЦ «Геокен».

С. Э. Никифоров (МГГУ, Россия)

В 2000 г. окончил Московский государственный горный университет (МГГУ) по специальности «маркшейдерское дело». В настоящее время консультант Управления государственного горного и металлургического надзора, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии МГГУ. Кандидат технических наук.

Космический радарный мониторинг смещений земной поверхности на примере одного из нефтяных месторождений Мангистауской области Республики Казахстан

ВВЕДЕНИЕ

В статье приведены результаты космического радарного мониторинга смещений земной поверхности на одном из нефтяных месторождений Мангистауской области Республики Казахстан. Продуктивная залежь месторождения — относительно неглубокого залегания (менее 500 м). Добыча ведется в основном за счет вытеснения нефти водяным паром и горячей водой, которые закачиваются в продуктивный нефтяной пласт нагнетательными скважинами.

Мониторинг смещений был выполнен с использованием данных радарных съемок территории месторождения со спутника ALOS/PALSAR (JAXA, Япония), проведенных в период с 2007 по 2011 г. Отображение территории месторождения на радарном снимке приведено на рис. 1.

Для выявления смещений земной поверхности была выполнена интерферометрическая обработка данных ALOS/PALSAR в программном обеспечении ENVI/SARscape (Exelis VIS, США). Интерферометрическая обработка данных многопроходных космических радарных съемок выполнялась



Рис. 1. Отображение территории нефтяного месторождения на радарном снимке

без наземных контрольных точек и без использования данных наземных наблюдений. В качестве опорного рельефа при интерферометрической обработке радарных данных использовалась глобальная общедоступная цифровая модель рельефа (ЦМР) SRTM.

Визуализация результатов и оформление карт смещений земной поверхности выполнялись в программном обеспечении ArcGIS (ESRI, США) и в свободно распространяемой программе Google Earth.

В рамках проведения работ создавались карты смещений земной поверхности по состоянию на дату каждой съемки. За поверхность, относительно которой рассчитывались смещения, была принята поверхность, отражающая радарный сигнал на момент первой по порядку съемки в мультивременной серии радарных съемок ALOS/PALSAR. Выявлялась вертикальная компонента смещений в миллиметрах, после чего анализировалась динамика выявленных смещений с учетом

промысловой и геолого-геофизической информации.

Результирующие продукты обработки (карты смещений) создавались в обменных растровых и векторных форматах.

ТЕХНОЛОГИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРИМЕРЕ ОДНОЙ ИЗ ПАР СНИМКОВ

Рассмотрим технологию интерферометрической обработки радарных снимков, примененную для мониторинга смещений земной поверхности, на конкретном примере одной из пар снимков ALOS/PALSAR (съемки от 19.07.2007 г. и 27.07.2010 г.).

Оба снимка пары отсняты в двухполяризационном режиме FBD, для интерферометрической обработки были выбраны поляризационные каналы HH этих съемок.

Предварительная оценка качества интерферометрической пары средствами функции Baseline estimation модуля SARscape Interferometry показывает, что

перпендикулярная составляющая базовой линии — около 1230 м, что для спутника ALOS/PALSAR является достаточно небольшой базовой линией. Критическая база для данной пары снимков составляет 6566 м, т. е. перпендикулярная база нашей пары составляет менее 20% от критической при выбранном нами пороге отсеечения пар по величине базовой линии, равном 40% от критической величины. Вместимость топографического интерференционного цикла (перепада высот рельефа, соответствующего перепаду фазы в 2π) составляет 52 м, что значительно больше, чем реальный перепад высот на этом участке. Следовательно, фаза смещений земной поверхности будет значительно преобладать над фазой рельефа. Именно поэтому данная пара снимков, как типовая из серии пар снимков с базами менее 40% от критической, может быть выбрана для демонстрации работы технологии. Разница положений доплеровского центроида также незначительна (16 Гц при критической величине 2160 Гц), поэтому не сильно повлияет на обработку. Временной промежуток между съемками составляет 1104 дня.

Первым шагом интерферометрической обработки является точное пространственное совмещение (коррегистрация) основного и вспомогательного радарных изображений интерферометрической пары, выполняемое в SARscape в автоматическом режиме. Какое изображение выбрать основным, а какое вспомогательным — не играет принципиальной роли, однако в случае обработки одной пары снимков предпочтительнее выбирать основным первое по дате изображение. В случае пары с малой базовой линией этот шаг лучше выполнять без участия ЦМР. Совмещение в SARscape выполняется в автоматическом режиме во время процедуры SARscape > Interferometry > 1B Interferometric workflow (multi steps) > Interferogramm Generation модуля SARscape Interferometry.

Это совмещение проводится в три этапа:

1. Совмещение с пиксельной точностью по орбитальным параметрам.
2. Уточнение сдвига одного снимка относительно другого с субпиксельной точностью с использованием нерегулярной сетки окон, характеризующихся корреляцией амплитуд выше заданного порога.
3. Уточнение сдвига одного снимка относительно другого с использованием нерегулярной сетки окон, в которых рассчитываются когерентности фаз этих снимков (в расчет идут значения сдвига, вычисленные по окнам, у которых соотношение сигнал–шум с учетом когерентности выше заданного порога).

На первом этапе достигается точность корегистрации до одного или нескольких пикселей, на втором — субпиксельная точность корегистрации, на третьем — точность до 1/100 пикселей.

Совмещение двух снимков обрабатываемой пары прошло удачно в автоматическом режиме (с настройками по умолчанию), после чего в рамках этой же процедуры Interferogramm Generation был выполнен второй шаг — расчет комплексной интерферограммы, являющейся результатом комплексного поэлементного перемножения фаз радарных снимков интерферометрической пары. Интерферограмма показана на рис. 2.

Комплексная интерферограмма в общем случае содержит в себе несколько компонентов: фазу рельефа, фазу смещений, атмосферные артефакты, электромагнитный шум.

В нашем случае фаза рельефа незначительна (из-за малой базовой линии и не ярко выраженного рельефа территории), тем не менее ее необходимо удалить из интерферограммы. Это делается в рамках той же процедуры Interferogramm Generation модуля SARscape Interferometry: выполняется разделение компонентов фазы Φ_{topo} и Φ_{def} за счет синтеза фазы рельефа

с помощью уже имеющейся ЦМР, в качестве которой авторами использовалась ЦМР SRTM. Основным выходным файлом данной процедуры является дифференциальная интерферограмма, представляющая собой результат вычитания синтезированной фазы рельефа из комплексной интерферограммы. Дифференциальная интерферограмма для обрабатываемой пары снимков показана рис. 3.

Дифференциальная интерферограмма содержит в себе компоненту смещений земной поверхности, произошедших за период между съемками интерферометрической пары, компоненту фазового шума и компоненту влияния атмосферных условий при съемке каждого из снимков пары. Чтобы уменьшить уровень шума, выполняется адаптивная фильтрация дифференциальной интерферограммы с помощью фильтра Голдстейна. Фильтрованная дифференциальная интерферограмма показана на рис. 4.



Рис. 3. Дифференциальная интерферограмма, рассчитанная по паре радарных снимков ALOS/PALSAR от 19.07.2007 г. и 27.07.2010 г.



Рис. 2. Комплексная интерферограмма, рассчитанная по паре радарных снимков ALOS/PALSAR от 19.07.2007 г. и 27.07.2010 г.

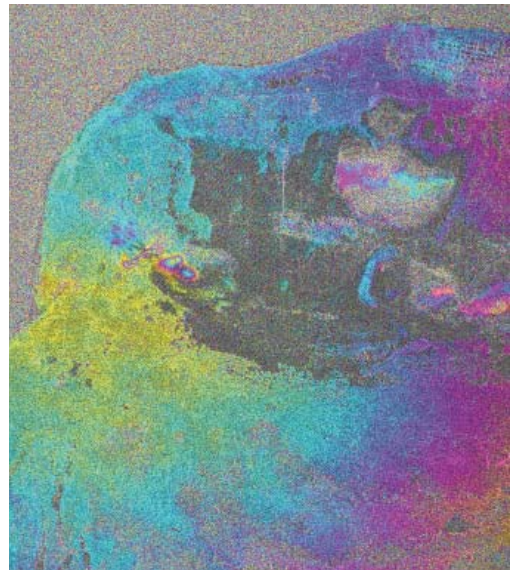


Рис. 4. Фильтрованная дифференциальная интерферограмма, рассчитанная по паре радарных снимков ALOS/PALSAR от 19.07.2007 г. и 27.07.2010 г.

На фильтрованной дифференциальной интерферограмме один полный спектр цветов (интерференционный цикл или фринг) соответствует смещениям земной поверхности за период между съемками снимков пары, равный половине длины волны радара (в случае ALOS/PALSAR с длиной волны 23,5 см один фринг соответствует смещениям, равным 11,75 см). Интенсивные смещения земной поверхности, по амплитуде превышающие полный интерференционный цикл (более 11,75 см), заметны на фильтрованной дифференциальной интерферограмме в ее западной части — над рассматриваемым нефтяным месторождением.

Для наглядности проиллюстрируем периодическую природу фазы и переход от периодичной к непрерывной фазе на примере выявленного участка интенсивных смещений.

Фаза на дифференциальной интерферограмме имеет периодическую природу, измеряется от $-π$ до $+π$, и поэтому, когда величина смещений земной поверхности превышает половину длины волны радара (величина разности фаз превышает $2π$), происходит скачок или разрыв фазы, равный по величине ровно $2π$, после чего разность фаз продолжает нарастать. Данный эффект проиллюстрирован на рис. 5.

В верхней части рисунка показано увеличение на участок смещений земной поверхности величиной более 1 фринга (от желтого цвета вокруг участка до желтого цвета через концентрический спектр цветов и далее до центра участка — еще примерно половина фринга). В нижней части рисунка показаны значения разности фаз по профилю «АВ» в радианах (ось X — количество пикселей вдоль профиля, каждый пиксель — 15 м). В начале профиля заметен перепад фазы от -1 до $-3,14$ радиан, затем фаза, достигнув минимума в $-3,14$ ($-π$), совершает скачок вверх на $2π$, после чего опять продолжает падение до $-π$, потом опять скачет вверх до $π$ и,

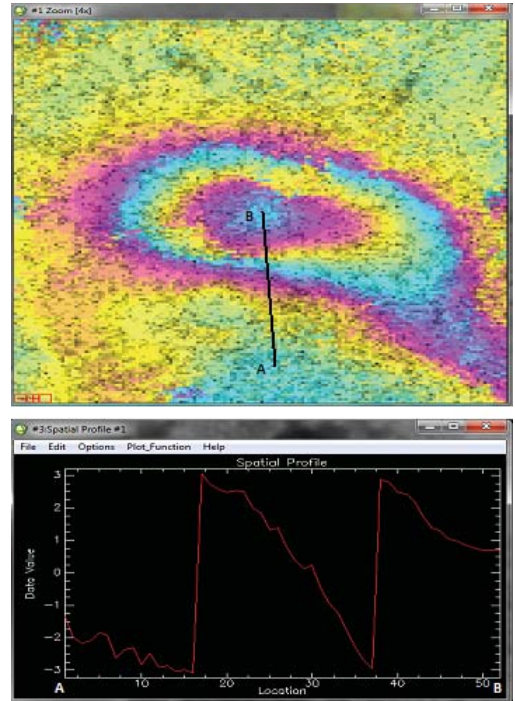


Рис. 5. Иллюстрация периодической природы фазы и ее разрывов на границе интерференционных циклов

наконец, опять падает до своего минимума в $+1$ радиан. Таким образом, полный перепад фазы составляет чуть менее $4π$, однако абсолютные значения фазы на интерферограмме меняются только лишь от $-π$ до $+π$.

Чтобы получить непрерывную фазу, необходимо выполнить процедуру ее развертки. В SARscape представлены три метода развертки фазы. В данном случае развертка была выполнена методом Minimum Cost Flow (потока минимальной стоимости) с триангуляцией Делоне. На рис. 6 показана развернутая фаза на тот же участок, что и на рис. 5. Сравнивая значения фазы по профилю «АВ», отметим устранение разрывов фазы, равных по величине $2π$ на границах интерференционных циклов, и получение непрерывного изображения развернутой фазы.

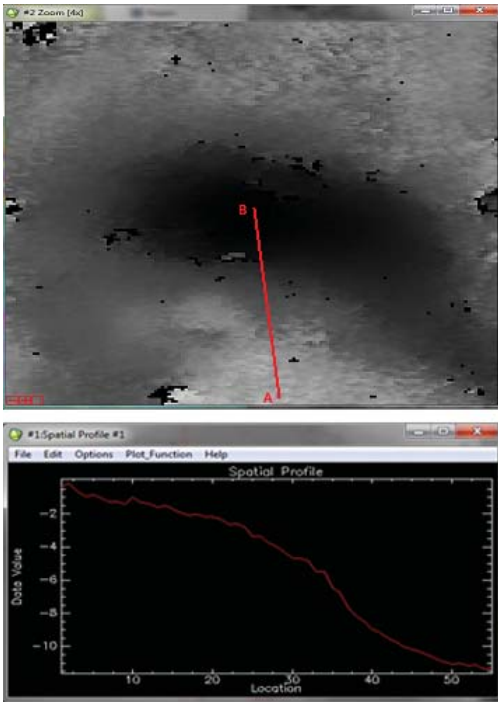


Рис. 6. Сверху — изображение непрерывной развернутой фазы на участок смещений с рис. 5. Снизу — значения развернутой разности фаз по профилю «АВ» в радианах. Теперь мы видим полный перепад фазы без разрывов (скачков), и он соответствует смещениям земной поверхности с 2007 по 2010 г. величиной чуть менее длины волны ALOS/PALSAR (чуть менее 23,5 см)

На рис. 7 показана развернутая фаза на всю площадь снимка. Хорошо заметен плавный (непрерывный) характер фазы на территории суши и рваная (зернистая) фаза на водной поверхности (северо-запад снимка) и на большом участке солончаков по центру снимка. Однако это изображение развернутой фазы еще не готово для пересчета в смещения в метрической системе. Если провести профиль через все изображение развернутой фазы в направлении с северо-запада снимка на юго-восток (рис. 7), то в значениях фазы вдоль профиля хорошо заметен линейный уклон, вызванный неточностью знания орбитального положения спутника (рис. 8).

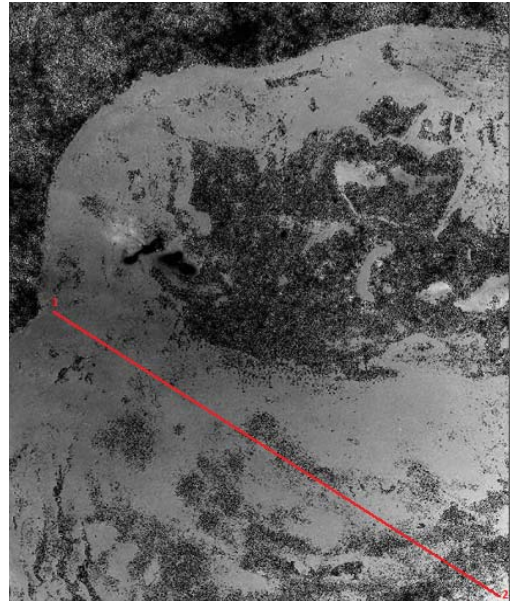


Рис. 7. Изображение развернутой (непрерывной) фазы на всю площадь снимков и линия профиля «1-2»

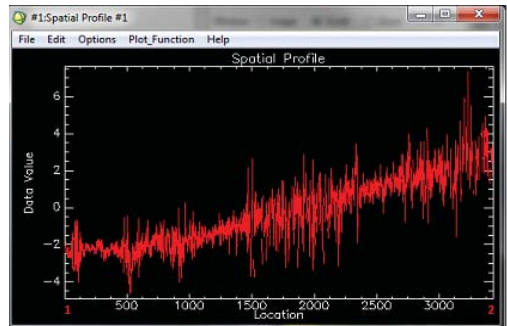


Рис. 8. Значения развернутой фазы по профилю «1-2». Заметен постоянный линейный фазовый уклон в направлении с северо-запада на юго-восток снимка, вызванный неточностью знания орбит спутника

Для устранения уклона фазы необходимо выполнить процедуру коррекции орбитальных параметров спутника.

Процедура коррекции орбит реализована в SARscape в виде функции SARscape > Interferometry > Refinement and Re-flattening.

На входе эта процедура требует, помимо всех ранее созданных промежуточных продуктов обработки пары радарных снимков, файла контрольных точек, проставленных в участки плавной (неизменяющейся) фазы, без смещений и резких перепадов рельефа, для которых также известны географические координаты и абсолютные высоты над эллипсоидом WGS-84. Данные точки могут быть проставлены оператором приблизительно равномерно по площади снимка на участках фазы без сильных фазовых разностей и в не слишком зашумленные участки. Далее точкам присваиваются географические координаты и абсолютные высоты с общедоступной глобальной ЦМР SRTM. Для этого в SARscape существует удобный инструмент General Tools > Generate Ground Control Points File.

После запуска процедуры Refinement and Re-flattening с использованием на входе файла набранных контрольных точек с известными координатами и высотами пересчитываются файлы фильтрованной дифференциальной интерферограммы и развернутой фазы, из которых удаляется уклон фазы, вызванный неточностью знания орбит спутника.

Так, на изображении исходной фильтрованной дифференциальной интерферограммы, приведенном на рис. 4, заметны диагональные полосы (перепад цветов слева направо от голубого цвета в левой верхней части снимка через синий и розовый цвета к желтому цвету в правом нижнем углу снимка). Этот перепад полностью устранен в откорректированной фильтрованной дифференциальной интерферограмме (рис. 9). Теперь вся площадь снимка характеризуется ровным голубым цветом, соответствующим нулевой разности фаз, за исключением участков смещений земной поверхности, наиболее ярко выраженных на территории рассматриваемого нефтяного месторождения.

Рассмотрим также скорректированное изображение развернутой фазы, приведенное на рис. 10. В значениях фазы по профилю «1-2», приведенных на рис. 11, систематический уклон фазы отсутствует. Это подтверждает, что коррекция орбитальных параметров выполнена успешно и развернутая фаза готова к пересчету в значения смещений в метрах. Этот пересчет осуществляется средствами функции SARscape > Interferometry > Phase to displacement conversion and geocoding.

Однако не все значения фазы следует пересчитывать в значения смещений. Фактически и водная поверхность, и поверхность сора (солончака), на которых фаза крайне зашумлена (особенно на воде), тоже имеют определенные значения фазы, но они совершенно не коррелируются со смещениями земной поверхности. Более

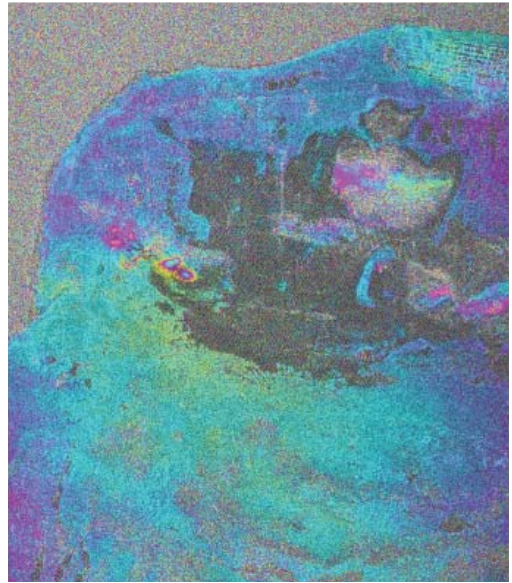


Рис. 9. Скорректированная фильтрованная дифференциальная интерферограмма, рассчитанная по паре радарных снимков ALOS/PALSAR от 19.07.2007 г. и 27.07.2010 г., с устраненным систематическим уклоном фазы, вызванным неточностью знания орбит спутника

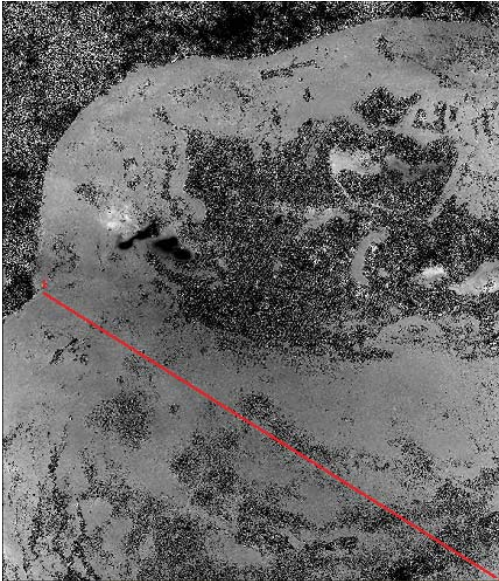


Рис. 10. Изображение скорректированной развернутой фазы, рассчитанной по паре радарных снимков ALOS/PALSAR от 19.07.2007 г. и 27.07.2010 г., с устраненным систематическим уклоном фазы, вызванным неточностью знания орбит спутника

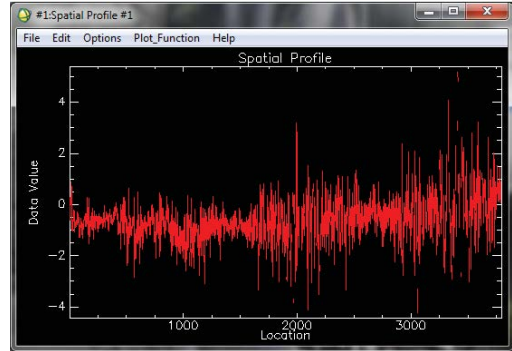


Рис. 11. Значения развернутой фазы по профилю «1-2». Устранен уклон фазы, присутствовавший в ней до коррекции орбиты



Рис. 12. Изображение когерентности фаз радарных съемок. Значения когерентности, близкие к нулю, — темный цвет, близкие к единице — белый цвет. Перепад значений от нуля к единице соответствует перепаду цветов от темного к белому через градации серого цвета

того, значения фазы на воде вообще не имеют физического смысла, они случайны. Для отделения значимых значений фазы от незначимых используется такой вспомогательный параметр, как когерентность фаз (корреляция фаз). Она измеряется в безразмерных величинах от 0 до 1 и рассчитывается по фильтрованной дифференциальной интерферограмме. Изображение когерентности приведено на рис. 12.

На изображении когерентности хорошо заметно, что вода в северо-западной части снимка и сор (солончак) по центру снимка характеризуются низкими значениями когерентности, тогда как остальная площадь снимка, включая область наземной инфраструктуры рассматриваемого нефтяного месторождения, характеризуется достаточно высокими значениями когерентности. Чтобы отделить значимые значения

фазы от шума и считать смещения только для пикселей со значимыми значениями фазы, необходимо установить порог когерентности. Для развертки фазы устанавливался достаточно низкий порог когерентности (0,15), чтобы помочь процессу

развертки обходить пространственные препятствия. При генерации финального продукта (карты смещений земной поверхности) порог отсеечения пикселей по значению когерентности повышался до 0,25 (значения смещений вычислялись только для пикселей со значениями когерентности выше 0,25).

Результирующая карта смещений земной поверхности приведена на рис. 13. На ней в первую очередь выделяются участки интенсивных поднятий и умеренных оседаний на территории рассматриваемого нефтяного месторождения и область зашумленного результата на площади, покрытой солончаками.

Выше приведен пример обработки одной из возможных пар снимков 22-проходной цепочки. Однако обработка одной пары снимков не является статистически

представительным результатом, подходящим для численного (количественного) анализа смещений. Чтобы уверенно картировать смещения, необходима обработка многих пар снимков, в том числе перекрещивающихся во времени, чтобы смещения, произошедшие за определенный интервал времени, оценивались по нескольким парам снимков, охватывающим данный интервал. Поэтому с той же последовательностью действий, как была обработана пара снимков ALOS/PALSAR от 19.07.2007 г. и 27.07.2010 г., были обработаны остальные пары исходной 22-проходной серии, отобранные по принципу наименьших базовых линий в соответствии с методом Small Baseline Series Interferometry (SBAs), реализованным в модуле SARscape Interferometric Stacking. Их обработка с получением на выходе основного результата (динамической модели смещений за весь период наблюдений) описана ниже.

РЕЗУЛЬТАТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ВСЕХ СНИМКОВ 22-ПРОХОДНОЙ СЕРИИ

Сначала из снимков 22-проходной цепочки за 2007–2011 гг. с помощью функции SARscape > Interferogram Stacking > SBAs > Connection Graph (расчет и визуализация взаимосвязей между снимками) были выбраны пары снимков для дальнейшей обработки. Выбор пар был произведен программой автоматически на основании заданных параметров, определяющих, какие именно пары снимков (из всех возможных комбинаций) соответствуют критериям интерферометрии малых базовых линий.

В меню Connection Graph авторами были установлены следующие ограничения по выбору интерферометрических пар для дальнейшей автоматизированной обработки:

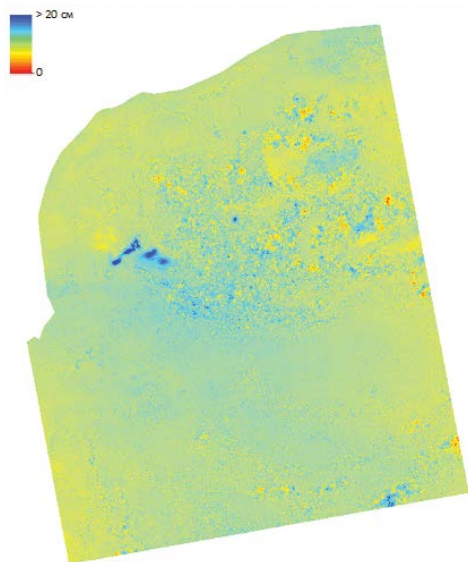


Рис. 13. Результирующая карта смещений земной поверхности в цветовом кодировании, полученная по результатам обработки пары снимков ALOS/PALSAR от 19.07.2007 г. и 27.07.2010 г. От желтого цвета к красному — возрастающие оседания, от голубого цвета к синему — возрастающие поднятия. Шкала смещений — в левом верхнем углу

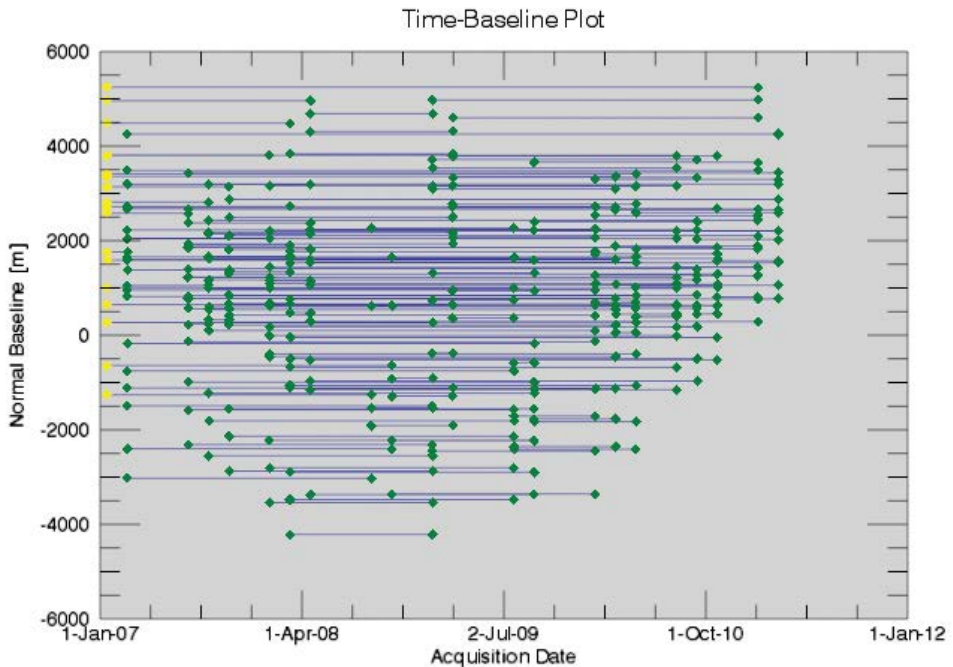


Рис. 14. Отобранные функцией Connection Graph для обработки пары снимков (по оси X — время в днях, по оси Y — перпендикулярная базовая линия в метрах)

- перпендикулярная компонента пространственной базы — от 0 до 40% от критической базы;
- максимально допустимый временной промежуток — 2000 дней. Фактически отсутствуют ограничения по времени между снимками пары, поскольку максимальный временной промежуток между первым и последним снимками нашей 22-проходной серии — 1517 дней.

22 интерферометрических снимка дают на выходе 231 возможную парную комбинацию между снимками ($22 \times 21 / 2 = 231$). В итоге для дальнейшей обработки программой в соответствии с указанными выше ограничениями были отобраны 189 пар снимков (независимых друг от друга и перекрестных во времени замеров смещений). Эти пары снимков схематически показаны в координатах «Время – Базовая линия» на рис. 14.

Далее для каждой из выбранных пар был выполнен полный цикл интерферометрической обработки, аналогичный циклу обработки одной конкретной пары, приведенному выше. На выходе для каждой пары получены изображения когерентности, фильтрованных дифференциальных интерферограмм и развернутых фаз. Затем была выполнена процедура коррекции орбитальных параметров каждой съемки с помощью одного набора контрольных точек с известными координатами и высотами, взятыми с глобальной общедоступной ЦМР SRTM.

Наконец, была выполнена так называемая инверсия SBAs, восстанавливающая последовательную во времени динамику смещений из перекрестных во времени пар снимков. Затем результаты были геокодированы и переведены

в обменный растровый формат ENVI-SARscape.

На рис. 15–18 показаны карты вертикальных смещений земной поверхности в миллиметрах в цветовом кодировании

по состоянию на начало, середину и конец всего цикла наблюдений. Голубым цветом показаны стабильные участки, от желтого цвета к красному — возрастающие оседания, синий цвет — поднятия земной поверхности.

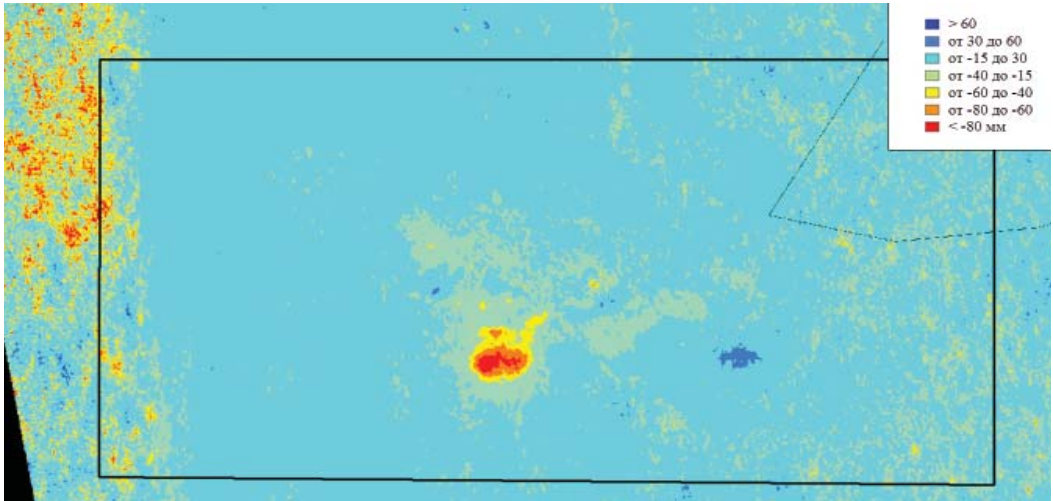


Рис. 15. Изображение вертикальных смещений земной поверхности на нефтяном месторождении за период с 16.01.2007 г. по 19.07.2007 г. в цветовом кодировании

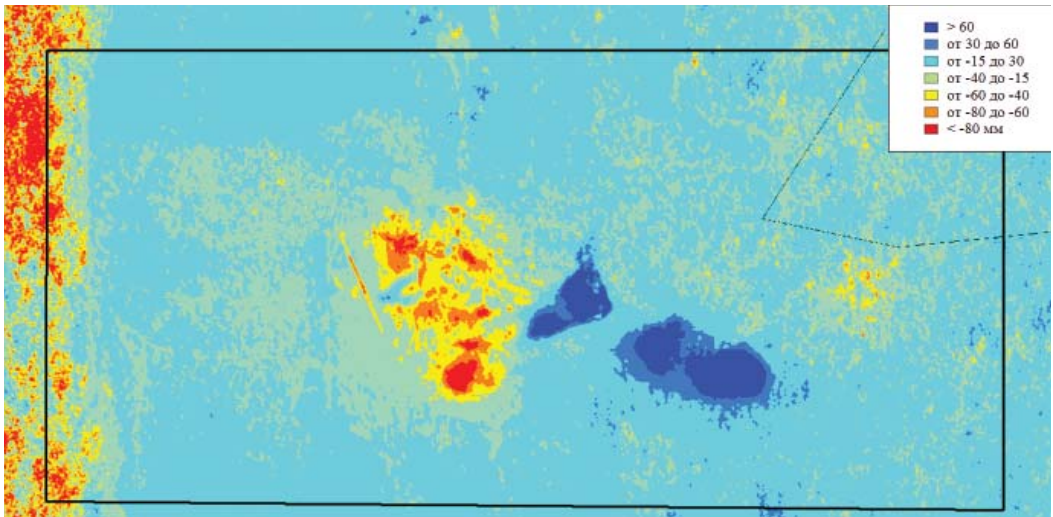


Рис. 16. Изображение вертикальных смещений земной поверхности на нефтяном месторождении за период с 16.01.2007 г. по 19.07.2009 г. в цветовом кодировании

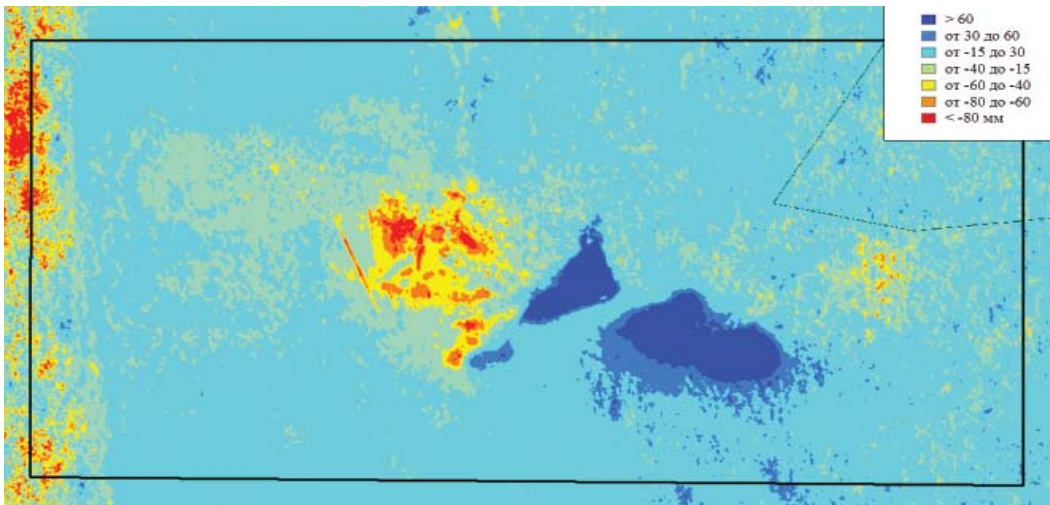


Рис. 17. Изображение вертикальных смещений земной поверхности на нефтяном месторождении за период с 16.01.2007 г. по 19.07.2010 г. в цветовом кодировании

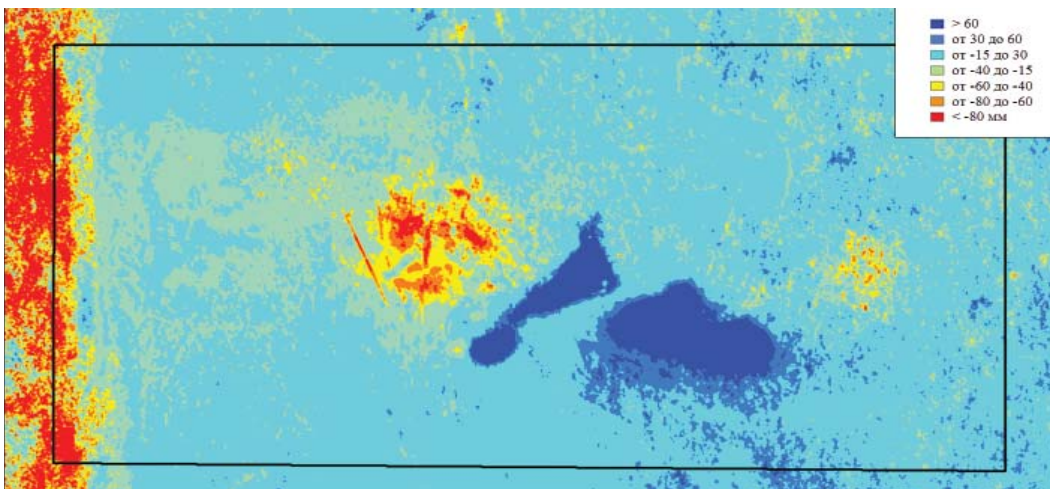


Рис. 18. Изображение вертикальных смещений земной поверхности на нефтяном месторождении за период с 16.01.2007 г. по 19.07.2011 г. в цветовом кодировании

На карте смещений за период с января по июль 2007 г. (рис. 15) заметен очаг оседаний земной поверхности на юге центральной части месторождения в зоне интенсивной добычи нефти и очаг поднятий земной поверхности в восточной

части месторождения над зоной нагнетания водяного пара в продуктивный пласт для интенсификации добычи нефти.

Обращает на себя внимание также локальный участок на юге центральной части месторождения. До 2008 г. он

характеризовался оседаниями земной поверхности, в 2009 г. поверхность на этом участке вернулась к уровню 2007 г. (начало радарных наблюдений), и затем с 2010 г. земная поверхность стала подниматься. Это связано с тем, что добыча нефти на данном участке была прекращена и добывающие скважины переведены в нагнетательные.

Интересен участок интенсивных поднятий, имеющий очертания прямоугольного треугольника, в центре месторождения между двумя очагами закачки водяного пара. На этом участке не производится ни добыча нефти, ни закачка водяного пара, тем не менее он характеризуется поднятиями земной поверхности до 25 см за 4 года, осложненными двумя локальными быстрыми просадками в 5–10 см в 2008 и в 2011 гг. (рис. 19). Сопоставление с геолого-геофизическими материалами показало, что это грязевой вулкан (грифон), сам по себе характеризующийся циклической динамикой смещений земной поверхности. Однако закачка водяного пара к юго-западу и к юго-востоку от этого участка дополнительно активизировала грифон и заставила его «раздуваться».

В центральной и восточной частях месторождения, там, где расположено большинство добывающих скважин и ведется добыча нефти, выявлены два очага оседаний. Очаг оседаний в восточной части наблюдался и ранее наземными методами. Крупный по площади очаг оседаний в центральной части расположен между профилями нивелирования и был впервые выявлен и околонтурен по данным космических радарных съемок. Здесь оседания происходят линейно, без ускорения, и достигают 12 см за 4 года.

ВЫВОДЫ

Проанализировав динамику смещений земной поверхности на месторождении за 2007–2011 гг. (рис. 15–18) и сопоставив основные выявленные очаги смещений земной

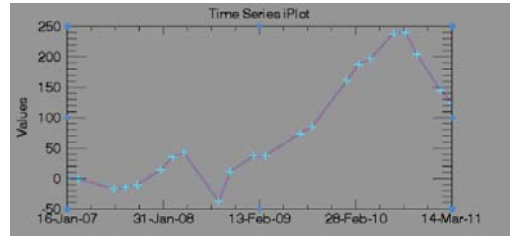


Рис. 19. Вертикальные смещения земной поверхности в миллиметрах, вызванные эффектом «дыхания» грифона (грязевого вулкана), расположенного в центре месторождения и дополнительно активизированного закачкой водяного пара в пласт, что осложнило природную циклическую динамику вулкана («раздувание») в течение нескольких лет с последующим интенсивным оседанием) монотонным подъемом земной поверхности

поверхности на месторождении с пространственным местоположением реперов наземного нивелирования и дифференциальных GPS-станций, авторы сделали вывод, что значительная часть выявленных по радарным данным локальных очагов наиболее интенсивных оседаний и поднятий расположена между профилями нивелирования — там, где наземные наблюдения не проводятся. В пределах некоторых очагов смещений находятся GPS-станции, но их расположение слишком неравномерно и не позволяет построить столь неоднородную карту смещений, выявленных по радарным данным (рис. 15–18).

Вышеприведенные факты наглядно демонстрируют необходимость применения дистанционных (космических радарных) площадных методов мониторинга смещений земной поверхности в дополнение к традиционным наземным методам для получения полной картины происходящих смещений. По результатам обработки спутниковых радарных данных на выходе получаются площадные карты смещений земной поверхности на всю территорию объекта, а наземные методы при таком подходе обеспечивают локальное уточнение и проверку радарных значений смещений. Кроме того, наземные наблюдения могут быть оптимизированы и нацелены туда, где реально происходят смещения земной поверхности, выявленные по радарным данным.

Р. С. Салихов (ОАО «НИИЭМ»)

В настоящее время — заместитель генерального директора по космическим системам ОАО «НИИЭМ». Кандидат технических наук.

М. В. Туманов (ОАО «НИИЭМ»)

В 2006 г. окончил Московский государственный университет путей сообщения по специальности «вычислительные машины, комплексы, системы и сети». В настоящее время — начальник центра ОАО «НИИЭМ».

А. В. Карелин (ФГУП «ЦНИИмаш»)

В 1985 г. окончил Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ». Специалист в области дистанционного зондирования Земли. В настоящее время — начальник отдела ФГУП «ЦНИИмаш». Доктор физико-математических наук.

Перспективы применения космических аппаратов на платформе «Канопус-В» для мониторинга радиоактивных загрязнений

В 2012 г. были успешно запущены два малых космических аппарата (МКА), изготовленных на единой универсальной платформе: «Канопус-В» №1 и Белорусский космический аппарат (БКА). Разработчиком данных аппаратов является ОАО «Корпорация ВНИИЭМ».

Созданная служебная платформа МКА «Канопус-В» является универсальной и позволяет устанавливать полезную нагрузку различного назначения: как дополнительную съемочную аппаратуру ДЗЗ, так и научную аппаратуру для космических исследований (например, для МКА «Михайло Ломоносов»).

В настоящее время ведутся работы по созданию еще четырех аппаратов класса «Канопус-В» №1, а также МКА дистанционного зондирования Земли для обнаружения малоразмерных очагов лесных пожаров «Канопус-В-ИК» по заказу Федерального космического агентства (рис., табл. 1). Таким образом, будет сформирована орбитальная группировка из шести космических аппаратов,

созданных на базе универсальной платформы МКА «Канопус-В».

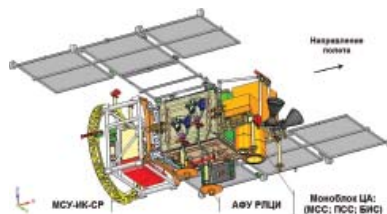


Рис. Облик перспективного космического аппарата «Канопус-В-ИК»

Основными задачами, решаемыми с помощью данных аппаратов, являются мониторинг техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, мониторинг сельскохозяйственной деятельности и землепользования, мониторинг лесных пожаров, картографирование и т. д.

Увеличение количества КА на орбите, а также применение дополнительной целевой аппаратуры позволяют рассматривать новые перспективные методы обнаружения

Параметр		Значение
Полоса захвата (H=510 км), км		2000
Геометрия сканирования		Плоскостная
Пространственное разрешение в надире, м		200
Количество спектральных диапазонов		2 (+дублирование)
Границы спектральных диапазонов по уровню 0,5, мкм		$(3,50 \pm 0,02) \div (4,10 \pm 0,02)$
		$(8,4 \pm 0,02) \div (9,4 \pm 0,02)$
Эквивалентная шуму разность температур на уровне 300 К, К	Диапазон 1	$\leq 0,2$
	Диапазон 2	$\leq 0,1$
Диапазон измеряемых радиационных температур, К	Диапазон 1	290 ÷ 650
	Диапазон 2	210 ÷ 330
Погрешность определения радиационной температуры на уровне 300 К, К		$\leq 0,7$
Форма представления сигнала		Цифровая (10 p)
Информативность, Мбит/с		11,6
Бортовая калибровка		Есть
Масса аппаратуры, кг, не более		85
Габариты, мм		700×450×620

Табл. 1. Характеристики ИК-аппаратуры КА «Канопус-В-ИК»

и мониторинга природных и техногенных чрезвычайных ситуаций.

Например, применение ИК-аппаратуры позволит обеспечивать раннее обнаружение пожаров вблизи населенных пунктов, инфраструктур и особо охраняемых природных территорий, что является одной из приоритетных задач оперативного мониторинга. В виду того что пожары в ветреную сухую погоду распространяются за считанные минуты, проблемой в решении этой задачи является не только обнаружение возникшего пожара, но и оперативная передача информации потребителю. Особенно важна эта задача для лесов, загрязненных долгоживущими радиоактивными выбросами стронция-90 после Чернобыльской аварии (например, на Брянщине), где сильный пожар может привести к дальнейшему распространению радиации.

В целом проблема радиоактивного загрязнения возникла и остается актуальной со второй половины XX в. в связи с началом промышленного использования атомной энергии в развитых странах, постоянным

увеличением потенциально опасных ядерных объектов, а также рядом крупных аварий на АЭС.

В настоящее время существуют методы космического мониторинга приземных слоев атмосферы, поверхностей океана и Земли в сочетании с методами косвенной оценки уровня радиоактивного загрязнения по отклику окружающей среды на ионизирующее излучение [1].

Основное воздействие, которое оказывают продукты радиоактивного распада на окружающую среду, — это ее ионизация и как следствие этого протекание различных стимулированных ионами биологических и физических процессов, проявляющихся в виде поддающихся фиксации эффектов. На основе предварительных исследований определен ряд таких эффектов, позволяющих дистанционно определять наличие источника радиоактивной ионизации (табл. 2) [2].

Среди методов обнаружения радиоактивных загрязнений из космоса можно выделить существенные изменения абсолютной и относительной влажности и, что особенно

заметно, химического потенциала паров в атмосфере при воздействии источника ионизирующего излучения. Эти эффекты могут вызывать аномалии в исходящем от поверхности Земли тепловом ИК-излучении, что может наблюдаться с космических аппаратов дистанционного зондирования Земли из космоса при помощи ИК-радиометров и микроволновых температурно-влажностных зондировщиков. Например, это имело место в районе АЭС Фукусима-1 с 14 по 22.03.2011 г. со спутника NOAA с помощью радиометра AVHRR [1].

Одним из значимых эффектов является изменение спектральных характеристик растительности под действием радиоактивного излучения. Поэтому в качестве перспективной дополнительной полезной нагрузки можно рассматривать применение гиперспектральной камеры (ГСК), расширяющей возможности панхроматической и мульти-спектральной съемочных систем. Примером может служить ГСК фирмы «Лептон», имеющая успешный опыт летной эксплуатации на МКА-ФКИ (ПН 1) в 2012 г. в качестве дополнительной полезной нагрузки.

Параметры космических изображений, обеспечивающих полноту данных при принятии решений во время ЧС, зависят от характеристик аппаратуры, помещенной на съемочную платформу соответствующих КА ДЗЗ, среди которых можно выделить КА различного уровня обзорности. Основными характерными отличиями являются их разрешающая способность, спектральные диапазоны и размер полосы захвата территории. КА ДЗЗ высокого уровня обзорности (например, метеорологические), как правило, обладают камерами с небольшим пространственным разрешением на местности, но с большой полосой захвата территории и могут применяться для мониторинга чрезвычайных ситуаций, охватывающих значительные районы.

Эффекты	Объект измерения	Целевая аппаратура
Изменение цветности	Водная поверхность (фитопланктон)	Спектрометр/ гиперспектрометр
	Растительный покров	
Появление аномалий в исходящем излучении земной поверхности	Тепловое ИК-излучение Земли	Спектрозональный радиометр ИК-диапазона
Изменение химического потенциала паров воды	Температура и влажность	Микроволновый температурно-влажностный зондировщик

Табл. 2. Эффекты, позволяющие дистанционно определять наличие источника радиоактивной ионизации

Для раннего обнаружения локальных очагов и предотвращения развития их в крупные катастрофы требуются более детальные данные, получаемые с КА более высокого разрешения, например с КА «Канопус-В-ИК».

Таким образом, можно уверенно говорить о перспективе применения гиперспектральной ИК- и МКВ-аппаратуры для обнаружения радиоактивных загрязнений (как вариант — в качестве дополнительной полезной нагрузки на МКА типа «Канопус-В»), а уже создаваемая группировка КА ДЗЗ, включающая в себя КА «Канопус-В-ИК», позволит применить новые перспективные методы раннего обнаружения и мониторинга ЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боярчук К. А. *Дистанционный мониторинг обстановки окружающей среды вокруг атомных электростанций с космических аппаратов*/ Боярчук К. А., Туманов М. В., Панфилова Е. И., Милосердова Л. В., Карелин А. В., Пулинец С. А., Узунов Д. // *Геоматика*. –М., 2013. –№1(17).
2. Боярчук К. А. *Космические технологии мониторинга радиационной обстановки вокруг атомных электростанций* / К. А. Боярчук, Р. С. Салихов, Н. А. Сенник, М. В. Туманов, А. В. Карелин // *Космонавтика и ракетостроение*. –М., 2013. –Т. 4. –№ 73. –С. 27–35

Применение технологий спутникового центра ДВО РАН для мониторинга чрезвычайных ситуаций*

ВВЕДЕНИЕ

Дальний Восток России имеет протяженную морскую и сухопутную границу со странами Азиатско-Тихоокеанского региона, который является зоной существенного риска возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) как природного, так и техногенного характера. В качестве наиболее яркого примера можно привести катастрофическое землетрясение в Японии в марте 2011 г. и разрушение АЭС Фукусима-1. Для Дальнего Востока России представляют опасность и другие виды ЧС: тайфуны, лесные пожары, разливы нефтепродуктов, извержения вулканов, вредоносное цветение водорослей и др. Данные со спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) могут покрывать огромную площадь, что делает их практически незаменимыми для мониторинга ЧС. Имеющиеся в Спутниковом центре Дальневосточного отделения (ДВО) РАН технологии обработки данных с метеорологических спутников уже сейчас могут быть использованы для оперативного обнаружения ЧС и их мониторинга.

Спутниковый центр ДВО РАН — Центр коллективного пользования (ЦКП) регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН — функционирует в Институте

автоматики и процессов управления (ИАПУ). Основная деятельность ЦКП спутникового мониторинга ДВО РАН обусловлена географическим положением и заключается в получении данных о состоянии окружающей среды и подстилающей поверхности в режиме реального времени, автоматизации их обработки и создании новых технологий для спутникового мониторинга океана и атмосферы.

В первую очередь это технологии:

- построения всепогодных карт температуры поверхности моря;
- построения профилей влажности и температуры атмосферы;
- расчета полей течений по спутниковым измерениям с автоматическим обнаружением и расчетом параметров вихрей океана;
- расчета макропараметров тайфунов в нижней тропосфере (максимальное значение скорости, радиус зоны максимальных скоростей, дефицит давления в центре, радиусы фиксированных значений скорости);
- оценки биопродуктивности и экологического состояния морей;
- мониторинга ледовой обстановки в дальневосточных морях.

На сегодняшний день созданы средства и методы автоматического приема,

* Статья подготовлена группой авторов: академик В. А. Левин (руководитель ЦКП Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН — ЦКП РСМ ОС ДВО РАН), сотрудники Лаборатории спутникового мониторинга ЦКП РСМ ОС ДВО РАН д-р техн. наук А. И. Алексанин (зав. лабораторией, отв. исполнитель ЦКП РСМ ОС ДВО РАН), канд. техн. наук М. Г. Алексанина (с.н.с.), П. В. Бобяк (гл. специалист), С. Е. Дьяков (м.н.с.), А. А. Загуменов (инженер-программист), канд. техн. наук А. С. Еременко (инженер-программист), канд. техн. наук В. Ким (с.н.с.), В. А. Качур (инженер-программист), канд. техн. наук И. В. Недолужко (ст. инженер-программист), В. С. Ерёменко (аспирант ДВФУ), Е. В. Фомин (ведущий инженер)

накопления, распределенной обработки и поставки базовых видов информации, принимаемой со спутников POES NOAA, MTSAT-1R, MTSAT-2, «Метеор-М» №1, Aqua/Terra(MODIS) и альтиметров через сеть Интернет. Реализованы автоматические цепочки обработки данных со спутников серии NOAA (температурные и структурные карты поверхности моря, профили температуры и влажности атмосферы), Aqua, Terra (около 200 параметров морской воды и атмосферы), MTSAT-1R, MTSAT-2 (температура воды, облачности, мониторинг морского льда) на основе пакетов AAPP, SeaDAS, RTTOV, MetOffice-1Dvar и собственных программных разработок [1].

На основе разработанных технологий в 2010–2014 гг. Спутниковым центром ДВО РАН выполнялись следующие работы по обнаружению и мониторингу ЧС:

1. Мониторинг атмосферы и океана в районе АЭС Фукусима-1.
2. Автоматический мониторинг тропических циклонов в западной части Тихого океана.
3. Мониторинг ледовой обстановки в Охотском море, северной части Японского моря.
4. Обеспечение спасательных операций в акваториях северо-западной части Тихого океана данными спутникового зондирования.
5. Мониторинг экологического состояния акваторий Японского моря.

МОНИТОРИНГ АТМОСФЕРЫ И ОКЕАНА В РАЙОНЕ АЭС ФУКУСИМА-1

С целью расчета рисков радиационного загрязнения территории России Спутниковым центром ДВО РАН проводился ежедневный мониторинг океана и атмосферы в районе АЭС Фукусима-1. Это потребовало оперативного развертывания и объединения ряда технологий обработки данных с метеорологических спутников Земли [1].

Основные задачи мониторинга:

- оценка путей распространения радиоактивного загрязнения через атмосферу и океан;
- оценка некоторых долговременных последствий, обусловленных радиоактивным заражением прибрежной зоны острова Хонсю.

Для мониторинга распространения радиоактивных загрязнений через атмосферу Спутниковым центром ДВО РАН была организована специальная обработка данных, результаты которой доступны в Интернете в режиме реального времени (www.satellite.dvo.ru, заголовок «Движение облачности и пара по данным спутника MTSAT») и обновляются один раз в час. Представленные данные позволяют быстро оценить крупномасштабные перемещения атмосферы, условно разбив ее по высоте на два уровня. Канал водяного пара позволяет отслеживать перемещение атмосферных масс на нижних горизонтах тропосферы, ИК-канал — по изображению облачности на верхних горизонтах.

Результаты проводимого мониторинга сравнивались с результатами анализа изменчивости радиационной обстановки на российской территории и непосредственно около АЭС Фукусима-1, а также с европейскими моделями распространения радиации и расчетами Регионального специализированного метеорологического центра в Обнинске. Для этого проводился анализ предсказаний европейских моделей циркуляции атмосферы (EURAD — The European Acid Deposition, <http://www.eurad.uni-koeln.de/> — Университет Кельна) и анализ измерений на территории РФ.

Радиоактивные вещества в океане переносятся течениями. Для прогноза такого распространения необходимо знать положение термических фронтов, вихрей и скорости течений.

В качестве основы для контроля циркуляции океана в районе АЭС Фукусима-1 использовались композиционные карты температуры поверхности океана (ТПО). Карты строились и выкладывались в Интернет в форме фильма об изменчивости ТПО района Фукусимы (www.satellite.dvo.ru, закладка «Динамика водных масс: движение термических структур на поверхности океана»).

Основным источником данных о температуре морской поверхности были ИК-измерения спутника MTSAT-1R. Для композиции по данным MTSAT-1R расчет ТПО велся по алгоритмам Спутникового центра [2], так как методики расчета Японского метеорологического агентства не удовлетворяют по точности современным требованиям (проект GODAE — Global Ocean Data Assimilation Experiment). Основная особенность расчета композиционной карты ТПО — отказ от процедуры усреднения ТПО за заданный интервал времени, использование медианных оценок. Такие трехдневные карты позволяют сохранять четкие термические фронты и уверенно выделять границы объектов (вихрей и струйных течений) (рис. 1).

Для расчета скоростей поверхностных течений применялся новый метод автоматического расчета, основанный на прослеживании перемещения выбранного участка изображения воды во времени [3]. Перемещение находится по максимуму кросс-корреляции участков на разных изображениях. Особенность применяемого метода — наличие новой процедуры априорной оценки точности расчета величины перемещения и отбраковки ошибочных перемещений. Это позволяет отказаться от обычно используемого сглаживания поля скоростей, построенного классическим кросс-корреляционным методом (рис. 2).

Вихри синоптического масштаба могут переносить зараженные воды, как в контейнере. Отслеживание их перемещения явля-

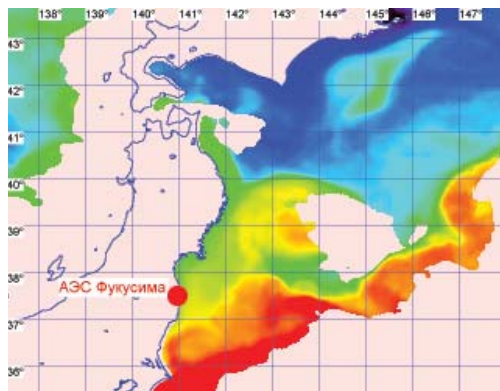


Рис. 1. Трехдневные композиции ТПО по ИК-измерениям спутника MTSAT-1R

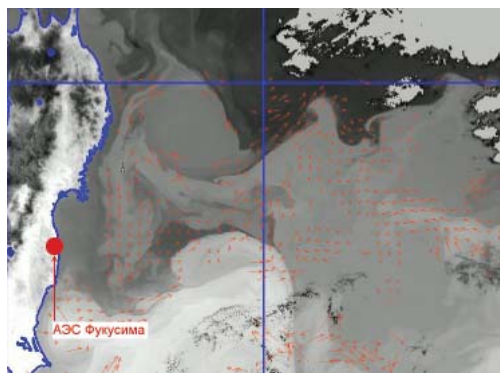


Рис. 2. Скорости поверхностных течений за 14 апреля 2011 г. (новый метод максимальных кросс-корреляций) и оценки линий тона на поверхности в районе АЭС Фукусима-1

ется актуальной задачей. Для автоматического слежения за вихрями в оперативную работу Спутникового центра ДВО РАН был введен созданный метод автоматического поиска и выделения вихрей с расчетом их геометрических параметров и прослеживанием на последовательности изображений [5].

На основании проведенного спутникового мониторинга был сделан вывод, что вероятность появления на Дальнем Востоке РФ загрязненных вод со значительными величинами радиоактивности фактически была равна нулю, так как наблюдается

быстрое падение концентрации радиоактивных веществ при их переносе течениями.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ

Оперативное получение информации о тропических циклонах (ТЦ) является необходимым условием минимизации сопутствующих им рисков. Наиболее важными данными для моделей прогноза тропических циклонов являются их текущее местоположение и основные термодинамические параметры. В связи с этим оперативное получение информации играет ключевую роль при прогнозе ТЦ. Существующие на настоящий момент технологии мониторинга ТЦ являются полуавтоматическими, т. е. требуют участия оператора. В Спутниковом центре ИАПУ ДВО РАН разработана и внедрена в оперативную работу технология автоматического мониторинга ТЦ с использованием данных метеорологических спутников Земли (геостационарных серии MTSAT и полярно-орбитальных серии NOAA). Данная технология позволяет получать информацию о местоположении ТЦ с частотой до двух раз в час [6].

Входными данными для работы системы автоматического построения траекторий ТЦ являются ИК-изображения в проекциях с геостационарного спутника MTSAT-1R. ИК-изображения принимаются в оперативном режиме в ЦКП Спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН и охватывают следующий регион: координаты левого нижнего угла по широте — $0^{\circ}00'00''$ с.ш. и долготы — $110^{\circ}00'00''$ в.д.; размер по широте и долготы — 70° ; размер пикселя изображения в надире составляет около 3,7 км.

Одним из важных аспектов решения задачи мониторинга ТЦ является организация оперативной поставки информации заинтересованным потребителям. Широкую популярность получили геоинформационные

системы (ГИС), основанные на стандартах, разработанных Открытым геопространственным консорциумом (OGC). В Спутниковом центре ДВО РАН выполнена работа по организации автоматического построения траекторий ТЦ и их поставки с применением стандарта OGC WFS (Web Feature Service).

Разработанная система автоматического мониторинга ТЦ с использованием оригинальных методов автоматического поиска позволяет в оперативном режиме обнаруживать, проследить и рассчитывать основные геометрические параметры ТЦ на основе комплексного анализа данных дистанционного зондирования (рис. 3). Система интегрирована в структуру распределенной системы обработки ЦКП «Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН».

МОНИТОРИНГ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ И СПАСАТЕЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Спутниковый центр ДВО РАН в течение нескольких лет на регулярной основе ведет мониторинг ледовой обстановки в Охотском море. Для обеспечения информационной поддержки ледовой проводки судов к порту Магадан для администрации морского порта Магадан в период зимней навигации с 1 января по 31 мая оперативно через FTP-сервер поставляются продукты обработки спутниковых данных. Например, RGB-изображения в меркаторской проекции по данным радиометра MODIS/Terra-Aqua (рис. 4). Решаются две основные задачи информационного обеспечения зимней навигации: получение и мониторинг кромки льда, получение изображений структуры льда (трещины, разводья) и расчет дрейфа льда. Эта информация необходима для прокладки оптимального маршрута ледокола и судов. Все данные представляются в меркаторской проекции с пространственным разрешением 250 м.

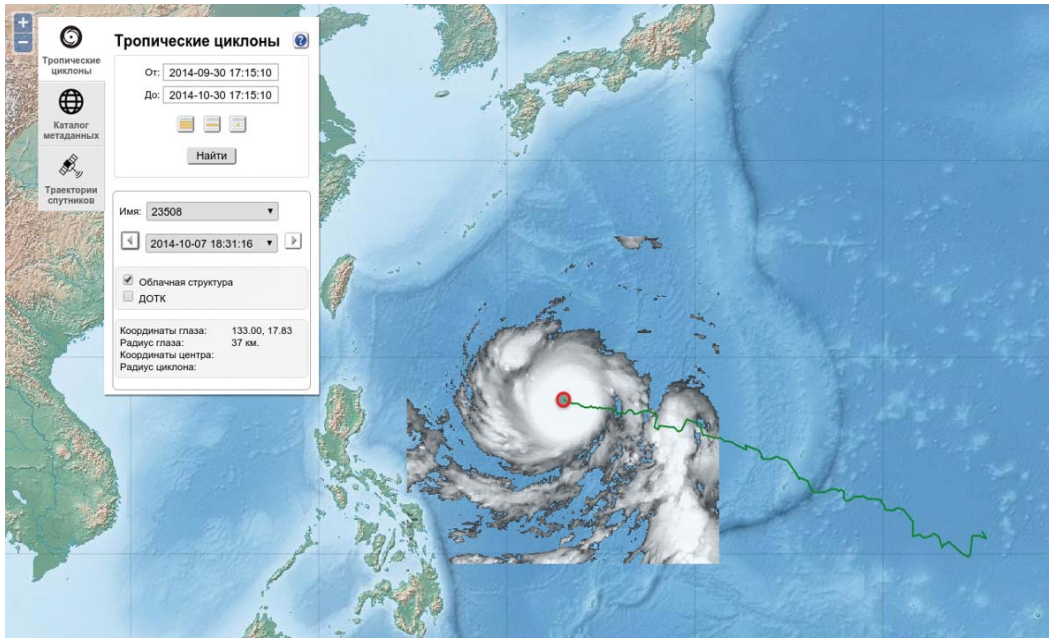


Рис. 3. Веб-интерфейс для работы с данными о траекториях тайфунов на примере супертайфуна «Вонгфонг» на момент времени 07.10.2014 г. 18:31:16 UTC

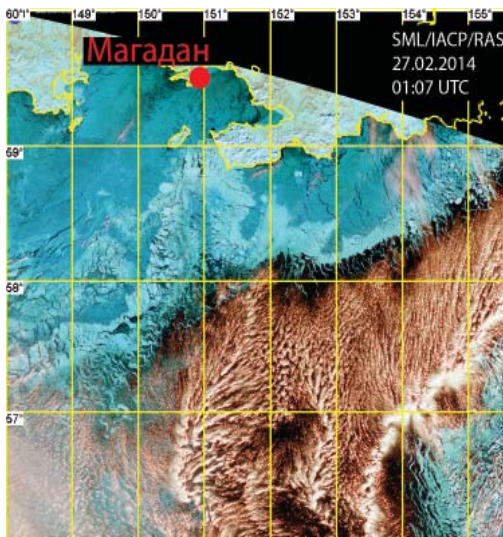


Рис. 4. RGB-изображение морского льда на подходе к порту Магадан в меркаторской проекции по данным радиометра MODIS/Terra-Aqua

Зимой 2010–2011 гг. Спутниковый центр ДВО РАН принимал участие в поиске пропавших в Охотском море судов [7]. 6 декабря 2010 г. в море унесло баржу. В Сахалинском заливе 30–31 декабря 2010 г. в ледовый плен попало сразу десять судов. В Татарском проливе у Сахалина 7 января 2011 г. потерялась рыболовецкая шхуна «Партнер» с экипажем из 14 человек. 11 января 2011 г. в юго-восточной части Сахалина унесло буксир «Прогресс-2». Западнее Камчатки 16 февраля 2011 г. потерялся траулер «Аметист» вместе с экипажем из 24 человек.

Практика показывает, что с момента последней связи с пропавшими судами и до начала их поиска на основе спутниковой информации (обычно после неудачи оперативного поиска традиционными средствами) проходит 5–10 дней. Чтобы осуществить достаточно дорогую высокоточную спутниковую съемку на район поиска,

необходимо сделать прогноз возможного местоположения судна. Для этого требуется знать скорости поверхностных течений, силу и направление ветра, а также парусность судна. Модельные расчеты ветра и течений не всегда совпадают с реальными значениями. Поэтому необходимо использовать весь комплекс информации — многолетние наблюдения за течениями, редкие прямые измерения, прогнозные оценки ветра и непосредственные расчеты дрейфа по временной последовательности спутниковых изображений.

МОНИТОРИНГ ВРЕДОНОСНОГО ЦВЕТЕНИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Среди биотических компонентов прибрежных экосистем фитопланктон — один из наиболее чувствительных элементов, реагирующих на изменения природной среды. При этом многие виды фитопланктона в процессе своей жизнедеятельности производят опасные токсины. Массовое цветение этих видов называется вредоносным цветением водорослей (ВЦВ).

ВЦВ представляет опасность для жизни и здоровья людей, снижает продуктивность марикультурных хозяйств, наносит ущерб туризму и рекреационным системам, снижает биоразнообразие и разрушает морские экосистемы.

Таким образом, важной является задача определения вида цветущего фитопланктона по спутниковым данным, а также установление биомассы и акватории массового цветения фитопланктона.

Большое разнообразие морских микроводорослей (более 5000 видов), близость оптических свойств некоторых видов и наличие шумов различной природы в измерениях цветности делают маловероятным решение задачи определения видового состава в «общей» постановке. Поэтому такую задачу можно решить на основе широкого

использования региональных особенностей, в первую очередь на основе знаний о видовом составе водорослей, времени, интенсивности и особенностях их цветения.

Как показывают исследования в Дальневосточном регионе, в произвольно выбранной пробе воды биомасса лидирующей водоросли составляет около 60%, а биомасса четырех лидирующих водорослей — около 90%. При этом наблюдается значительная пространственно-временная устойчивость видового состава, что снимает принципиальные ограничения на решение задачи распознавания вида водоросли [8].

Современные спутниковые биооптические алгоритмы позволяют не только исследовать пространственное распределение этих параметров, отражающее содержание фитопланктона в морской воде, но и оценивать спектральные плотности поглощения света, рассеивания света и флуоресценции клетками фитопланктона, что открывает принципиальную возможность определения доминирующего вида микроводорослей в морской воде.

Разработанная в Спутниковом центре ДВО РАН вычислительная система автоматического расчета характеристик атмосферы и океана по спутниковым данным позволяет практически в режиме реального времени (от 15 мин. до нескольких часов) поставлять карты более чем для 200 видов геофизических параметров океана и атмосферы.

В настоящий момент ведется оперативный мониторинг биооптических характеристик акватории, а также разработка алгоритма автоматического обнаружения ВЦВ по спутниковым данным (рис. 5).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные технологии автоматического получения по спутниковым изображениям температуры поверхности океана, скоростей поверхностных течений,

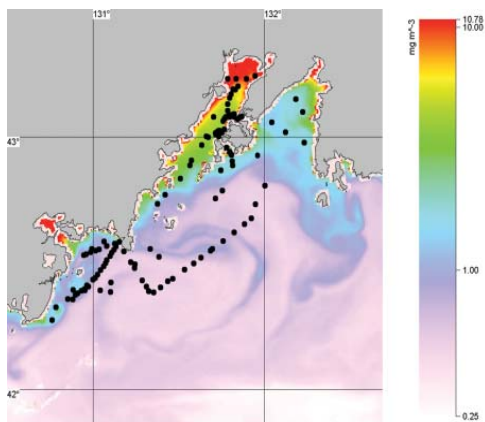


Рис. 5. Концентрация хлорофилла-А в заливе Петра Великого 31 августа 2009 г. и точки измерения видового состава фитопланктона

динамических параметров синоптических вихрей, параметров тропических циклонов, параметров излучения водной поверхности позволили повысить оперативность и достоверность мониторинга таких опасных природных явлений, как тайфуны, распространение загрязнений, вредоносное цветение водорослей, а также обеспечить проводку судов в тяжелых ледовых условиях.

Все эти технологии внедрены в практику работы ЦКП «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды ДВО РАН» и используются для оперативного мониторинга состояния прибрежных акваторий.

Работа поддержана программой фундаментальных исследований Президиума РАН «Поисковые фундаментальные научные исследования в интересах развития Арктической зоны Российской Федерации».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левин В. А., Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Бабяк П. В., Громов А. В., Дьяков С. Е., Загуменнов А. А., Ким В., Стопкин М. В., Фомин Е. В. Технологии спутникового

мониторинга атмосферы и поверхности океана района АЭС Фукусима // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. –2012. Т. 9. –№1. –С. 187–196.

2. Алексанин А. И., Дьяков С. Е. Кросс-калибровка ИК-каналов спутника MTSAT-1R и алгоритм расчета температуры поверхности моря // *Исследование Земли из космоса*. –2010. –№ 5. –С. 3–10.

3. Алексанин А. И., Алексанина М. Г., Карнацкий А. Ю. Автоматический расчет скоростей поверхностных течений океана по последовательности спутниковых изображений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. –2013. Т. 10. –№ 2. –С. 131–142.

4. Emery W. J., A. C. Thomas, M. J. Collins, W. R. Crawford, and D. L. Mackas. An objective method for computing advective surface velocities from sequential infrared satellite images // *J. Geophys. Res.*, –1986. Vol. 91. No. –C11. P. 12865–12878.

5. Алексанин А. И., Загуменнов А. А. Проблемы автоматического обнаружения вихрей океана по спутниковым ИК-изображениям // *Исследование Земли из космоса*. –2011. –№ 3. –С.65–74.

6. Еременко А. С. Опытная эксплуатация системы автоматического мониторинга тропических циклонов // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. –2013. Т.10. –№1. –С. 320–327.

7. В. А. Левин, А. И. Алексанин, М. Г. Алексанина, П. В. Бабяк, А. В. Громов, Ю. В. Наумкин, Е. В. Фомин, М. В. Стопкин. Спутниковый мониторинг ледовой обстановки в Охотском море // *Земля из космоса — наиболее эффективные решения*. –2011. Вып. 10. –С.44–49.

8. А. И. Алексанин, В. А. Качур, В. Ким, Т. Ю. Орлова, А. Н. Павлов, П. А. Салюк, И. В. Стопкин, О. Г. Шевченко. К определению видового состава фитопланктона по спутниковым данным. Биологическая безопасность дальневосточных морей России. –2013. Владивосток: Дальнаука, –С. 412–448.

GLOBAL SURVEILLANCE TECHNOLOGY PARTNER



KONGSBERG SPACETEC



WORLD WIDE EARTH OBSERVATION

World wide supplier of Turn Key Ground Stations

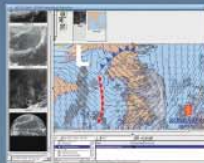
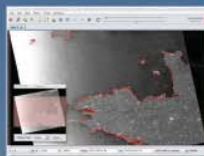
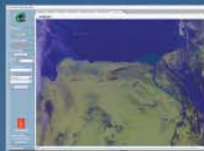
MEOS™ Antenna



MEOS™ Capture



MEOS™ Polar



MEOS™ Watch



KONGSBERG SPACETEC AS

мировой поставщик наземных станций для сбора данных со спутников наблюдения Земли, включающих дополнительные приложения (оптические и радиолокаторы с синтетической апертурой)

www.spacotec.no



marketing@spacotec.no

KONGSBERG

WORLD CLASS - through people, technology and dedication

Ф. Н. Низаметдинов (КарГТУ, Казахстан)

В 1977 г. окончил Карагандинский политехнический институт по специальности «маркшейдерское дело». В настоящее время — заведующий кафедрой маркшейдерского дела и геодезии (МДиГ) Карагандинского государственного технического университета (КарГТУ). Доктор технических наук, профессор, академик КазНАЕН.

Д. В. Мозер (КарГТУ, Казахстан)

В 2001 г. окончил Карагандинский государственный технический университет по специальности «маркшейдерское дело». В настоящее время — старший преподаватель кафедры МДиГ КарГТУ. Кандидат технических наук.

Н. И. Гей (КарГТУ, Казахстан)

В 2013 г. окончила Карагандинский государственный технический университет по специальности «геодезия и картография». В настоящее время — магистрант КарГТУ, научный сотрудник ТОО «НТЦ «KazGeoScan».

А. С. Туякбай (КарГТУ, Казахстан)

В 2008 г. окончила Карагандинский государственный технический университет по специальности «горное дело». В настоящее время — старший преподаватель кафедры МДиГ КарГТУ, научный сотрудник ТОО «НТЦ «KazGeoScan». Магистр технических наук.

А. Д. Каранеева (КарГТУ, Казахстан)

В 2006 г. окончила Карагандинский государственный университет по специальности «физика». В настоящее время — магистрант КарГТУ, научный сотрудник ТОО «НТЦ «KazGeoScan».

Спутниковый радарный интерферометрический мониторинг подработанных территорий Карагандинского угольного бассейна

Карагандинский угольный бассейн — крупнейший угольный бассейн Республики Казахстан. Основные центры добычи — города Караганда, Сарань, Абай, Шахтинск. Шахты находятся на близком расстоянии друг от друга и от города Караганды, а интенсивная подземная добыча полезных ископаемых приводит к оседаниям земной поверхности и обрушениям. При этом для восстановления требуются большие средства на ремонт оборудования, техники и ликвидацию последствий аварий.

Выявление процесса смещения земной поверхности и предотвращение угрозы обрушения возможны при проведении масштабного мониторинга. В последние годы наиболее актуальными и эффективными являются методики с использованием

дистанционного зондирования Земли с применением спутниковой радарной интерферометрии.

Для мониторинга смещений земной поверхности на подработанных территориях Карагандинского угольного бассейна в КарГТУ начаты работы по использованию технологии спутниковой радарной интерферометрии на основе съемок со спутников COSMO-SkyMed-1-4, приобретенных по специальной стоимости для вузов в российской компании «Совзонд» [1].

Обработка данных производилась по технологии SBAs в программном комплексе ENVI (модуль SarScape Interferometric Stacking), эксклюзивным дистрибьютором которого в России и СНГ является компания «Совзонд».

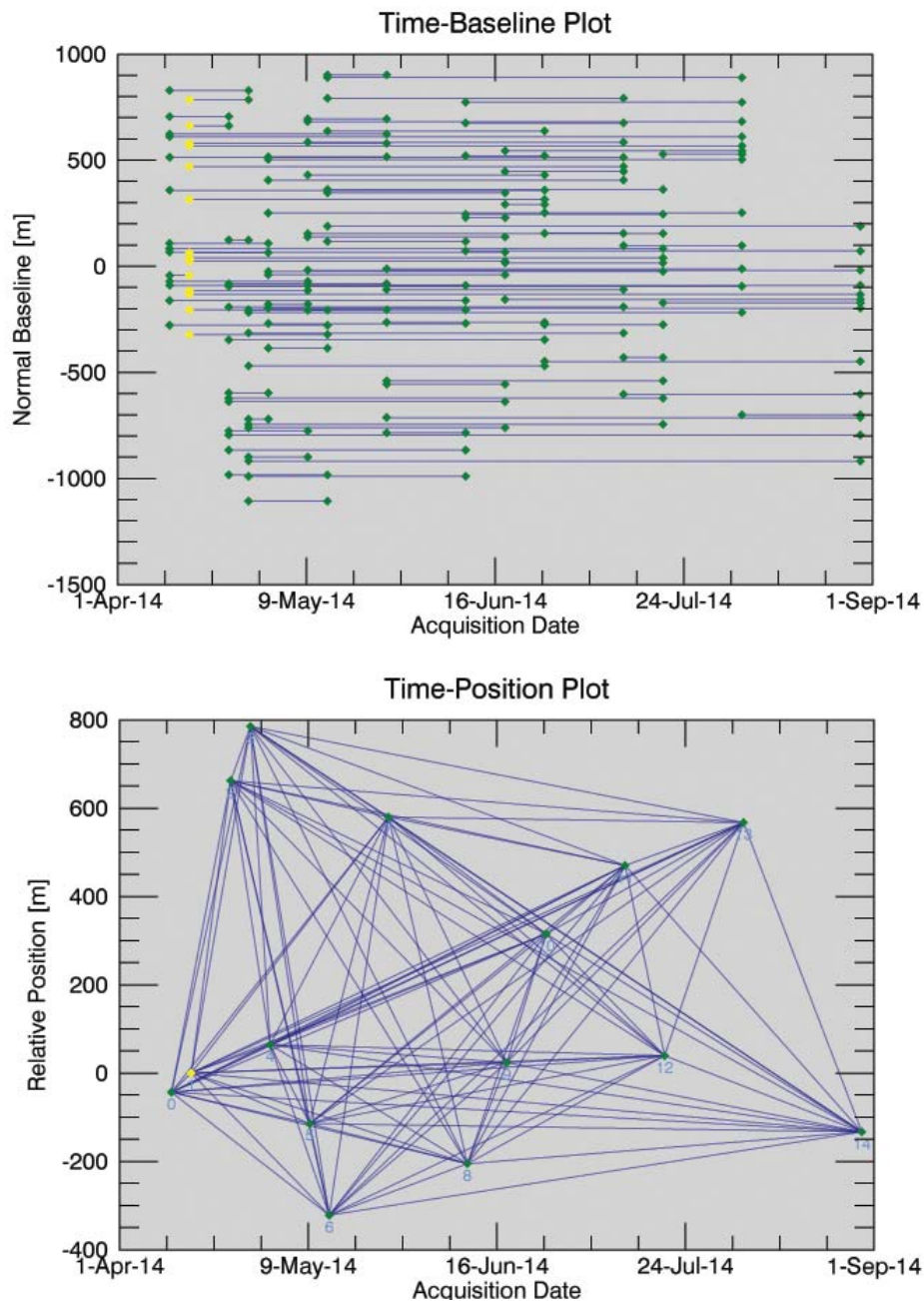


Рис. 1. а) Определение базовых линий снимков относительно друг друга;
б) определение пространственного положения снимков относительно друг друга

Применяемая технология обработки SBas — интерферометрия малых базовых линий — предусматривает попарную интерферометрическую обработку большого количества перекрещивающихся во времени интерферометрических пар. Перед началом проекта специалисты КарГТУ прошли обучение технологии радарной интерферометрии SBas в Информационно-консультационном центре компании «Совзонд».

Первый шаг обработки в SARscape — выбор пар из общего числа возможных пар

по некоторым критериям: максимально допустимой базовой линии, максимально допустимого временного промежутка между съемками. 15 повторных съемок — это 105 возможных пар снимков. Инструмент Connection Graph позволяет в интерактивном автоматизированном режиме выбрать пары для дальнейшей обработки с учетом вышеуказанных критериев (рис. 1) [2].

Для каждой из пар в автоматизированном режиме были построены интерферограммы и дифференциальные интерферограммы,

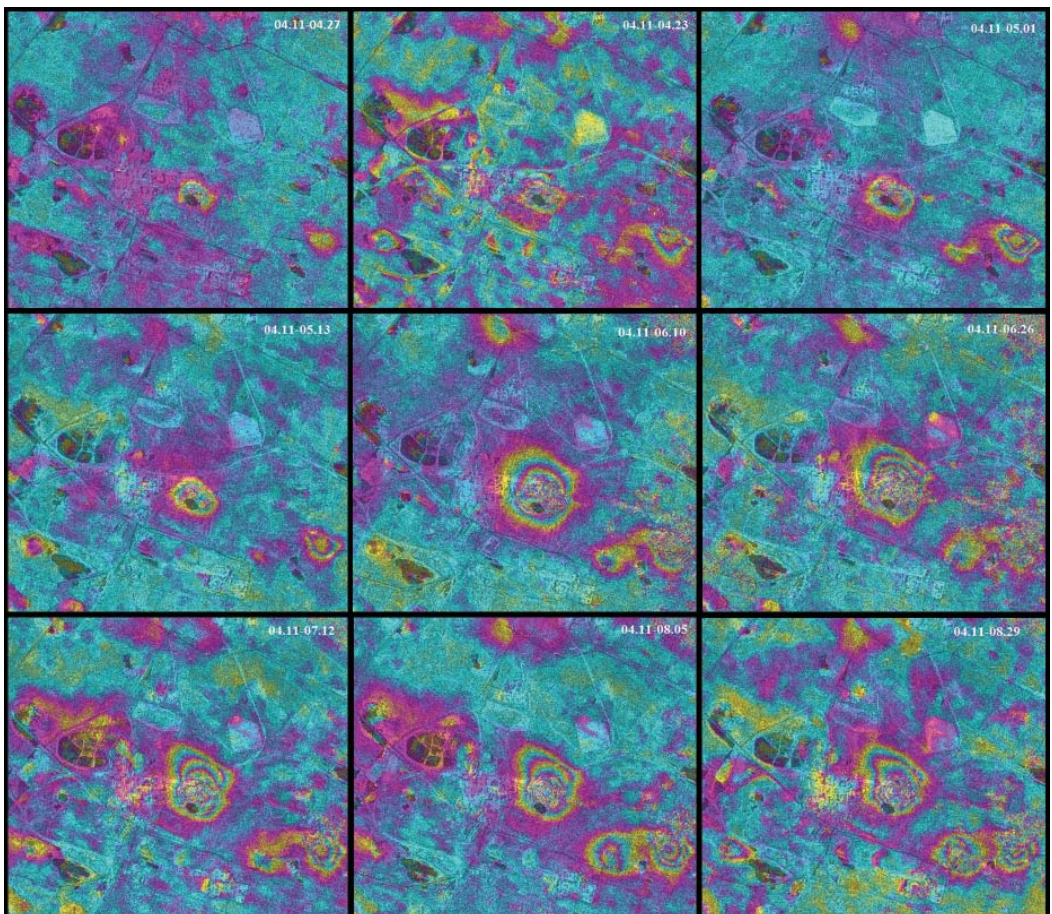


Рис. 2. Дифференциальная интерферограмма в районе шахты им. И. А. Ностенно

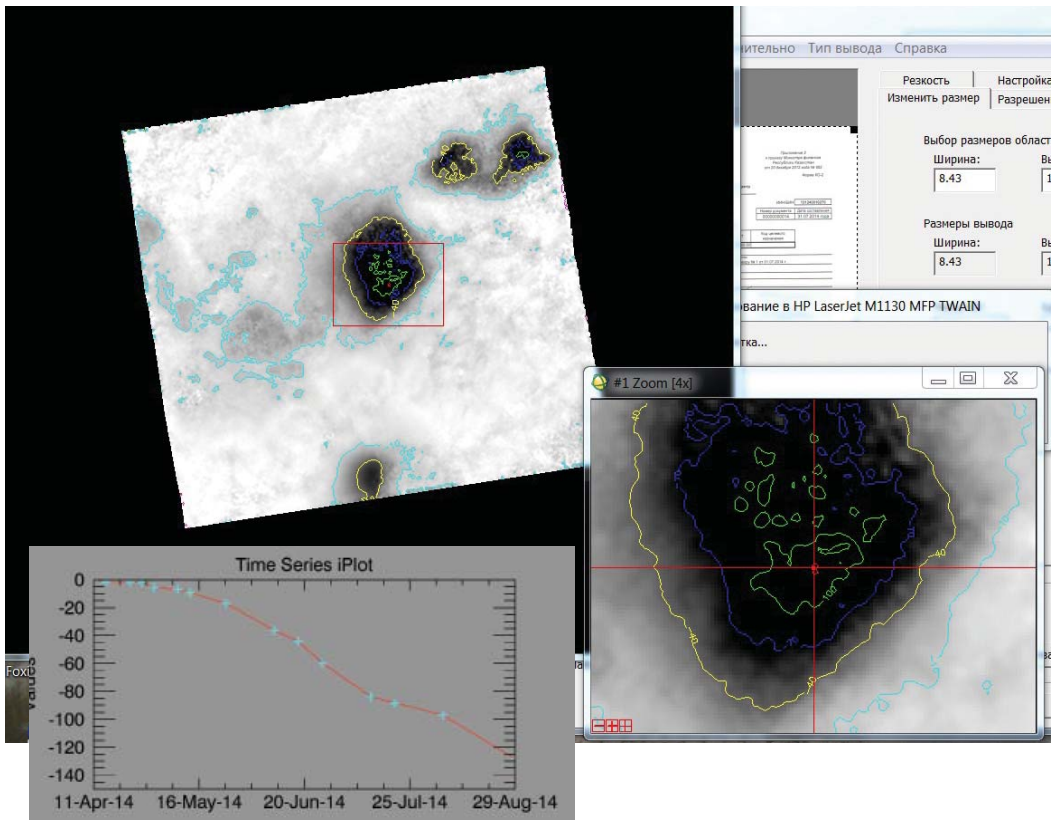


Рис. 3. Максимальная величина оседания земной поверхности в районе ведения работ на шахте им. И. А. Костенко за все время наблюдения

выполнены фильтрация интерферометрической фазы, расчет когерентности и развертка фазы. На выходе была получена интерферограмма смещений земной поверхности на всю площадь космического снимка [3].

После анализа дифференциальной интерферограммы были выявлены участки, на которых образовались мульды оседаний, для дальнейшего наблюдения за данной территорией. Данные мульды оседаний поверхности расположены в районах добычи угля в шахтах им. И. А. Костенко, им. Т. Кузембаева, «Абайская» и «Саранская».

Мулда оседания образовалась на территории шахты им. И. А. Костенко — крупнейшего

угледобывающего предприятия угольного департамента компании АО «Арселор Миттал Темиртау». Шахта расположена в г. Караганде. На рис. 2 отчетливо видно образование мульд оседаний, разрастающихся со временем.

По результатам обработки серии радарных снимков был построен график оседаний земной поверхности по точке его максимального оседания, что составляет 130 мм за исследуемый период (рис. 3). Полученная интерферограмма (рис. 4) показала образование мульды оседаний на территории шахты «Абайская», которая находится в г. Абай Карагандинской области и входит в состав «Арселор Миттал Темиртау».

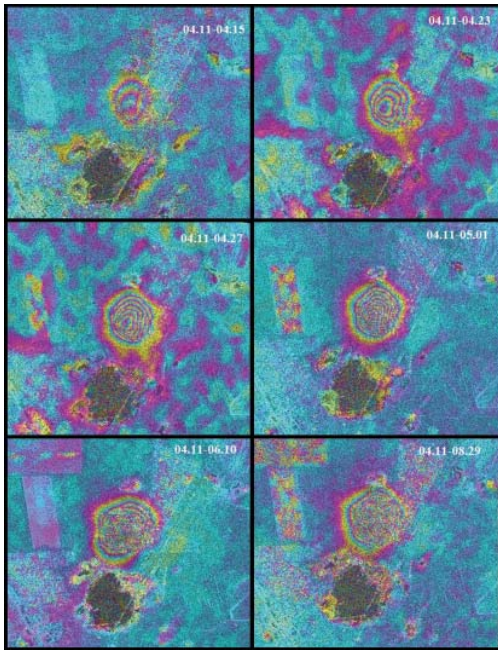


Рис. 4. Дифференциальная интерферограмма в районе шахты «Абайская»

Динамика оседания земной поверхности по точке его максимального значения на территории шахты «Абайская» проиллюстрирована на рис. 5. Из графика видно, что оседание за период с апреля по август 2014 г. составляет 135 мм.

Шахта «Саранская» — угледобывающее предприятие в г. Сарань (рис. 6) входит в состав угольного департамента АО «Арселор Миттал Темиртау».

По графику динамики оседания на шахте «Саранская», построенному по точкам максимального оседания на данной территории, видно, что оседания составляют 150 мм (рис. 7).

Группой исследователей КарГТУ были проведены комплексные работы по определению смещения земной поверхности, подработанной горными выработками

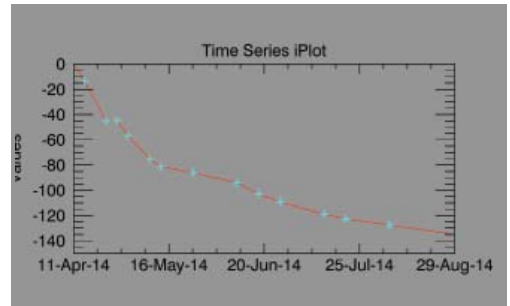


Рис. 5. Максимальная величина оседания земной поверхности в районе ведения работ на шахте «Абайская»

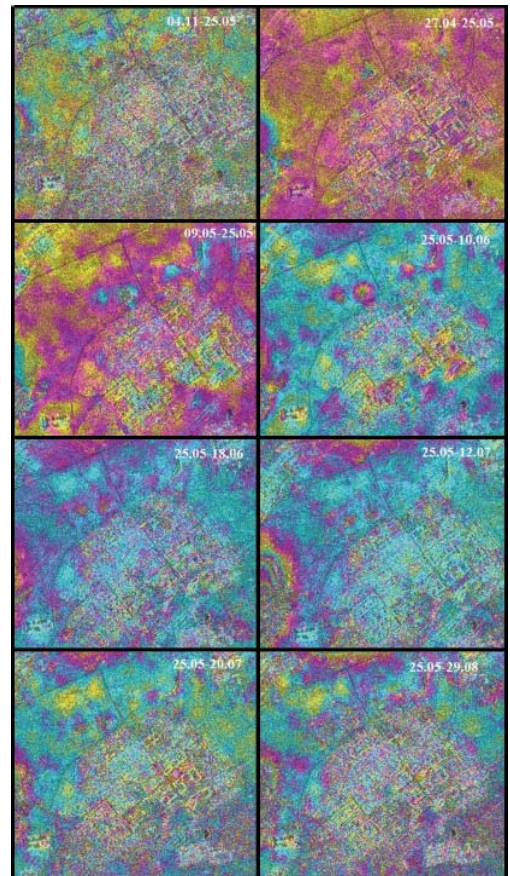


Рис. 6. Дифференциальная интерферограмма в районе шахты «Саранская»

в районе шахты им. Т. Кузембаева (рис. 8). Выполнен геотехнический расчет, определены смещения земной поверхности методом нивелирования и спутниковой радарной интерферометрии.

По результатам обработки серии радарных снимков был построен график оседаний земной поверхности по точкам максимального оседания, из которого видно, что максимальное оседание за период наблюдения составило более 150 мм (рис. 9).

После получения результатов обработки радарных данных был произведен геотехнический расчет смещения земной поверхности, подработанной горными выработками в районе шахты им. Т. Кузембаева. На рис. 10 приведена граница мульды сдвижений земной поверхности, построенная в соответствии с известными методиками [4].

На рис. 10 видно, что максимально возможная величина оседания составляет 123 см. В данной работе максимальная скорость оседания в исследуемом районе вычислена по формуле

$$v_0 = 12 \frac{m * c * \cos \alpha}{H} \left(1 + 0,3 \frac{H_1}{H} \right),$$

где H — глубина разработки, m — вынимаемая мощность пласта, α — угол падения пласта, c — скорость подвигания очистного забоя, H_1 — мощность ранее подработанной толщи.

Общая продолжительность процесса сдвижения составила

$$T = 1,4 \frac{H}{U} \approx 8 \text{ мес.},$$

где H (м) — глубина разработки скорости, U (м/мес.) — подвигания забоя лавы.

Границы опасного участка были нанесены на планы горных работ шахты им. Т. Кузембаева и представлены кругом на рис. 11. Они были получены путем

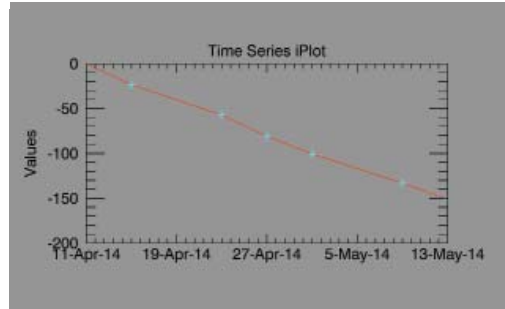


Рис. 7. Максимальная величина оседания земной поверхности в районе ведения работ на шахте «Саранская»

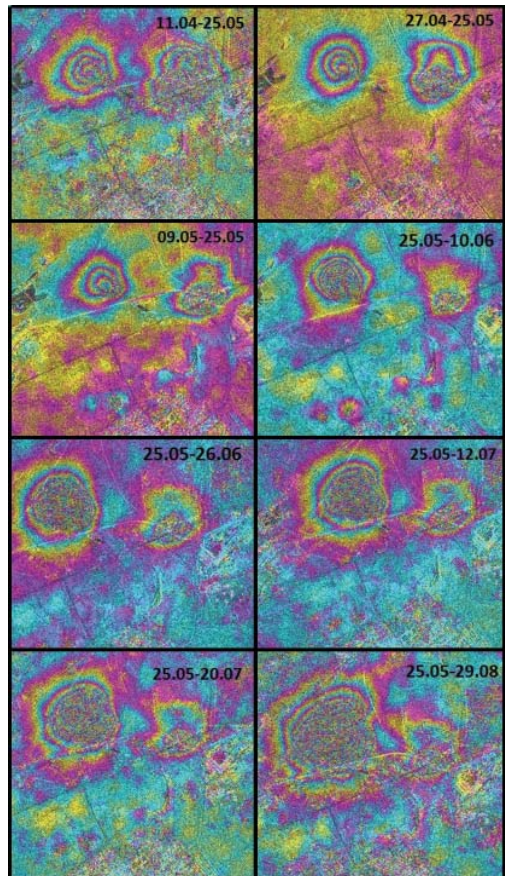


Рис. 8. Несколько дифференцированных интерферограмм шахты им. Т. Кузембаева, построенных по разным парам снимков

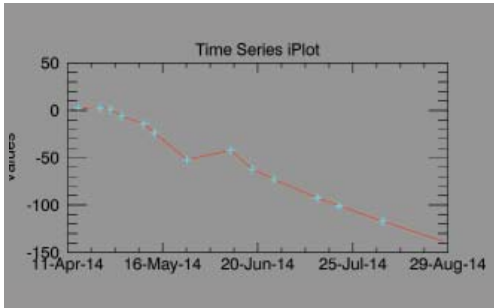


Рис. 9. Максимальная величина оседания земной поверхности в районе ведения работ на шахте им. Т. Нуземава за все время наблюдения

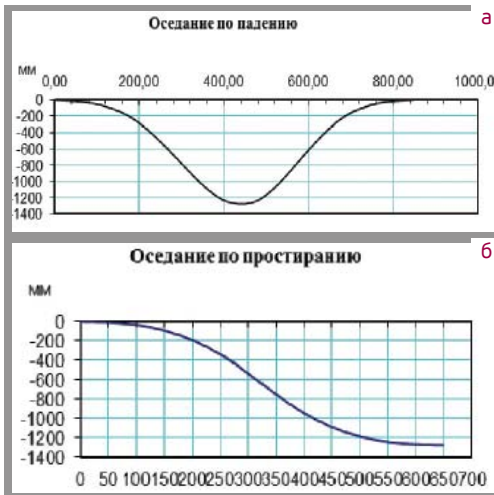


Рис. 10. Мульды оседаний земной поверхности: а) вкрест простирания пласта; б) по простиранию пласта

наложения планов горных работ шахты на карту, взятую с сервиса Google Maps. В центре данного участка находится пересечение железнодорожного пути и трассы А17 [5].

В границах этого участка были заложены две профильные линии, по которым проводилось повторное нивелирование. Согласно правилам охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния



Рис. 11. Определение границ выработанного пространства и трансформирование плана добычи в Google Maps

подземных горных разработок на угольных месторождениях интервал времени между повторным нивелированием устанавливают исходя из ожидаемых скоростей современных вертикальных движений земной коры. Для получения детальных данных о процессе сдвижения, кроме начальных и конечных наблюдений, проводится не менее пяти серий наблюдений через интервал

$$t = \frac{H}{6c} = 36 \text{ сут.},$$

где H (м) — глубина разработки у нижней границы выработки, c (м/сут.) — скорость подвигания забоя.

Интегрированные результаты пяти серий нивелирования приведены на графиках (рис. 12).

Работа в границах опасного участка проводилась с апреля по сентябрь, что составляет 6 месяцев. В этот период на данном участке велась добыча угля. Максимальное значение оседаний за этот



Рис. 12. Графики оседаний земной поверхности по профильным линиям по результатам нивелирования

период по результатам нивелирования составило 150 мм (рис. 13). Величины оседаний поверхности Земли, полученные различными методами, показали хорошую корреляцию. При этом спутниковая радарная интерферометрия при мониторинге сдвижений подработанных территорий земной поверхности имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами съемки и расчета оседаний. Следует также отметить, что она позволяет вести наблюдения на больших по площади территориях и получать наглядные результаты, регламент наблюдений зависит только от заказчика. Это позволяет рекомендовать для мониторинга оседаний и деформаций спутниковую радарную интерферометрию как надежную методику наблюдения за сдвижением массива горных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кантемиров Ю. И. Обзор возможностей новой версии SARscape 4.4 // Геоматика. – 2012. – №1. – С. 22–26.
2. Kashnikov Y. A., Musikhin V. V., Lyskov I. A. Radar interferometry — based determination of ground surface subsidence under mineral mining// JOURNAL OF MINING SCIENCE Издательство: Springer New York Consultants Bureau ISSN: 1062-7391 IF=0,223, том 48. Номер 4. Год 2012. С. 649–655.3.



Рис. 13. Проведение геодезического мониторинга

3. Ferretti A., Perissin D., Prati C. et al., 2004. ERS-ENVISAT Permanent Scatterers Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS 2004[C]. Proceedings Anchorage (Alaska), 2004.
4. «Правила охраны сооружения и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях», Ленинград, 1986, С. 74.
5. Мозер Д. В., Туякбай А. С., Ге́й Н. И., Нагибин А. А., Самбергенова А. К. Мониторинг подработанных территорий Карагандинск-ого угольного бассейна с использованием спутниковой радарной интерферометрии, научный конгресс «Интерэкспо ГЕО-Сибирь», СГГА, Новосибирск, 16–18 апреля 2014 г.

В. А. Семикин (АУ «НАЦРН им. В. И. Шпилльмана»)

В 1994 г. окончил математический факультет Тюменского государственного университета по специальности «математика». В настоящее время — заведующий лабораторией прикладного программирования АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилльмана». Кандидат технических наук.

В. Н. Гончарова (АУ «НАЦРН им. В. И. Шпилльмана»)

В 1985 г. окончила геологоразведочный факультет Тюменского индустриального института им. Ленинского комсомола по специальности «горный инженер». В настоящее время — заведующая отделением программных комплексов, компьютерных систем обработки информации АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилльмана».

Е. Л. Кызылова (АУ «НАЦРН им. В. И. Шпилльмана»)

В 1989 г. окончила факультет технической кибернетики Тюменского индустриального института им. Ленинского комсомола по специальности «инженер-системотехник». В настоящее время — научный сотрудник Лаборатории разработки программ для графических баз данных АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилльмана».

И. В. Перелятин (АУ «НАЦРН им. В. И. Шпилльмана»)

В 2006 г. окончил институт геологии и геоинформатики Тюменского государственного нефтегазового университета по специальности «информационные системы и технологии». В настоящее время — инженер Лаборатории прикладного программирования АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилльмана».

В. А. Пуртов (АУ «НАЦРН им. В. И. Шпилльмана»)

В 1999 г. окончил эколого-географический факультет Тюменского государственного университета по специальности «геозкология». В настоящее время — заведующий лабораторией данных ДЗЗ АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилльмана».

Н. С. Ремень (АУ «НАЦРН им. В. И. Шпилльмана»)

В 1998 г. окончила эколого-географический факультет Тюменского государственного университета по специальности «охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». В настоящее время — старший научный сотрудник Лаборатории данных ДЗЗ АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилльмана».

Геопортал ЮГРА. Предоставление доступа к пространственным данным на территорию ХМАО — Югры

Предпосылкой для создания геопортала ЮГРА на базе НАЦРН им. В. И. Шпилльмана послужило увеличение пространственной информации, полученной в результате обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Космическая съемка в Центре недропользования используется для поиска и прогноза нефтегазовых месторождений, мониторинга промышленных и непромышленных инфраструктурных объектов, а также мониторинга нарушенных земель, наблюдения за горением факельных установок.

Для мониторинговых работ выбраны следующие категории земель, утративших свою хозяйственную ценность или являющихся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного покрова, гидрологического режима и образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности:

- нефтезагрязненные земли;
- нарушенные земли в местах сжигания попутного нефтяного газа;
- нарушенные земли в местах добычи общераспространенных полезных ископаемых;

- участки лесовосстановления;
- рубки в границах распределенного фонда недр и за их пределами.

Мониторинг осуществляется с использованием космических снимков различного пространственного разрешения со спутников: Landsat-5,7,8 (разрешение 15–30 м), ALOS/PRISM (2,5 м), ALOS/AVNIR-2 (10 м), ASTER (15 м), Formosat-2 (8 м), QuickBird (0,6 м), GeoEye-1 (0,5 м), IKONOS (0,9 м), RapidEye (5 м). Данные с аппаратов высокого и сверхвысокого разрешения поставляются компанией «Совзонд».

В течение многих лет в НАЦРН ведется интегрированная база данных по недропользованию территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, на основе которой создаются и обновляются тематические карты.

Эффективность работы Центра напрямую связана с быстротой получения актуальной информации заинтересованными органами государственной власти и местного самоуправления автономного округа, компаниями-недропользователями и просто пользователями сети Интернет.

Все это подтолкнуло к созданию геопортала ЮГРА и позволило предоставить доступ к накопленной пространственной и атрибутивной информации в наглядном картографическом виде. В каждой карте присутствуют как специализированные слои, характеризующие конкретное направление, так и повторяющиеся базовые или логически дополняющие слои.

В настоящее время опубликованы следующие карты:

1. Лицензирование в пределах ХМАО — Югры.
2. Геологоразведочные работы.
3. Природопользование территории ХМАО — Югры.
4. Использование природных ресурсов ХМАО — Югры.

5. Тектоническая карта центральной части Западно-Сибирской плиты под редакцией В. И. Шпильмана, Н. И. Змановского, Л. Л. Подсосовой, 1999 г.

6. Нефтегеологическое районирование территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Более подробно ознакомиться с данными картами можно на следующих сайтах: <http://crgu.ru>, <http://maps.crgu.ru>.

Пользователи всегда ждут от любого программного продукта быстрого действия, информативности, актуальности данных, простого и понятного интерфейса. Именно эти составляющие были приоритетными при выборе средств реализации геопортала ЮГРА.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОПОРТАЛА ЮГРА

Предоставляются стандартные функции навигации по карте, управления слоями и просмотра атрибутивной информации (рис. 1). Все карты состоят из слоев, объединенных в группы. Каждый слой содержит легенду и, возможно, объекты с атрибутивной информацией. В качестве базового слоя можно использовать слои, подготовленные в Центре, или внешние слои Google Maps. Предоставляется возможность управления видимостью и прозрачностью слоев. Навигация по карте может осуществляться с помощью специального элемента управления «Навигатор» или «Окно обзора», представляющего собой уменьшенную копию карты. Для возврата к ранее просмотренным областям карты сохраняется история просмотра. Выбор объектов осуществляется из списка или непосредственно на карте. Поддерживается возможность поиска объектов по названию. Реализованы инструменты измерения в интерактивном

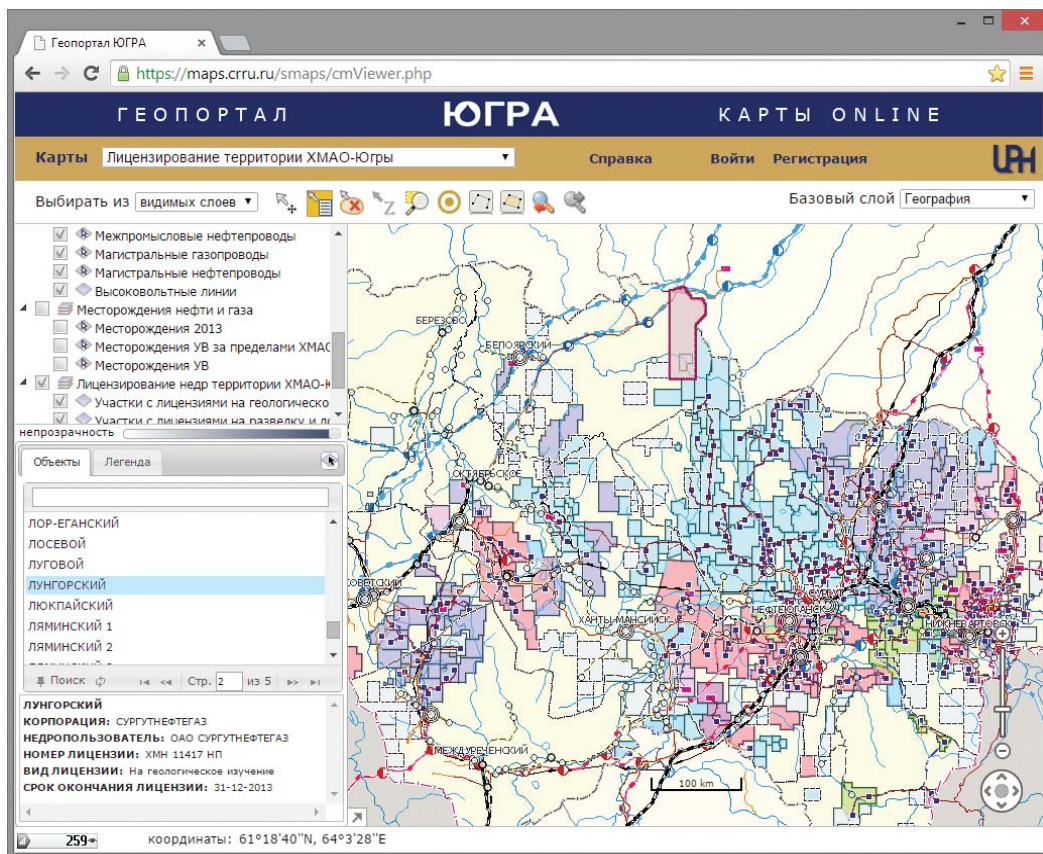


Рис. 1. Пользовательский интерфейс геопортала ЮГРА

режиме длин ломаных и площадей многоугольников.

Работа с картами может осуществляться в двух режимах: свободный доступ и доступ для зарегистрированных пользователей. Свободный доступ предполагает анонимный доступ к ресурсу. Зарегистрированные пользователи получают доступ к расширенным функциональным возможностям и дополнительной информации геопортала. Перечень предоставляемой дополнительной информации зависит от прав, выданных пользователю администрацией ресурса.

В настоящее время существует три категории пользователей:

1. Пользователи, работающие в режиме открытого доступа. При использовании геопортала без регистрации пользователям предоставляется доступ ко всей основной картографической информации и большинству функциональных возможностей.

2. Пользователи, прошедшие свободную регистрацию. После свободной регистрации открывается доступ к более подробным масштабам карт и возможности печати карт.

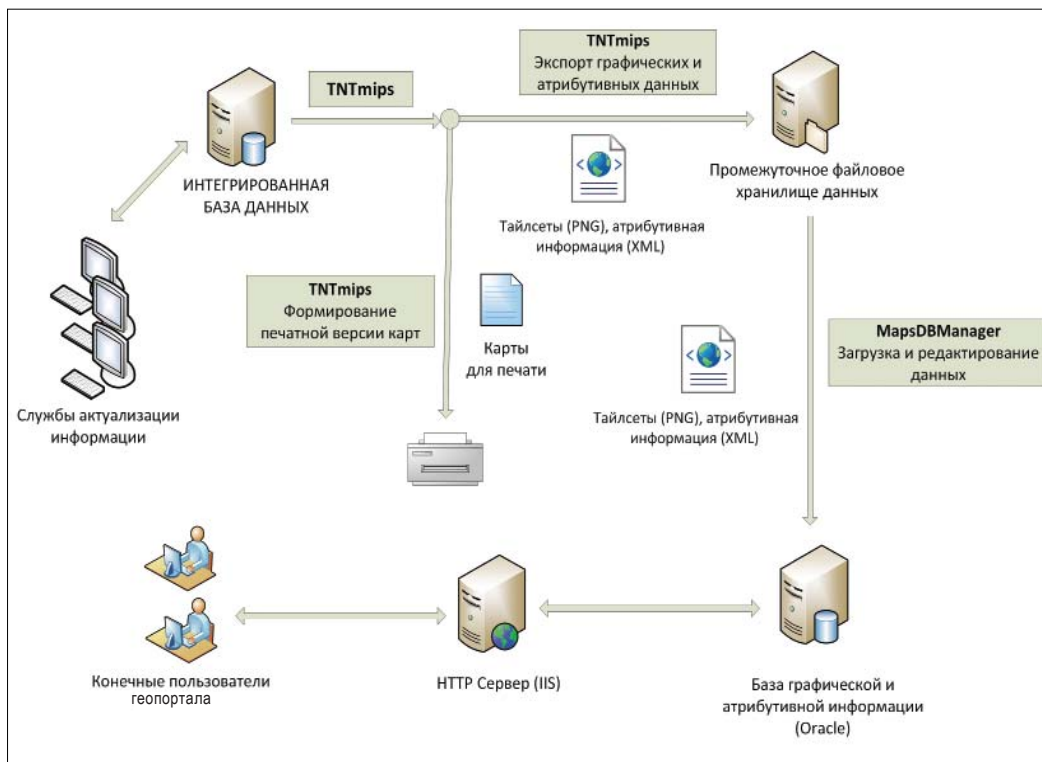


Рис. 2. Схема подготовки карт и работы геопортала ЮГРА

3. Специальная категория пользователей из департаментов и служб ХМАО — Югры, которой предоставляется доступ к информации для служебного пользования.

ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ СОЗДАНИИ ГЕОПОРТАЛА ЮГРА

В течение многих лет в Научно-аналитическом центре рационального недропользования им. В. И. Шпилемана для подготовки карт к печати использовалась ГИС TNTmips (MicroImages, Inc.). Благодаря специализированным функциональным возможностям TNTmips позволяет готовить карты и для публикации

в Интернете. Использование единого программного продукта для разных способов распространения существенно упрощает актуализацию карт, позволяет использовать все ранее созданные наработки и условные обозначения. Общая схема подготовки карт и работы геопортала представлена на рис. 2.

Ключевым моментом подготовки карт является перевод векторной информации в растровую. Для каждого масштаба формируется свой набор небольших изображений размером 256x256 точек — так называемых тайлсетов [2]. Такая технология используется многими разработчиками для размещения карт в сети Интернет, например в Google. Ее примене-

ние позволяет обеспечить высокую скорость доступа, так как изображение полностью подготовлено и для его отображения на компьютере пользователю достаточно загрузить нужный набор растровых файлов, зависящий от масштаба, и область просмотра. Кроме того, векторная информация не выгружается из локальной сети, что гарантирует невозможность доступа к ней через Интернет. Таким образом решаются ключевые задачи обеспечения быстродействия и защиты данных.

Далее информация загружается в базу геопортала с помощью специально разработанной программы MapsDBManager. При этом автоматически ведется журнал загрузок и возникших при их выполнении ошибок. Кроме того, программа позволяет редактировать информацию. В процессе редактирования можно задать параметры отображения имеющейся информации, создавать новые карты из ранее загруженных слоев, управлять правами доступа пользователей к картам и т. д.

В качестве веб-сервера использовался Microsoft Internet Information Server. При создании геопортала использовалась технология Ajax. Программная реализация клиентской части основана на свободно распространяемой библиотеке с открытым кодом OpenLayers [3]. Библиотека написана на языке JavaScript и поддерживает работу с различными типами источников картографических данных. Для создания пользовательского интерфейса применялись вспомогательные библиотеки jQuery [4], jsTree [5], jqGrid [6].

АНАЛИЗ ПОСЕЩАЕМОСТИ ГЕОПОРТАЛА ЮГРА

Для оценки посещаемости сайта ведется собственная статистика, а также

используется сервис «Яндекс. Метрика», позволяющий отслеживать показатели эффективности ресурса. В частности, анализ показал, что география нахождения пользователей достаточно широка, однако основное количество пользователей зарегистрировано в Тюменской области и Ханты-Мансийском автономном округе. Анализируя источники переходов на геопортал, нетрудно заметить, что более 40% из них — прямые переходы. Это свидетельствует о неслучайных, целенаправленных переходах и соответственно о наличии постоянных заинтересованных пользователей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

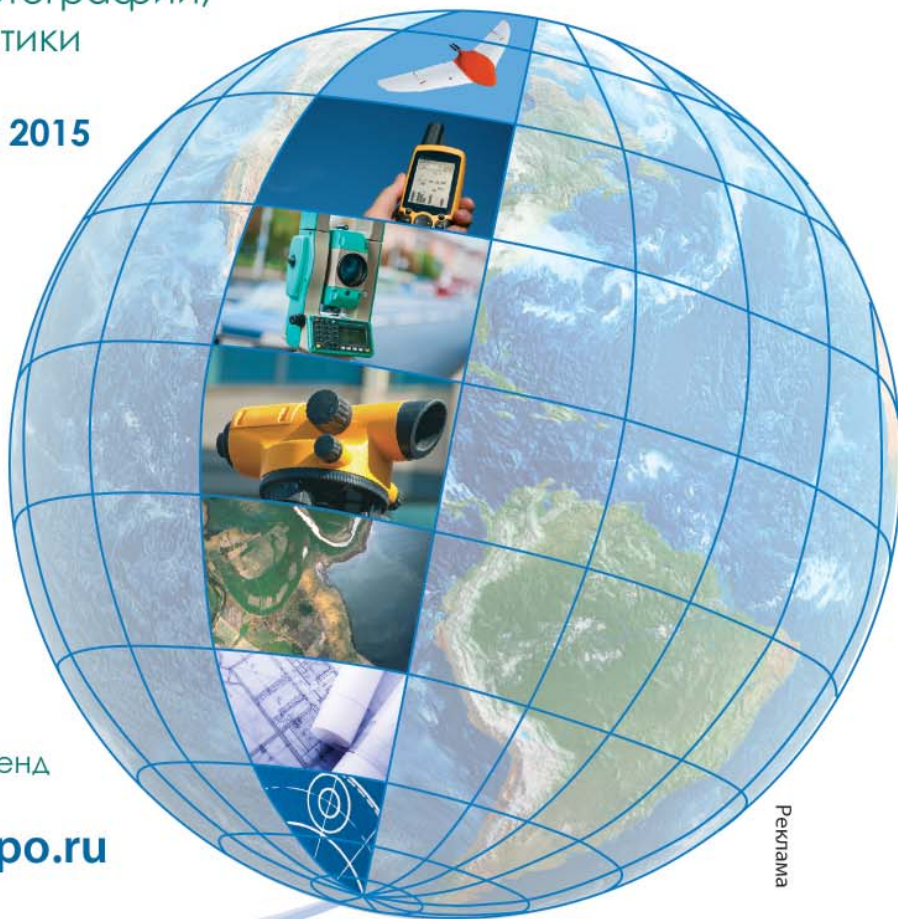
1. *Географические информационные системы и дистанционное зондирование [Электронный ресурс] / Экспертная комиссия ООН по управлению глобальной геопространственной информацией. Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/geotrends510.html>, свободный. — Загл. с экрана.*
2. *Tilesets: Google Maps Structure [Электронный ресурс] / MicroImages, Inc. — Режим доступа: <http://www.microimages.com/documentation/TechGuides/78googleMapsStruc.pdf> — Загл. с экрана.*
3. *OpenLayers: Free Maps for the Web [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://http://openlayers.org>, свободный. — Загл. с экрана.*
4. *jQuery JavaScript Library [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.jquery.com>, свободный. — Загл. с экрана.*
5. *jsTree - jQuery tree plugin [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.jstree.com>, свободный. — Загл. с экрана.*
6. *jqGrid Неме [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.jqgrid.com>, свободный.*



12-я Международная выставка
геодезии, картографии,
геоинформатики

13–15 октября 2015

**Москва,
ВДНХ (ВВЦ),
павильон 75**



Забронируйте стенд
на сайте

www.geoexpo.ru

Реклама



Тел.: +7 (495) 935 81 00

E-mail: geoformexpo@ite-expo.ru

Генеральный
информационный спонсор:



В. А. Немтинов

(Тамбовский государственный технический университет)

В настоящее время — заведующий кафедрой компьютерно-интегрированных систем в машиностроении Тамбовского государственного технического университета. Доктор технических наук, профессор.

Ю. В. Немтинова

(Тамбовский государственный технический университет)

В настоящее время — доцент кафедры компьютерно-интегрированных систем в машиностроении Тамбовского государственного технического университета. Кандидат экономических наук.

Ж. Е. Зимнухова

(Тамбовский государственный технический университет)

В настоящее время — доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и военной подготовки Тамбовского государственного технического университета. Кандидат технических наук.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций с использованием информационных технологий

ВВЕДЕНИЕ

Физико-географические, климатические, этнодемографические особенности Российской Федерации в сочетании с количеством и характером размещения техногенных источников опасности ставят задачу защиты населения и территорий от природных и техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) в разряд приоритетных.

Потребность в разнообразной, своевременной, точной и адекватной информации о состоянии природно-промышленной системы (ППС) для принятия своевременных управленческих решений, связанных с предотвращением возможных последствий различных ЧС, делает необходимым использование информационных систем (ИС), которые отслеживают все возможные состояния ППС, различные влияния на нее, ее модели поведения. При этом чем больше разных систем сбора информации, тем выше достоверность получаемых материалов. С учетом размеров территории Российской

Федерации и административно-государственного устройства в основе системной организации работ в области мониторинга и прогнозирования ЧС должен лежать принцип территориальной распределенности системы.

Создание ИС поддержки принятия управленческих решений на основе прогнозирования ЧС, объединяющей в себе решение задач по всем видам природных и техногенных ЧС и позволяющей в сложившихся условиях оперативно реагировать на возникающие ЧС, является очень сложной задачей. При этом использование различных систем мониторинга делает необходимой разработку концептуального подхода к формированию единого информационного пространства (ЕИП) ППС.

ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО

Введем понятие ЕИП ППС в масштабе субъекта РФ. ЕИП — это совокупность

информационных средств и ресурсов, интегрируемых в единую систему, а именно:

- собственно информационные ресурсы (массивы документов, базы и банки данных, все виды архивов и пр., содержащие информацию, зафиксированную на соответствующих носителях);
- сетевое и специальное программное обеспечение;
- сеть телекоммуникаций (территориально распределенные корпоративные компьютерные сети, телекоммуникационные сети и системы специального назначения и общего пользования, сети и каналы передачи данных, средства коммутации и управления информационными потоками).

В основе ЕИП лежит цифровая пространственная модель территории ППС в масштабе субъекта РФ с включением в нее всех объектов, образующих единую технико-экономическую и экологическую структуру рассматриваемого района, упорядоченно взаимодействующих в процессе обмена информацией, потребления материально-энергетических ресурсов.

При автоматизации процессов моделирования территории ППС необходимо решить следующие задачи:

- выбрать адекватную графическую модель;
- создать атрибутивное описание объектов модели;
- выбрать или разработать средства отображения, хранения и редактирования графических и атрибутивных данных;
- связать в единую интегрированную модель графические объекты и их атрибутивные описания, т. е. создать технологическую модель ППС;
- создать средства анализа и обработки данных, представленных в модели [1];
- обеспечить ввод визуальных данных в систему, интерпретацию

и вывод результатов обработки данных по модели.

Для формирования ЕИП необходима автоматизированная ИС, с помощью которой специалист может принимать оптимальные управленческие решения. ИС — это технологическая система, представляющая собой совокупность технических, программных и иных средств, объединенных структурно и функционально для обеспечения одного или нескольких видов информационных процессов и предоставления информационных услуг.

В работе предлагается подход к созданию ИС, основанный на распределенной, одноранговой архитектуре взаимодействия, когда в роли информационных ресурсов (по отношению к рассматриваемой ИС) выступают не только данные, но и различные приложения базовых ИС. Тогда в каждой из них часть методов обработки данных реализуется в виде приложений, доступных из других ИС. Например, при взаимодействии двух ИС первая пользуется сервисами, предоставляемыми второй, и в результате получает уже обработанные данные, которые могут быть подвергнуты дальнейшей обработке компонентами первой системы.

С учетом складывающихся мировых тенденций в области создания прикладных ИС при реализации подхода предлагается опираться на следующие современные информационные технологии:

- ГИС-технологии;
- базовые технологии сети Интернет;
- идеологию информационных хранилищ и архитектуру «клиент-сервер»;
- SQL — ориентированные инструментальные системы (СУБД ORACLE, INFORMIX и т. д.);
- CASE — технологии проектирования ИС и баз данных.

Создаваемая ИС должна реализовываться на двух уровнях:

1. В виде автоматизированных рабочих мест (АРМ) с использованием одного компьютера.

2. В виде локальных вычислительных сетей, связывающих в единое целое от двух до нескольких десятков компьютеров (рабочих станций) и периферийных устройств в пределах ППС с целью разделения доступа к общим ресурсам и взаимного обмена информацией.

В качестве базовых информационных систем, используемых для решения задач в масштабе ППС, следует выделить географическую информационную систему (ГИС) [2].

Большинство современных ГИС имеют средства трехмерного моделирования. С их помощью можно выявить и детально рассмотреть все основные черты и особенности взаимодействия и взаимосвязей между компонентами ППС в пространственном и временном аспектах.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ТЕРРИТОРИИ

При создании цифровой пространственной модели территории ППС в зависимости от поставленных задач целесообразно использовать принятую для данной территории систему координат, например «Пулково 1942 г.». Для описания различных объектов, входящих в состав ППС, можно использовать растровые и векторные модели данных [2]. Причем растровую модель следует использовать в качестве первичных данных об объектах. Выбор масштаба модели (1:25 000, 1:10 000 или др.) осуществляется в зависимости от масштабов возможных последствий различных ЧС и точности прогнозов.

В зависимости от сложности формы объекта для его описания может быть

использован тот или иной графический примитив.

Точечные объекты — это группа объектов, каждый из которых расположен только в одной точке пространства. Линейные объекты одномерны в координатном пространстве. Полигональные (площадные) объекты — это объекты, проекции которых на координатную плоскость xoy представляют собой области, аппроксимируемые многоугольниками. Так, различные здания и сооружения задаются в форме параллелепипедов или цилиндров:

$$O_i = xp_i \cdot yp_i \cdot zp_i, \quad O_j = \pi \cdot xd_i^2 \cdot zp_i, \quad i, j \in [1, \dots, N],$$

где xp_i, yp_i, zp_i, xd_i — соответственно размеры объекта по каждой оси (xd_i — для объектов, проекция которых на плоскость задана в виде окружности); N — количество объектов.

Для представления поверхностей чаще всего используется модель, называемая нерегулярной триангуляционной сетью (Triangulated Irregular Network — TIN) [2].

Помимо данных о геометрической форме объектов, каждый из них может быть снабжен разнообразной атрибутивной информацией, хранящейся либо в виде отдельных таблиц внутри одной базы данных, либо в виде самостоятельных наборов данных, связанных набором указателей и объединенных в банке геоданных. Таким образом, каждая точка ЕИП может быть представлена следующим образом:

$$t_i = \{x_i, y_i, z_i, v_j, u_{jk}, \bar{a}_i\}, \quad i \in \Delta,$$

где x_i, y_i, z_i — координаты t_i ; Δ — множество точек ЕИП; v_j — тип объекта определенного назначения, которому принадлежит t_j , $v_j \in V$; V — множество типов объектов, вхо-

дящих в пространственную модель ППС; u_{jk} — k -й объект v_j -го типа, $u_{jk} \in U_j$; U_j — множество объектов типа v_j ; a_i — множество атрибутивных данных об u_{jk} -м объекте, имеющем отношение к t_i -й точке ЕИП.

При разработке системы поддержки принятия управленческих решений на основе прогнозирования ЧС Тамбовской области в качестве базового программного обеспечения используется ArcGIS компании Esri. Данная система наиболее полно отвечает перечисленным выше требованиям.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

При разработке методологии прогноза ЧС необходимо создать систему принципов построения прогнозов ЧС, логически организованную в единую технологическую структуру.

Набор методологических принципов прогнозирования ЧС должен обладать достаточной универсальностью для системного решения задач прогнозирования на всех его этапах, начиная от заблаговременного прогноза и завершая прогнозом последствий ЧС. Таким образом, методология прогнозирования ЧС всех видов заблаговременности должна основываться на следующих трех основных принципах:

- В обязательном порядке необходимо учитывать уровень фактической и прогнозируемой солнечной активности и ее влияние на инициирование природных источников ЧС; работоспособность операторов всех уровней и надежность функционирования сложных электронных систем, систем энергетики и связи.
- Необходимо учитывать уровень синергетичности процессов и явлений, формирующих вторичные источники ЧС.
- Прогноз необходимо представлять в вероятностном виде.

СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

На практике можно выделить ЧС природного, техногенного и природно-техногенного характера. По всем трем классам ЧС в первую очередь необходимо решать задачи заблаговременного прогнозирования. При возникновении ЧС необходимо делать прогнозы их развития и последствий.

Поэтому всю структуру ИС целесообразно разделить на три подсистемы, каждая из которых выполняет свои функции:

1. Подсистема прогнозирования ЧС должна отвечать следующим функциональным требованиям:

- обеспечивать анализ мониторинговой и прогнозной информации об источниках ЧС;
- разрабатывать прогнозы возникновения и развития ЧС;
- обеспечивать создание и поддержание базы данных о прогнозах возникновения и развития ЧС и данных об их оправданности;
- обеспечивать обработку мониторинговых и прогностических данных для выявления новых, более эффективных прогностических зависимостей между состоянием источников ЧС, причинами их возникновения, условиями развития и параметрами.

2. Подсистема прогнозирования последствий техногенных ЧС должна отвечать следующим функциональным требованиям:

- обеспечивать прогностический анализ данных оценки последствий техногенных ЧС и их прогнозов;
- разрабатывать прогнозы последствий техногенных ЧС;
- обеспечивать создание и поддержание базы данных прогнозов последствий техногенных ЧС и степени их оправданности;
- обеспечивать обработку мониторинговых и прогностических данных для

выявления новых, более эффективных прогностических зависимостей между параметрами, условиями возникновения, развития и протекания техногенных ЧС и их последствиями.

3. Подсистема поддержки принятия решений должна отвечать следующим функциональным требованиям:

- представлять прогнозы возникновения и развития ЧС в виде прогностических бюллетеней для рассмотрения и утверждения руководством;
- обеспечивать составление нормативной документации по объектам;
- обеспечивать составление документации для предоставления в службы оперативного реагирования.

В основу расчета последствий ЧС положены следующие методики:

- оценки последствий аварий на пожаро- и взрывоопасных объектах [3];

- прогнозирования и оценки медицинских последствий аварий на взрыво-, пожароопасных объектах [4];

- прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте [4];

- прогнозирования возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий [4];

- оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета ЧС [4].

В итоге типовую функциональную схему системы поддержки принятия управленческих решений на основе мониторинга и прогнозирования ЧС, в состав которой входит базовое и разработанное нами прикладное программное обеспечение, можно представить так (рис. 1):

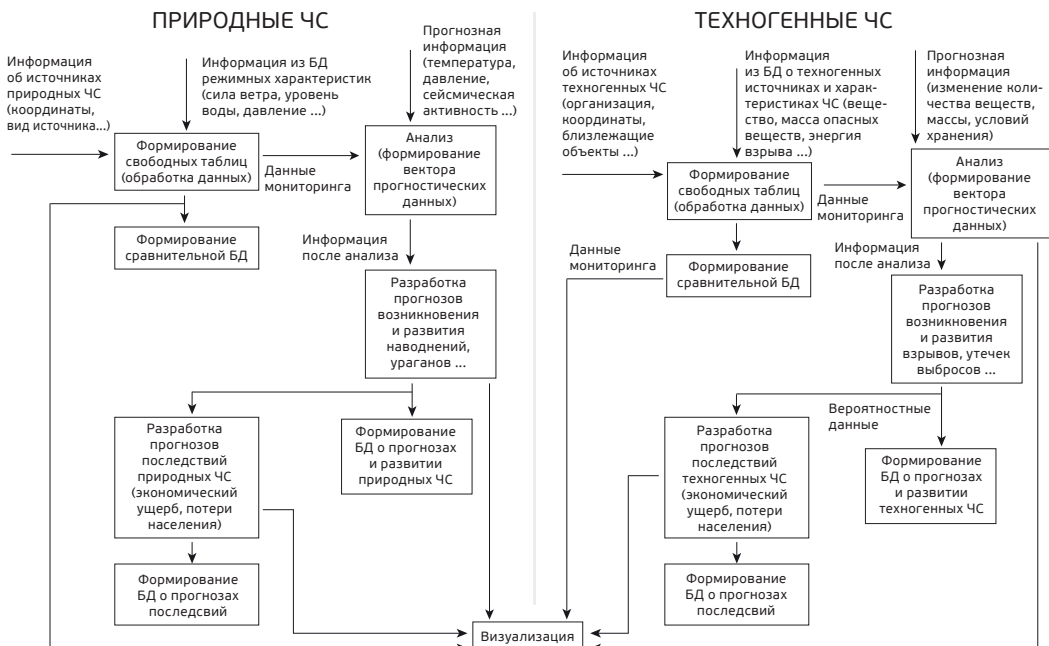


Рис. 1. Функциональная схема информационной системы поддержки принятия управленческих решений

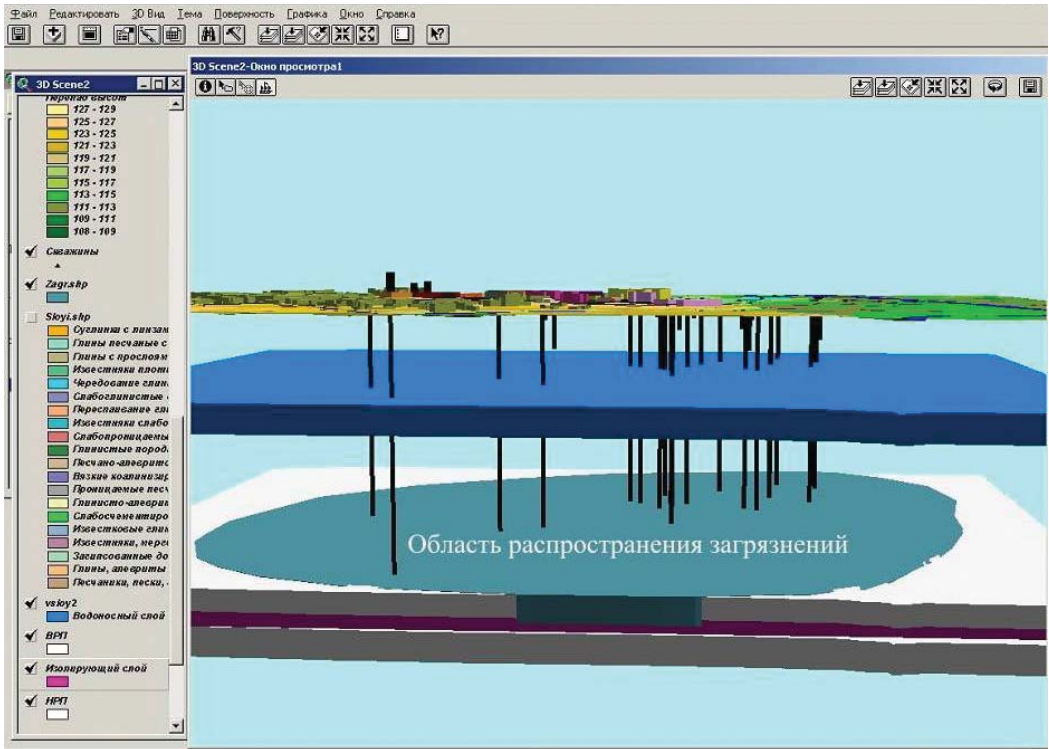


Рис. 2. Фрагмент пространственной модели г. Тамбова

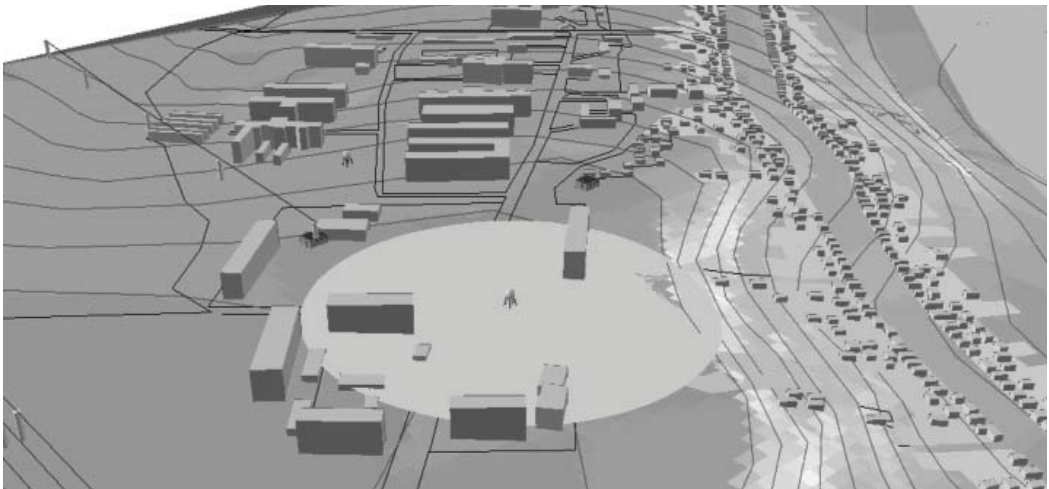


Рис. 3. Изображение зоны взрывной волны и объектов, попавших во фронт ударной волны




-  Здания, подвергнутые сильному разрушению
-  Здания, подвергнутые среднему разрушению
-  Здания, подвергнутые слабому разрушению



Рис. 4. Результаты прогнозирования разрушений жилых зданий в результате ветровой нагрузки

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

На основе предложенного подхода к построению системы поддержки принятия управленческих решений в настоящее время создана пространственная модель отдельных районов города Тамбова (рис. 2), а также решены следующие задачи:

- прогнозирование последствий ЧС на пожаро- и взрывоопасных объектах (рис. 3);
- прогнозирование последствий утечек химически опасных веществ;
- прогнозирование последствий ураганов (рис. 4).

Результаты решения этих задач в значительной степени будут способствовать нормальному функционированию ППС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nemtinov V. A., Nemtinova Yu. V. On an approach to designing a decision making system

for state environmental examination // *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2005. V. 44. № 3. P. 389. [Немтинов В. А., Немтинова Ю. В. О подходе к созданию системы принятия решений при проведении государственной экологической экспертизы // *Изв. Российской академии наук. Теория и системы управления*. –2005. Т. 44. –№ 3. –С. 65.]

2. Майкл де Мерс. Географические информационные системы. –М.: Дата+, 2000.

3. Методика оценки последствий аварий на пожаро-, взрывоопасных объектах. –М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 1996.

4. Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций. Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации (утв. Первым заместителем МЧС России 9.01.2008 г. –№ 1-4-60-9). –М.: МЧС России, 2008.

С. А. Сартин (ЦАИ Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева)

В 2000 г. окончил Северо-Казахстанский государственный университет, факультет информационных технологий, по специальности «физика-информатика». В настоящее время — руководитель Центра астрофизических исследований (ЦАИ) Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева.

И. А. Маховых (ЦАИ Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева)

В 2005 г. окончила Северо-Казахстанский государственный университет, факультет информационных технологий, по специальности «физика». В настоящее время — младший научный сотрудник Лаборатории космического мониторинга (ЛКМ) ЦАИ.

Н. Д. Немилостев (ЦАИ Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева)

В 2010 г. окончил Северо-Казахстанский государственный университет, факультет информационных технологий, по специальности «физика». В настоящее время — младший научный сотрудник ЛКМ ЦАИ.

М. Ю. Литвиненко (ЦАИ Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева)

В 2005 г. окончила Северо-Казахстанский государственный университет, факультет информационных технологий, по специальности «математика». В настоящее время — лаборант ЛКМ ЦАИ.

Применение аналитической модели половодья реки Есиль к паводку 2014 г. и возможности ее уточнения

Чрезвычайные ситуации, связанные с весенними паводками, для Казахстана не редкость. На севере Казахстана источником повышенной опасности с этой точки зрения является река Есиль (Ишим) и ее притоки. Для нашего региона характерными являются наводнения, вызванные таянием снега. В результате возникают паводковые воды, резко возрастает уровень воды в реках и озерах, искусственных водоемах.

За последние годы максимальные паводки с наибольшим материальным ущербом были отмечены в 2002, 2007 и 2014 гг. Паводок 2014 г. на территории Северо-Казахстанской области наблюдался выше нормы. Это связано с тем, что большой объем воды поступил в реку Есиль из притоков, расположенных на территории Карагандинской и Акмолинской областей, в связи с чем в регионе наблюдался выход реки в пойму. Максимальный перелив через гребень плотины Сергеевского водохранилища зарегистрирован 23 апреля

на отметке 198 см [1]. Максимальный подъем уровня воды до 6,7 м в районе г. Петропавловска зарегистрирован 3 мая.

На территории Северного Казахстана из-за подъема уровня воды в реке Есиль произошло шесть случаев подтопления жилых домов. В зоне затопления также оказались более 5 тыс. дачных участков, расположенных в пойме реки Есиль, в районах городского пляжа, поселка Заречный, речного порта и кожного завода [2]. В паводковый период в области зарегистрировано 24 случая перелива через автодороги республиканского и местного значения. В ряде населенных пунктов Северо-Казахстанской области были подтоплены переезды и мосты. К примеру, перелив через мост у села Новоникольск Кызылжарского района на 15 апреля составил 165 см. К 24 апреля эта цифра выросла уже до 220 см [3].

Север Казахстана представляет собой равнинную территорию с многочисленными

понижениями: котловинами, озерами и т. д. Именно вблизи них располагается большинство населенных пунктов региона, и практически ежегодно существует угроза их подтоплений в результате весеннего таяния снега и половодья на реке Есиль и ее притоках. В связи с этим раннее прогнозирование характера прохождения половодья является весьма актуальной задачей.

Сотрудниками Лаборатории космического мониторинга (ЛКМ) ведется работа по созданию системы прогноза и мониторинга весеннего половодья на реке Есиль. В настоящее время уже разработана аналитическая модель прогноза максимального и среднего уровней подъема в районах гидропостов. Основой модели послужила информация о гидрологических характеристиках реки и ее притоков, получаемая с опорной сети постов Казгидромета. Вычисления проводились по 14 гидропостам, расположенным как на самой реке, так и на ее притоках, за период с 2000 по 2012 г. Указанный ряд включает в себя как годы с высоким уровнем половодья, так и годы, где разлива практически не наблюдалось.

Главной целью прогнозирования наводнений является заблаговременное определение возможных зон подтопления. Для этого необходимо знать примерный уровень подъема воды в конкретном пункте. Наиболее наглядно подобные прогнозы могут быть представлены в виде графиков. Для построения прогностических кривых были проанализированы сведения с гидропостов (объем стока за половодье и уровней подъема воды) и получены графические зависимости между объемом стока и уровнями подъема воды (средним и максимальным) в районе гидропоста.

Подобные кривые могут быть использованы для примерного прогноза подъема уровня воды в конкретном пункте. Используя полученные зависимости, был сделан прогноз подъема уровня воды вблизи

города Петропавловска в период половодья 2013 и 2014 гг.

Для гидропоста в районе города Петропавловска объем стока в 2013 г. (по предварительным подсчетам) должен был составить 17×10^8 куб. м, что по графику соответствует уровню воды от 4,5 до 8 м. В 2013 г. большого половодья на реке не наблюдалось, уровень воды в рассматриваемом районе немного превышал 4 м (рис.).

Для 2014 г. объем стока, по предварительным подсчетам, должен был составить около $15,5 \times 10^8$ куб. м, что по графику соответствует уровню воды от 4,5 до 7,5 м. Максимальный уровень подъема воды составлял 6,7 м (рис.).

Для уточнения существующей модели наиболее продуктивными являются методы дистанционного зондирования Земли. Как отмечалось выше, бассейн рассматриваемой реки представляет собой равнинную территорию с многочисленными озерными понижениями, котлованами, впадинами и т. д. В малоснежные годы они остаются для реки бессточными, а в годы с высоким уровнем снежного покрова — переполняются талой водой и участвуют в формировании талого стока. При разработке аналитической модели одним из главных вопросов стал метод учета потерь талого стока (коэффициент стока). Для его определения были сопоставлены величины теоретически рассчитанного максимального стока с реальным стоком, измеренным на гидропостах. Полученная величина отражает потери, связанные с испарением и инфильтрацией в почву, а также с заполнением естественных емкостей бассейна. Если сравнивать перечисленные факторы, можно говорить о том, что большая часть талых вод идет именно на заполнение котлованов, впадин, озер и других понижений рельефа. В пользу этой версии говорит и тот факт, что в ряду наблюдений паводков встречаются

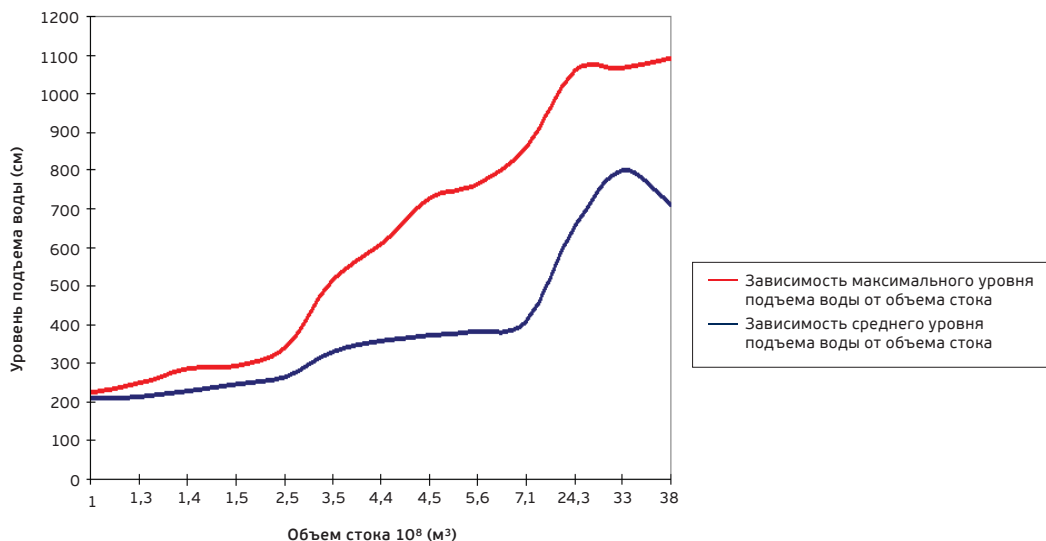


Рис. Зависимость уровня подъема воды от объема стока вблизи г. Петропавловска

ситуации, когда при практически идентичных условиях формирования половодья «результаты» кардинально различаются. Ярким примером тому стали половодья 2013 и 2014 гг. Условия формирования половодья в указанные годы складывались благоприятно: осеннее увлажнение почвы и снеготпасы были несколько выше нормы. Казгидромет предупреждал о паводке, близком к максимальному. Но половодье 2013 г. проходило в рамках среднестатистических показателей, а половодье 2014 г. стало одним из самых крупных за последние годы. Это объясняется тем, что значительная часть талых вод в первом случае пошла на заполнение естественных емкостей бассейна. В следующем же году эти потери были значительно меньше, что и привело к высокому уровню половодья.

Анализируя подобные сочетания, можно получить оценочную величину собственной емкости бассейна. Для этого предполагается обработать и сравнить информацию с гидрологических постов о расходах

и уровнях воды в указанные годы. Расчет этой величины будет способствовать увеличению точности прогнозов, а также сделает возможным более широкое применение методов дистанционного зондирования. Снимки, полученные посредством БПЛА, либо космические снимки помогут оценить степень заполнения емкостей бассейна и сделать соответствующие выводы о предполагаемых потерях стока. Следующий этап работы — переход от уровня подъема воды к зонам вероятного затопления. Для этого необходимо построить цифровую модель рельефа рассматриваемой территории. Работа в этом направлении ведется с применением аэрофотосъемки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. <http://newskaz.ru/regions/20140606/6579496.html>
2. <http://www.pkzsk.info/v-severnom-kazaxstane-podveli-itogi-proshedshego-pavodka-v-regione/>
3. <http://inform.kz/rus/article/2647664>

С. А. Митакович (ООО «ИНТРО-ГИС», Уфа)

В 2001 г. окончил факультет информатики и робототехники Уфимского государственного авиационного технического университета по специальности «системный анализ, управление и обработка информации». В настоящее время — генеральный директор ООО «ИНТРО-ГИС». Кандидат технических наук.

Разработка систем прогнозирования чрезвычайных ситуаций на базе ГИС

Анализируя эволюцию развития ГИС, можно выделить несколько значимых этапов: переход к многопользовательским системам, существенное сокращение времени на получение и сбор первичной пространственной информации, повсеместный и облегченный доступ к электронным веб- и мобильным картам. Сегодня это привело к появлению таких взаимосвязанных технологий, как «облачные» вычисления, обработка «больших данных», прием данных в режиме реального времени, гетерогенные сенсорные сети, широкое вовлечение сообщества и др. Пожалуй, уже можно говорить, что наступил очередной этап развития — переход от информации к знаниям, позволяющий действительно понимать протекающие процессы, явления и принимать наилучшие решения.

Однако задачи прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС), несмотря на характерный пространственный аспект, до сих пор остаются в стороне от бурного развития ГИС-технологий. Специфичность данной предметной области заключается в том, что методическая основа разрабатывается узкопрофильными организациями, которые делают акцент в основном на математических процессах. Такой подход привел к тому, что для каждого типа ЧС реализованы отдельные программы. И если западные

разработчики предусматривают возможность импорта/экспорта в картографические форматы, то в России мы часто оказываемся в ситуации, когда результаты моделирования ЧС выводятся в экранной форме на растровой непривязанной подложке или в виде текстового неструктурированного файла.

Являясь одним из первых разработчиков специализированных решений для анализа ЧС в России, компания «ИНТРО-ГИС» изначально ориентировалась на полную интеграцию средств моделирования в составе ГИС. Конечно, это потребовало осмысления и самостоятельной реализации методик прогнозирования, но в конечном итоге привело к появлению целого набора коробочных программных модулей для ArcGIS Desktop, Server: «Техно ЧС (оператор)», «Техно ЧС (эксперт)», «Гидро ЧС», «Лесной пожар», «Разлив нефтепродуктов», «Метео» (рис. 1). В общей сложности они реализуют более 40 различных по сложности методик прогнозирования природных, экологических и техногенных ЧС. Модули активно используются в различных структурах МЧС России, на крупных промышленных предприятиях, в проектных организациях. Отдельно можно выделить повышение интереса со стороны интеграторов, которые встраивают наши компоненты в состав распределенных информационно-аналитических систем.

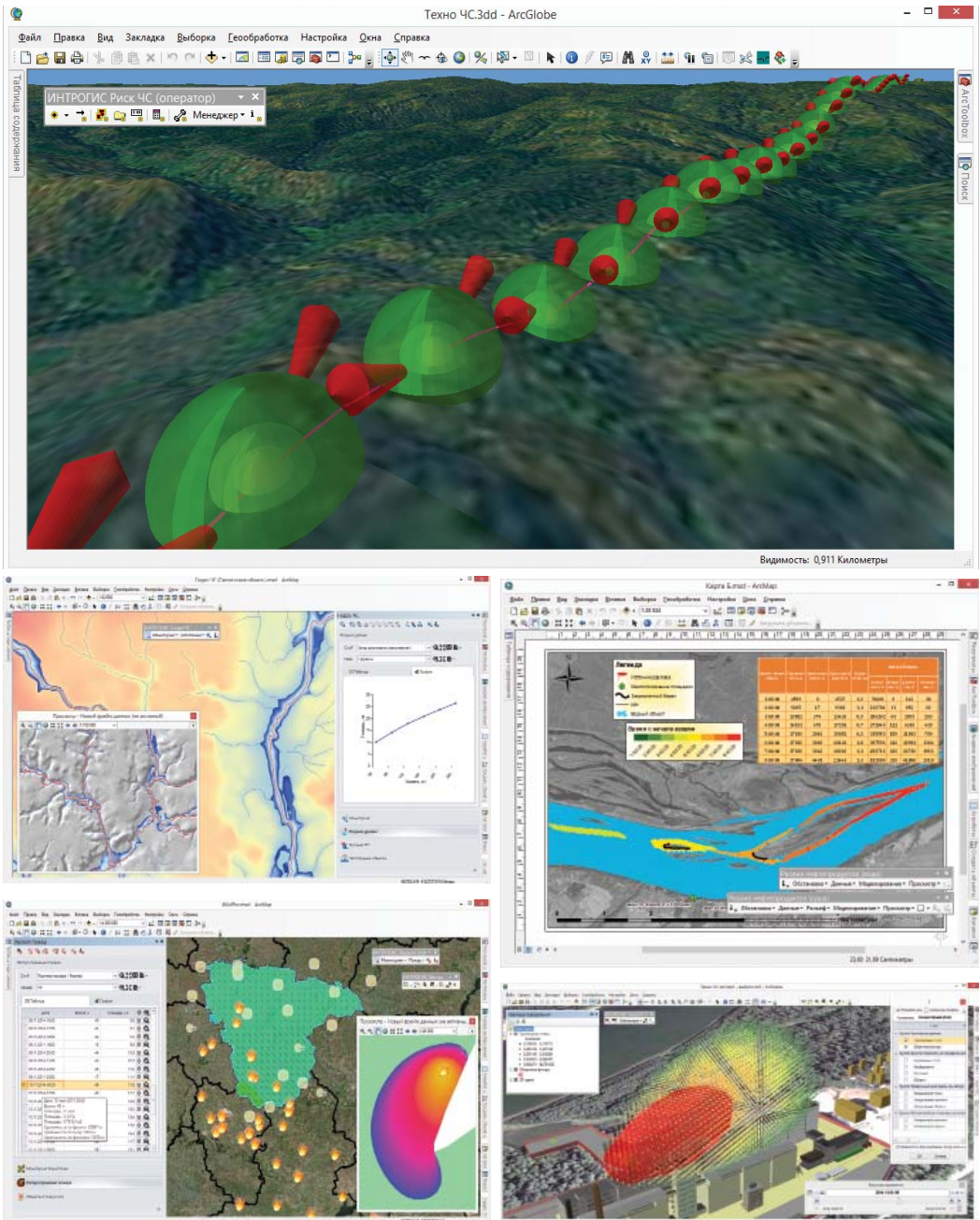


Рис. 1. Примеры расчета различных видов ЧС с использованием модулей «ИНТРО-ГИС» в ArcGIS Desktop

Полученный опыт позволяет выделить несколько ключевых моментов, связанных с разработкой подобного рода решений:

1. Программное разделение блоков математического моделирования и отображения пространственной информации. Первоначально разработка ведется для настольной ГИС (ArcMap, ArcScene, ArcGlobe) с учетом интерактивного взаимодействия пользователя, но такой подход позволяет практически без изменений портировать решение в серверную ГИС, чтобы затем использовать возможности моделирования в веб-ГИС-приложениях.

2. Выявление блока общих входных и выходных данных, которые используются во всех математических моделях. Например, в модуле «Техно ЧС (оператор)» моделируются взрывы, пожары, химическое и радиоактивное заражение. Для всех методик, реализованных в составе модуля, общими входными данными являются расстояние, опасное вещество, масса, а общими выходными — значение фактора поражения, вероятность поражения и ряд других. Таким образом, можно осуществлять параллельную разработку новых моделей, которые автоматически интегрируются в состав модуля.

3. Учет обновления данных. Моделируя долговременные процессы, важно понимать, что обстановка может меняться, и модель должна учитывать эти изменения. Так, в модуле «Лесной пожар» можно указать слой метеоданных, чтобы модели распространения учитывали их при расчетах. Поскольку модули не только проводят расчеты, но и реализуют функции мониторинга, это приводит к такому уровню автоматизации, когда пользователю в веб-приложении достаточно указать местоположение пожара, все остальные данные уже собраны и являются актуальными.

4. Разделение моделей на два класса:

экспресс-оценка и сложный расчет. Первый класс, как правило, представлен эмпирическими моделями, полный цикл расчета по которым занимает доли секунд. Такой класс моделей реализуется как для настольной, так и для серверной ГИС в виде сервиса геообработки. Второй класс моделей более адекватно моделирует процесс и представлен имитационными моделями, чаще всего основанными на системе нелинейных дифференциальных уравнений. Расчеты занимают минуты, часы, а порой и сутки даже с учетом параллельной обработки. Этот класс моделей реализуется только для настольной ГИС, но обязательно предусматривается экспорт результатов в состав картографического сервиса, чтобы веб-пользователи могли «проиграть» динамику развития ЧС. Здесь необходимо отметить, что модели данного класса часто используют нерегулярные подвижные сетки, которые в современных ГИС практически не поддерживаются. Это является еще одним сдерживающим фактором по внедрению моделей прогноза ЧС.

С учетом современных возможностей получения данных мониторинга с использованием дистанционного зондирования, спутниковой навигации, измерительных станций, датчиков контроля, уличных камер, мобильных устройств за счет комбинации средств моделирования можно выйти на новый качественный уровень анализа ЧС — превентивный анализ. Вот несколько примеров из нашей практики:

- **Эффект домино.** При определенных условиях одна ЧС влечет за собой другую и т. д. Например, подключая необходимые модули, мы можем реализовать цепочку «разрыв нефтепровода — разлив нефтепродуктов — возгорание — перегрев резервуара — взрыв — разлет осколков» (рис. 2).

- **Предупреждение о близости ЧС.** Продолжая тему прогнозирования лесных пожаров, мы реализовали систему, при

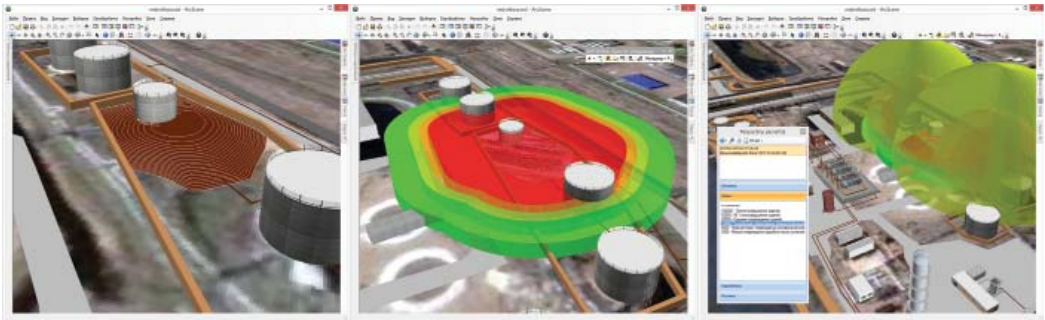


Рис. 2. Расчет эффента домина на нефтебазе

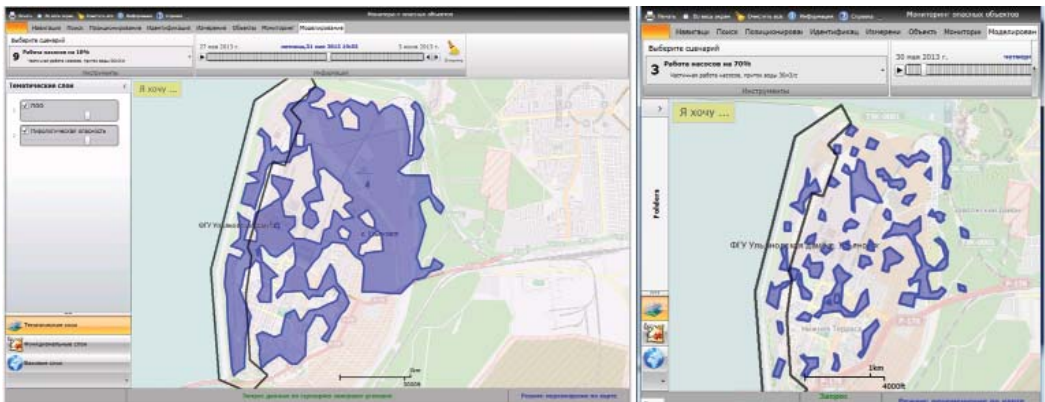


Рис. 3. Сценарное управление ЧС при затоплении территории

которой обновление термоточек, детектированных по космическим снимкам, приводит к автоматическому запуску цепочки процессов: перерасчет зон распространения пожара с учетом текущих и прогнозных метеоусловий, определение объектов в зоне риска, информирование заинтересованных лиц в случае угрозы.

- **Сценарное управление.** С использованием сложных моделей рассчитывается набор готовых сценариев, в частности затопление поймы (рис. 3). Как только возникает угроза ЧС, система выбирает наиболее близкий сценарий и «проигрывает» ситуацию с отсчетом от текущего времени.

- **Оценка риска ЧС.** Осуществляется оценка всех видов ЧС с учетом вероятности их возникновения и возможного ущерба. На единой электронной карте можно комбинировать различные виды ЧС и решать задачи о допустимости размещения новых потенциально опасных объектов в концепции приемлемого риска.

Несмотря на достигнутые успехи, мы понимаем, что существует целый пласт нерешенных задач. Если обозначить вектор развития вопросов прогнозирования и ликвидации ЧС с использованием ГИС-технологий, то наиболее актуальными задачами, на наш взгляд, являются:



Рис. 4. Моделирование ЧС на мобильном устройстве в режиме офлайн

- **Обеспечение доступа к данным мониторинга с использованием стандартов в области информационных технологий.** К сожалению, до сих пор такая информация, как уровень воды на гидропостах, концентрация загрязняющих веществ и т. п., поступает в виде графических изображений и печатных форм, что существенно тормозит автоматизированные процессы.

- **Решение прямых и обратных задач при отсутствии информации об источнике ЧС.** Необходима доработка методической и технологической базы, чтобы при фиксировании ЧС (например, пятно нефти на космоснимке) можно было установить источник ее возникновения и спрогнозировать дальнейшее распространение ЧС.

- **Более тесная интеграция средств мониторинга и моделирования ЧС.** При условии доверия к математической модели можно заказать высокодетальную съемку только тех участков территории, которые будут охвачены ЧС согласно прогнозу (тот же пример с разливом нефти).

- **Использование мобильных устройств для анализа ЧС онлайн и офлайн.** Здесь мы видим, с одной стороны, трехмерную визуализацию объектов и сценариев ЧС с использованием дополненной реальности при возможности получения данных от ГИС-сервера (онлайн), с другой стороны — экспресс-оценку зон поражения, в том числе в некомфортных условиях, при отсутствии такой возможности (офлайн) (рис. 4).

- **Применение методов натурально-естественного интерфейса с использованием голосовых команд, жестов для относительно простых конфигурируемых приложений.** Такое сочетание позволяет решать конкретную задачу максимально удобным способом, позволяя эксперту, но не специалисту ГИС, задействовать всю мощь геоинформационного анализа (рис. 5).

- **Реализация новых способов математического пространственно-временного моделирования для реализации ситуационного управления в условиях высокой неопределенности и резких динамических изменений.** Перспективными направлениями являются агентное моделирование, нейронные технологии, нечеткая логика, обучение с подкреплением и др. Как наиболее очевидный пример можно привести задачу эвакуации людей с объектов массового скопления.

Все модели, рассчитывающие зоны поражения, условно называют моделями воздействия. Однако понимание границ ЧС является лишь частью общего процесса. И наиболее важной задачей мы считаем создание и развитие блока моделей реагирования, направленных на поддержку принятия наиболее эффективных решений по ликвидации ЧС. Например, тушение лесного пожара возможно различными способами: контролируемый отжиг, наземное или воздушное тушение и т. п. Чтобы оценить каждый из этих способов, необходимо выполнить элементарные

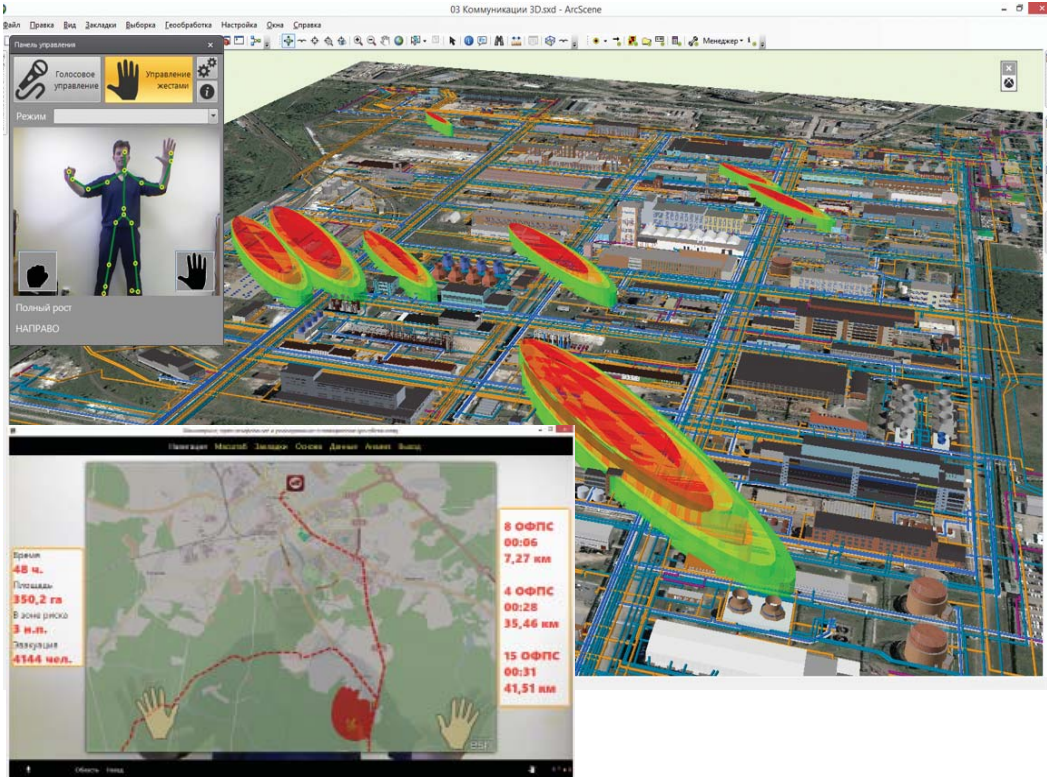


Рис. 5. Управление ГИС с использованием голосовых команд и жестов

операции анализа: расчет времени прибытия спецтранспорта, оценка удаленности от ближайшего водного источника, размещение сил и средств и др.

И как модели воздействия взаимодействуют со средствами мониторинга, чтобы уточнять зону поражения, так и модели реагирования должны достигать соглашения с моделями воздействия в вопросах рисков, денежных и временных затрат, чтобы определить действительно оптимальный вариант ликвидации ЧС.

Совмещая богатые функциональные возможности ГИС, новые способы управления информацией, знания и опыт экспертов, которые могут быть реализованы

в виде элементов искусственного интеллекта, мы стремимся перейти к следующему уровню взаимодействия с ГИС для анализа ЧС. В более отдаленной перспективе ГИС должна быть не просто набором большого количества инструментов, работать с которыми могут только специально обученные пользователи. На наш взгляд, ГИС должна стать своего рода интеллектуальным помощником, который в ответ на поставленную задачу, может быть, даже выраженную неформальным языком, проделает всю рутинную работу и предложит набор альтернативных вариантов, на основе которых пользователь примет окончательное решение.

Выставка Integrated Systems Russia 2014: резюме годовых достижений профессионального AV-рынка

29–31 октября в Экспоцентре на Красной Пресне состоялась восьмая выставка Integrated Systems Russia 2014 (ISR 2014) — ключевое мероприятие для представителей системной интеграции, аудио-, видео- и информационно-коммуникационных технологий, которое традиционно проходит на одной площадке с выставкой HI-TECH Building, посвященной автоматизации коммерческой, государственной и жилой недвижимости.

В 2014 г. обе выставки собрали более 200 экспонентов из 25 стран мира. Среди них такие гиганты, как ABB, Absen, AMX, Analog Way, Apart-Audio, Artur Holm, Atlona, AV Stumpfl, Barnsly Sound Org., BOSCH, Bose, CAYIN, Crestron, CTC CAPITAL, CVGaudio, Dataton AB, DECOLUX, Delta Controls, DISE Russia, EnOcean Alliance, ESCORT GROUP, Extron Electronics, Enlighted Digital, Eyevis, Gestton Electronics, GIRA, Hi-Tech Media, INFiLED, INTmedia, Julong, Kramer Electronics, Leyard, LG Electronics, Liantronics, Ligtech, Lightlink, Linsn, Loewe, METZ CONNECT, Mirror-Media, MixArt Distribution, NGT, Ningbo Lumisonix Enterprises LTD, Panasonic, Peerless-AV, Polymedia, Polytouch Retop LED, RGBlink, RGB Spectrum, Samsung, SBC, Shanghai Pallas, Simple Distribution, SNK-SYNTEZ, Sony Professional Solutions Group, TAIDEN, Teletask, SV Softlab, Televic Conference, TimeLink, Vimar, VISS LIGHTING, Wago, ЯМАНА MUSIC, АВ-Центр, Альфа-Медиа, АРИС, АРМО, Атанор, Брюллов Консалтинг, ИМАГ, ИМЛАЙТ, КОЛАН, Ладон-Н, Лига Образования, Медуза, Прометей-М, РусИмпульс Проект, СВП, Стандартпласт,

ТерраЛинк, Форма Инжиниринг, Элиттех и др. Общее число посетителей — 11 495 человек.

Выставка ISR 2014 продемонстрировала главные тенденции отрасли. Компании представили на своих стендах современное оборудование и инновационные решения, определяющие направление развития индустрии и будущее рынка: видеостены (Mitsubishi Electric), видеопроекторное оборудование (Panasonic), оборудование для видеоконференцсвязи (Sony), решения для образования (Polymedia), коммутационное, видео- и аудио-оборудование (SNK-SYNTEZ), интерактивные ЖК-дисплеи, доски и столы (Elittech).

Возможность увидеть в работе современное оборудование и инсталляционные решения была у посетителей уникального для России проекта «Умный дом». Проект представляет технологии домашней автоматизации, оснащения жилого пространства различными системами жизнеобеспечения (вентиляция, освещение, безопасность и т. д.) и домашних развлечений. Все инсталляционные решения



были реализованы четырьмя компаниями-интеграторами (Alef Elektro, IBC Solutions, Teletask, Бестрон).

Деловая программа выставки была очень насыщенной. Впервые сразу три профессиональные ассоциации провели на выставке курсы и сертификацию специалистов на русском языке. Свои образовательные программы представили InfoComm International («Основы AV-технологий»), Cedia («Домашние сети» и «Дизайн домашнего кинотеатра»), KNX (базовый курс KNX). Большинство специалистов, посетивших курсы, успешно сдали экзамены и получили профессиональные сертификаты, подтверждающие их знания.

В фокусе традиционного проекта Digital Signage в 2014 г. оказалась сфера ритейла. Как использовать системы рекламно-информационных дисплеев в розничных сетях, кафе и ресторанах, какие технологии появились на рынке, как цифровые маркетинговые инструменты помогают таргетировать аудиторию и привлекать посетителей — об этом рассказали представители ритейла и компаний-производителей на специализированной конференции.

Ежегодная конференция Digital Education была посвящена теме модернизации образования. Докладчики рассказали об использовании виртуальных 3D-студий для создания циклов тематических передач, о создании собственного интернет-канала, мониторинге качества образовательных услуг, внедрении современных аудиовизуальных технологий в образовательных учреждениях. Большое внимание уделили вопросу создания электронных учебников.

Проект KNX, организованный для специалистов в области автоматизации зданий, при участии ассоциации KNX и МГСУ, помимо обучающего курса, включил в себя объединенную экспозицию членов ассоциации (7 компаний из 6 стран показали здесь передовые решения на базе KNX) и Международный форум KNX «Практические аспекты применения стандарта

KNX». Особый интерес вызвала презентация последнего поколения программы ETS5 и приложения ETS Apps, которую представил исполнительный директор ассоциации «КОННЕКС» Андрей Головин.

В рамках выставки были подведены итоги Национальной премии в области профессиональной аудио-, видео- и системной интеграции PROINTEGRATION AWARDS 2014. Соискателями наград стали компании Art-In, AUVIX, BOSE, FedorMedia, Polymedia, Polymedia-Казахстан, Алеф Электро, Аскрин, Атанор, КРОК Инкорпорейтед, Лаборатория Комфорта, ТЭКО-СЕРВИС, Центр проекционных технологий «ВИКИНГ». Победителей определили путем независимого голосования. Помимо шести лауреатов, не обошлось и без специальных призов, которыми жюри наградило запоминающиеся проекты. Подробную информацию о победителях и участниках Национальной премии Prointegration Awards 2014 г. смотрите на сайте www.prointegration.ru

Рынки системной интеграции, профессионального аудио-, видеооборудования и информационно-коммуникационных решений постоянно развиваются, совершенствуются технологии, меняются потребности корпоративных и частных заказчиков. Ежегодно Integrated Systems Russia выступает как авторитетная площадка, оперативно и корректно отражающая весь комплекс произошедших в отрасли изменений, накопленный опыт производства и внедрений, практику введения в коммерческое обращение инноваций.

Узнать о развитии индустрии и новых трендах теперь можно будет через год, на Международной выставке Integrated Systems Russia 2015. Девятый релиз мероприятия пройдет с 28 по 30 октября 2015 г. в Экспоцентре на Красной Пресне.

Официальный сайт: www.isrussia.ru

Чтобы забронировать стенд на выставке или принять участие в деловой программе, пожалуйста, обращайтесь по телефону: +7 (495) 737-74-79.

III Международный GIS-Forum «Интеграция геопространства — будущее информационных технологий»

Мы рады пригласить всех специалистов, связанных с геоинформационными технологиями (ГИС) и дистанционным зондированием Земли (ДЗЗ), к участию в GIS-Forum — III Международном форуме «Интеграция геопространства — будущее информационных технологий», который состоится 15–17 апреля 2015 г. в подмосковном комплексе «Атлас Парк-Отель». Это удобная площадка для дискуссий и обмена опытом, посвященная новым технологиям и проектам, перспективам развития геоинформационной отрасли.

Геоинформационные технологии бурно завоевывают новые сферы применения. Одна из современных тенденций — колоссальное увеличение объемов обрабатываемых и анализируемых данных, необходимых для принятия эффективных решений в оперативном режиме. Высококачественная и актуальная пространственная информация необходима для управления территориально-распределенными объектами, будь то целое государство, крупный регион, транснациональная корпорация, отрасль хозяйства или небольшой населенный пункт, добывающее либо сельскохозяйственное предприятие. Огромные массивы такой информации поступают со спутниковой группировки дистанционного зондирования Земли, которая постоянно растет и совершенствуется. Немалую роль в этом процессе играют мини- и микроспутники, которых с каждым днем становится больше.

В этой ситуации развитие геоинформационных технологий направлено на создание

потребительских сервисов с максимальным доступом к самим данным, а также к результатам их обработки и анализа. Для работы с Big Data используются облачные вычисления и суперкомпьютеры. Потребителю сегодня недостаточно получать только космические снимки, ему нужны готовые решения, полученные в результате целенаправленного извлечения полезной информации — контент. На смену традиционным подходам к получению данных дистанционного зондирования приходят новые интеграционные решения: совместное использование космической съемки и съемки с БПЛА, краудсорсинг и т. д.

Об этих и многих других аспектах использования геоинформационных и космических технологий расскажут представители ведущих мировых и российских компаний — поставщиков данных и сервисов, разработчиков и пользователей программного обеспечения и аппаратных средств.

Актуальные темы GIS-Forum:

- Big data — особенности сбора, хранения и обработки.
- Как интегрировать геопространственные данные, полученные из разных источников.
- Региональные наборы пространственных данных — уникальная готовая фотокарта региона.
- Федеральные и региональные ГИС — проблемно-тематическая ориентация.
- Муниципальные ГИС — информационная поддержка органов местного самоуправления.

- ГИС для нефтегазовой отрасли, сельского и лесного хозяйства — опыт использования.
- Супермультиспектральные спутники сверхвысокого разрешения — новейшие системы космического мониторинга.
- Радарные данные для всепогодного мониторинга в нефтегазовой и горнодобывающей отраслях.
- Новые сферы применения радарных спутников сверхвысокого разрешения.
- Мини- и микроспутники — особенности и перспективы.

- Уникальные онлайн-сервисы автоматизированной фиксации изменений земной поверхности по данным многократной космической съемки.

Оставить заявку на участие можно на официальном сайте мероприятия <http://gisforum.ru/>. Ранняя регистрация открыта до 31 января 2015 г.

За дополнительной информацией обращайтесь в компанию «Совзонд» по телефону: +7 (495) 988-75-11 (доб. 823) или по e-mail: info@gisforum.ru.



Новосибирск
Россия

Interexpo
Geo
SIBERIA

Novosibirsk
Russia

20–22 апреля 2015

Интерэкспо Гео-Сибирь

XI Международная выставка
и научный конгресс "Электронное
геопространство на службе общества"

XI International Exhibition
and Scientific Congress "Open-Source
Geospatial Solutions for Public Benefits"

Организаторы / Organizers

Партнер Форума / Partner of the Forum



**NOVOSIBIRSK
EXPO CENTRE**

Официальная поддержка / Official support



EAGE

Спутниковая информация подтверждает интересные факты о природных аномалиях 2013 года

Обзор подготовили специалисты Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета» Л. С. Крамарева (директор), В. В. Суханова (заведующая отделом выходной продукции), А. Н. Давиденко (метеоролог 1-й категории).

Сейчас, как и сотни лет назад, новости о природных катаклизмах — главное, что беспокоит человечество. И если с одними угрозами люди научились справляться с помощью современных технологий, то другие стали еще более опасны из-за высокой плотности населения в мегаполисах и огромного количества многоэтажных зданий, способных похоронить под завалами тысячи людей. Землетрясения, извержения вулканов, наводнения, цунами, засухи, штормы, ураганы — все это природные катаклизмы, самые мощные и значимые происшествия, в разных уголках мира.

На Дальнем Востоке 2013 год ознаменовался аномальными показателями по ряду

природных явлений. Информационная продукция Дальневосточного центра ФГБУ «НИЦ «Планета» является подтверждением этому. Наиболее значимые природные явления приведены в этом обзоре.

ЛЕД-ДОЛГОЖИТЕЛЬ В ОХОТСКОМ МОРЕ

Активный антициклонез в районе Охотского моря в начале лета вызвал длительный период прохладной и сырой погоды в его северо-западной акватории, что привело к аномально длительному сохранению льда в этой части моря (рис. 1). На спутниковых снимках остатки ледяного покрова наблюдались до 10 августа в районе Шантарских островов в заливе Академии,

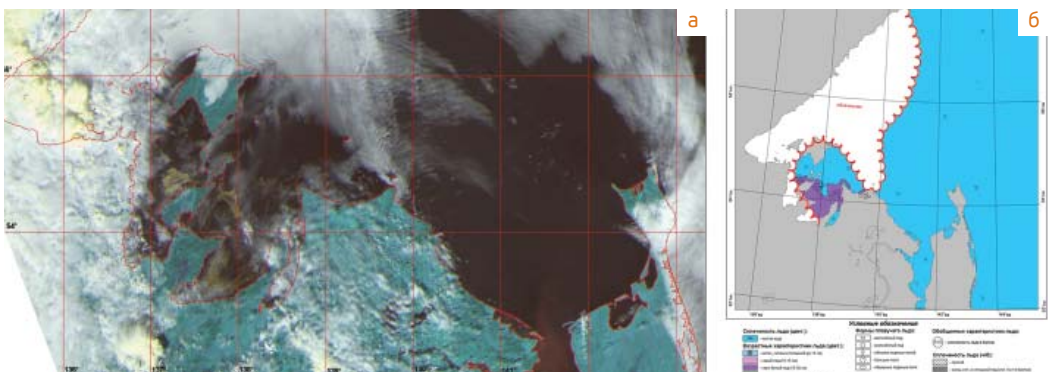


Рис. 1. Ледовая обстановка в Охотском море: а) снимок ледовой обстановки Охотского моря, полученный с ИСЗ Aqua 30.07.2013 г.; б) карта-схема ледовой обстановки Охотского моря по данным ИСЗ Тегга, Аква за 30.07.2013 г.

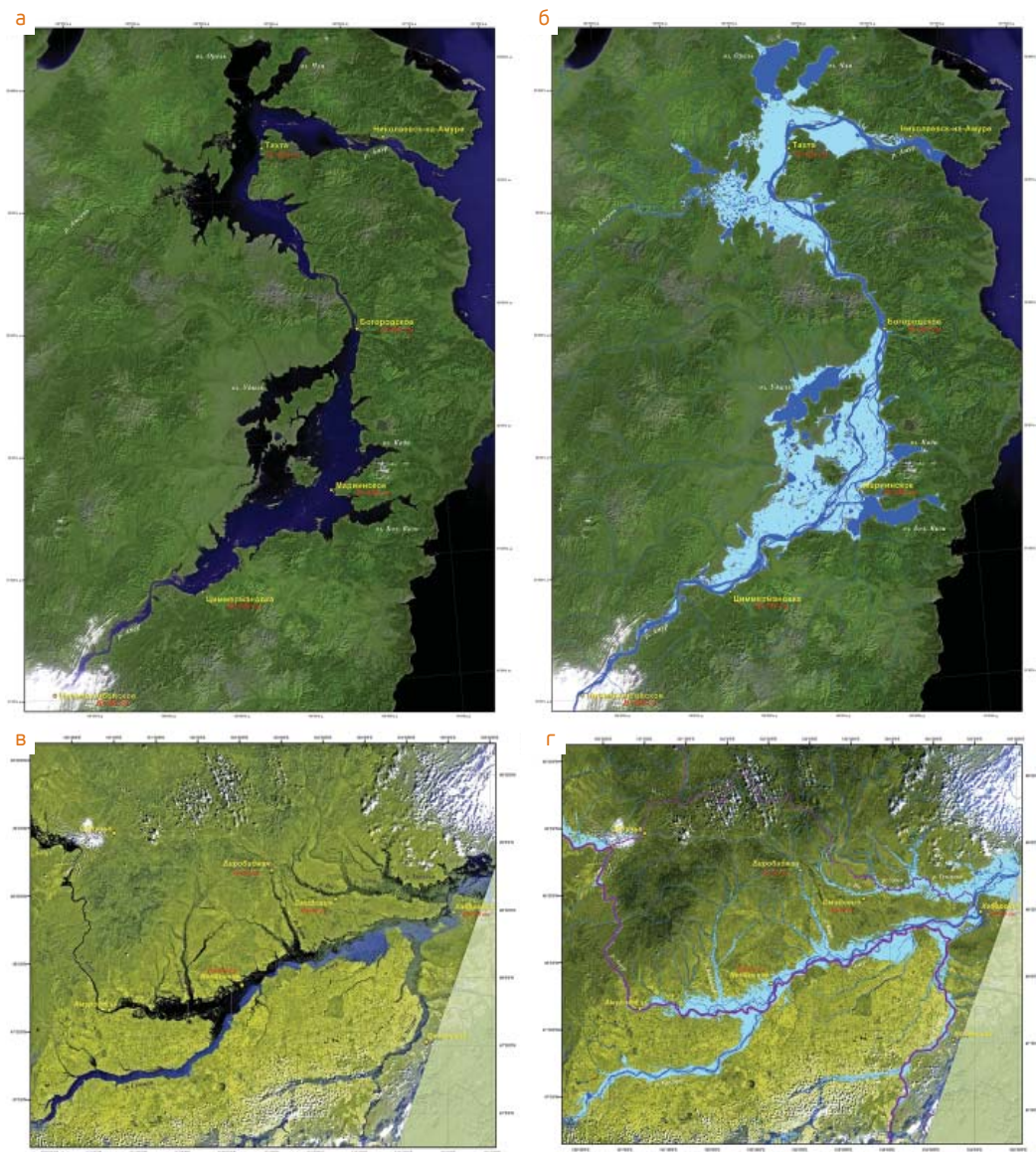


Рис. 2. Мониторинг развития паводка в пойме реки Амур и ее притоков: а) космическое изображение участков бассейна нижнего Амура по данным ИСЗ «Метеор-М» №1 с нанесенными данными водомерных постов на 22.09.2013 г.; б) цветосинтезированное изображение участков бассейна нижнего Амура по данным ИСЗ «Метеор-М» №1 с нанесенными данными водомерных постов на 22.09.2013 г.; в) космическое изображение участков бассейна среднего Амура по данным ИСЗ «Метеор-М» №1 с нанесенными данными водомерных постов на 27.08.2013 г.; г) цветосинтезированное изображение участков бассейна среднего Амура по данным ИСЗ «Метеор-М» №1 с нанесенными данными водомерных постов на 27.08.2013 г.

Тугурском и Ульбанском заливах. По данным многолетних наблюдений, подобная аномалия была зафиксирована в 1971 г., обычно лед в этом районе разрушается до 20–25 июля.

КАТАСТРОФИЧЕСКИЙ ПАВОДОК НА РЕКЕ АМУР И ЕЕ ПРИТОКАХ

Над северной территорией Китая в начале лета доминировали очень высокие температуры с высокой влажностью, а над Якутией, напротив, температуры были достаточно умеренными и воздух достаточно сухим. Под влиянием блокирующего антициклона над западом Тихого океана к началу июля над Приамурьем сформировалась стационарная высотная фронтальная зона, вдоль которой в течение двух месяцев один за другим перемещались глубокие, насыщенные тропической влагой циклоны,

сопровождающиеся сильными ливневыми дождями. В результате в Амурской и Еврейской автономных областях с июля по август выпало больше годовой нормы осадков. В итоге активизировались одновременно все области бассейна реки Амур, формирующие паводок: верхний Амур, Зея, Буряя, Уссури и Сунгари (рис. 2, 3). В предыдущие годы одновременная работа всех областей бассейна сразу не наблюдалась.

Разлив реки Амур и ее притоков вызвал катастрофический паводок. Наводнение превысило все исторические максимумы на 50–166 см. Масштабный паводок затопил в общей сложности 8 млн кв. км в пяти субъектах Дальневосточного федерального округа. Наводнение таких масштабов зафиксировано впервые за 115 лет наблюдений.

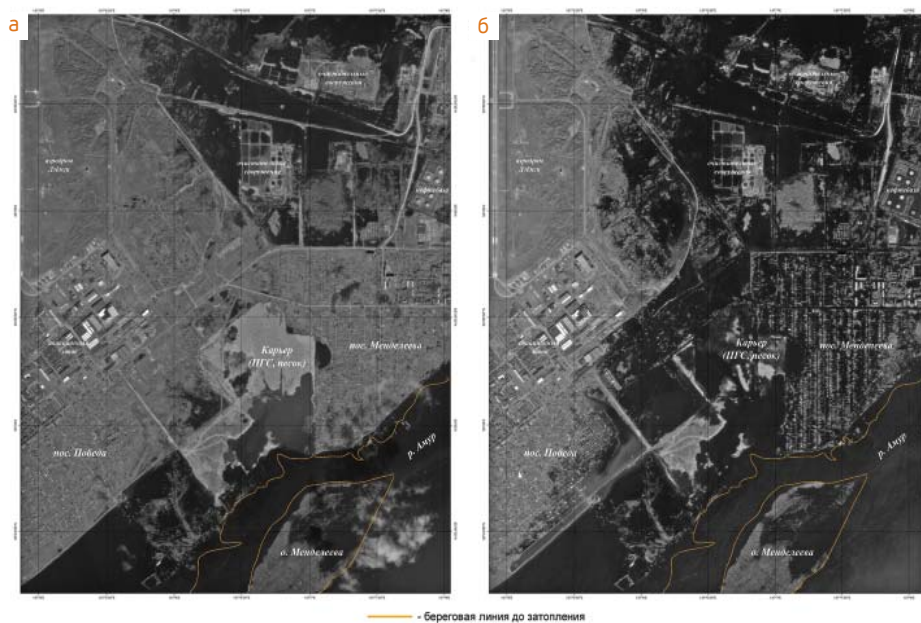


Рис. 3. Динамика развития паводковой обстановки в пойме р. Амур у г. Комсомольска-на-Амуре: а) панхроматическое изображение района поселков Победа и Менделеева по данным ИСЗ «Канопус-В» на 02.09.2013 г. с нанесением контура береговой линии до затопления; б) панхроматическое изображение района поселков Победа и Менделеева по данным ИСЗ «Канопус-В» на 12.09.2013 г. с нанесением контура береговой линии до затопления



Рис. 4. Паводковая обстановка в пойме р. Амур у г. Хабаровска. Цветосинтезированное изображение Прибрежного района г. Хабаровска по данным ИСЗ «Наноус-В» на 06.09.2013 г. с нанесением контура береговой линии до затопления

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В ЯКУТИИ

Одновременно с этим длительное отсутствие естественных осадков в Республике Саха (Якутия) привело к возникновению сильных лесных пожаров (рис. 5). Пожарам в некоторых районах были присвоены 3-й и 4-й классы опасности — наивысшие категории. Решением органов государственной власти в регионе объявлялся режим чрезвычайной ситуации. На спутниковых снимках хорошо просматривались горящие кромки пожаров, значительные выгоревшие площади и протяженные дымовые шлейфы.

ОКТАБРЬСКИЙ БУМ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ

Вторая половина года оказалась показательной и с точки зрения активности тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана. К концу года здесь образовался 31 тропический циклон, что превысило норму (25,6). Сезон начался очень рано — 1 января. В середине сезона (в июне, июле и августе) интенсивность циклогенеза была обычной, однако в сентябре и октябре среднемесячные нормы были превышены (сентябрь — 6 при норме 4,8; октябрь — 9 при норме 3,6). Причем в течение октября трижды наблюдалось одновременное существование двух тропических циклонов в непосредственной близости друг от друга, что является крайней редкостью для тропического циклогенеза.

Из 31 тропического циклона 13 стали тайфунами (рис. 6, 7). Из них 5 достигли категории супертайфуна по шкале Саффира-Симпсона (2–4-я категории: Utog и Francisco; 3–5-я категории: Usagi, Lekima и Haiyan).

Тайфун Usagi, которому 19 сентября была присвоена 5-я категория супертайфуна, был неофициально признан самым мощным за последние 30 лет. Однако уже в октябре его показатели перекрыл новый супертайфун Lekima, имевший в пик своей интенсивности давление в центре 905 мб и скорость ветра до 215 км/ч. Но и это был еще не предел. 8 ноября на Филиппины обрушился супертайфун Haiyan, ставший самым сильным в этом году. В пик интенсивности давление в его центре было 895 мб, а скорость ветра достигала 230 км/ч.

Прохождение тайфуна Haiyan привело к катастрофическим разрушениям в филиппинской провинции Лейте и на острове Самар. Национальное агентство по чрезвычайным ситуациям сообщило, что число жертв составило 5209 человек, 1600 человек числятся пропавшими без вести, 23,5 тыс. человек получили ранения, общее количество пострадавших — 10 млн человек. Многие

из них лишились своих домов, 530 тыс. человек было эвакуировано. Во Вьетнаме эвакуировали более 600 тыс. человек. Тайфун уничтожил около 585 тыс. и повредил более 588 тыс. домов.

Общее число жертв от деятельности тропических циклонов в северо-западной части Тихого океана за 2013 г. составило 6724 человек, общий ущерб составил 21,5 млрд долл.

АНОМАЛЬНАЯ ВУЛКАНИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

По данным Камчатской группы реагирования на вулканические извержения 2013 год ознаменовался и повышенной вулканической

деятельностью. Было зафиксировано максимальное количество извержений вулканов за всю историю наблюдений, которые ведутся на полуострове Камчатка с начала XX в. (рис. 8).

С начала 2014 г. на Камчатке наблюдались извержения 9 «огнедышащих гор» с разной силой. Подобное происходило только в 1945 г., но тогда ученые наблюдали извержения всего 6 вулканов.

Наиболее активны вулканы: Шивелуч — он сохраняет высокий тонус уже около 10 лет, Карымский — непрерывно извергается с 1996 г.; Безымянный — активизируется 1–2 раза в год. Достаточно сильным было извержение Ключевского вулкана, наблюдавшееся с конца августа по 23–24 октября.

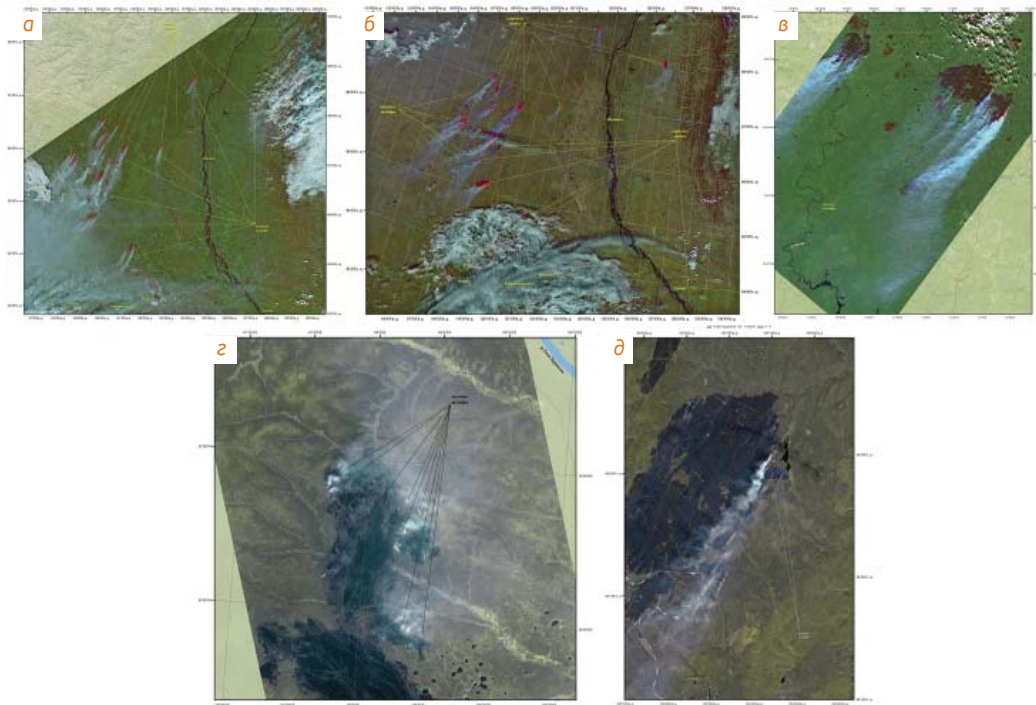


Рис. 5. Мониторинг пожарной обстановки по данным космической съемки. Республика Саха (Якутия): а) цветосинтезированное изображение по данным ИСЗ «Suomi NPP» на 03.08.2013 г.; б) цветосинтезированное изображение по данным ИСЗ «Suomi NPP» на 02.08.2013 г.; в) цветосинтезированное изображение по данным ИСЗ «Landsat-8» на 04.08.2013 г.; г) цветосинтезированное изображение по данным ИСЗ «Канопус-В» на 22.06.2013 г.; д) цветосинтезированное изображение по данным ИСЗ «Канопус-В» на 08.08.2013 г.

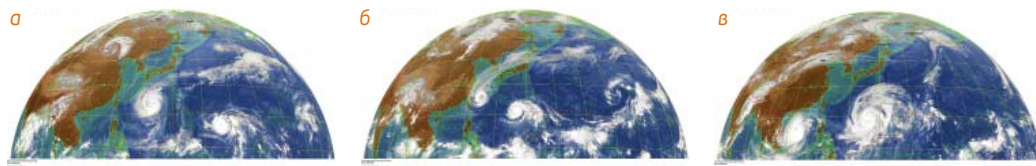


Рис. 6. Космическое изображение пар тайфунов в северо-западной части Тихого океана по данным ИСЗ Mtsat-1R: а) тайфуны Francisco и Lekima 22.10.2013 г.; б) тайфуны Fitow и Danas 05.10.2013 г.; в) тайфуны Nari и Wipha 13.10.2013 г.

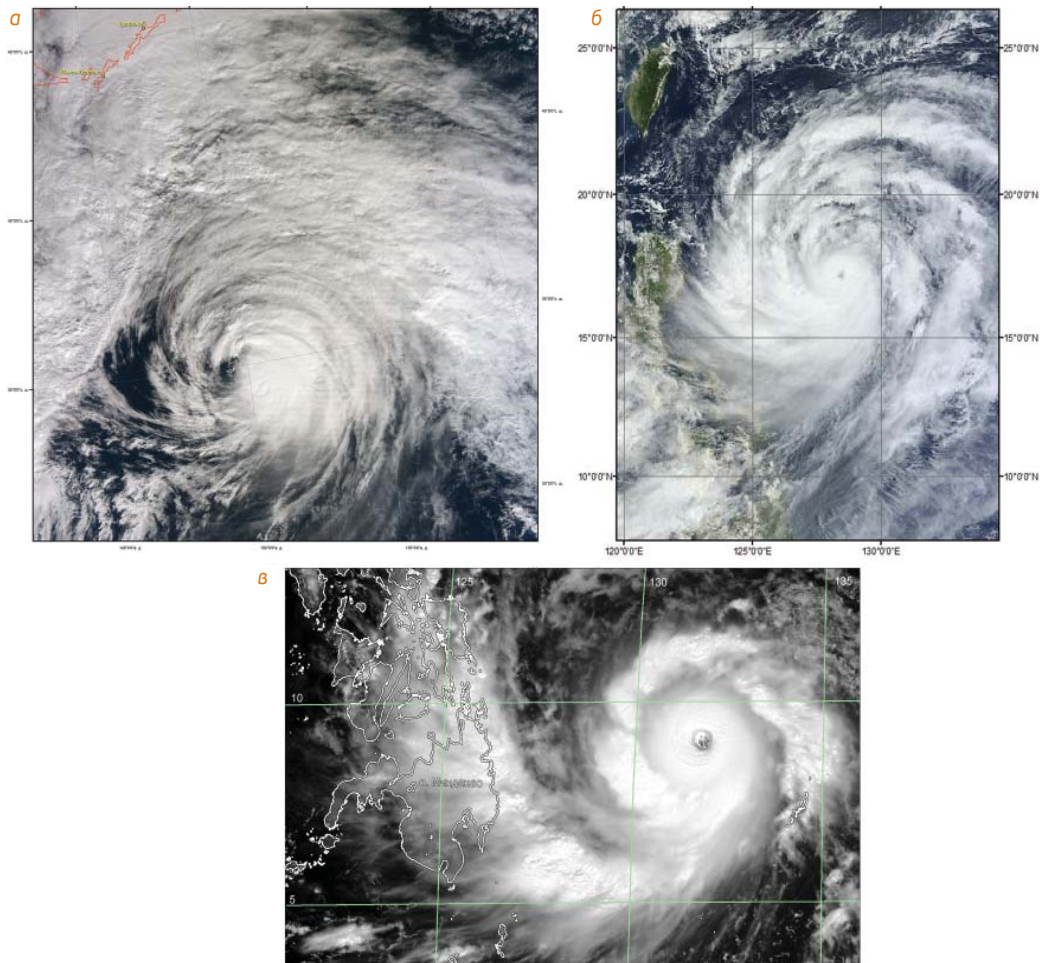


Рис. 7. Космическое изображение тайфунов: а) цветосинтезированное изображение тайфуна Lekima по данным ИСЗ Terra на 26.10.2013 г.; б) цветосинтезированное изображение тайфуна Usagi по данным ИСЗ Terra на 19.10.2013 г.; в) панхроматическое изображение тайфуна Haiyan по данным ИСЗ Mtsat-1R на 07.11.2013 г.

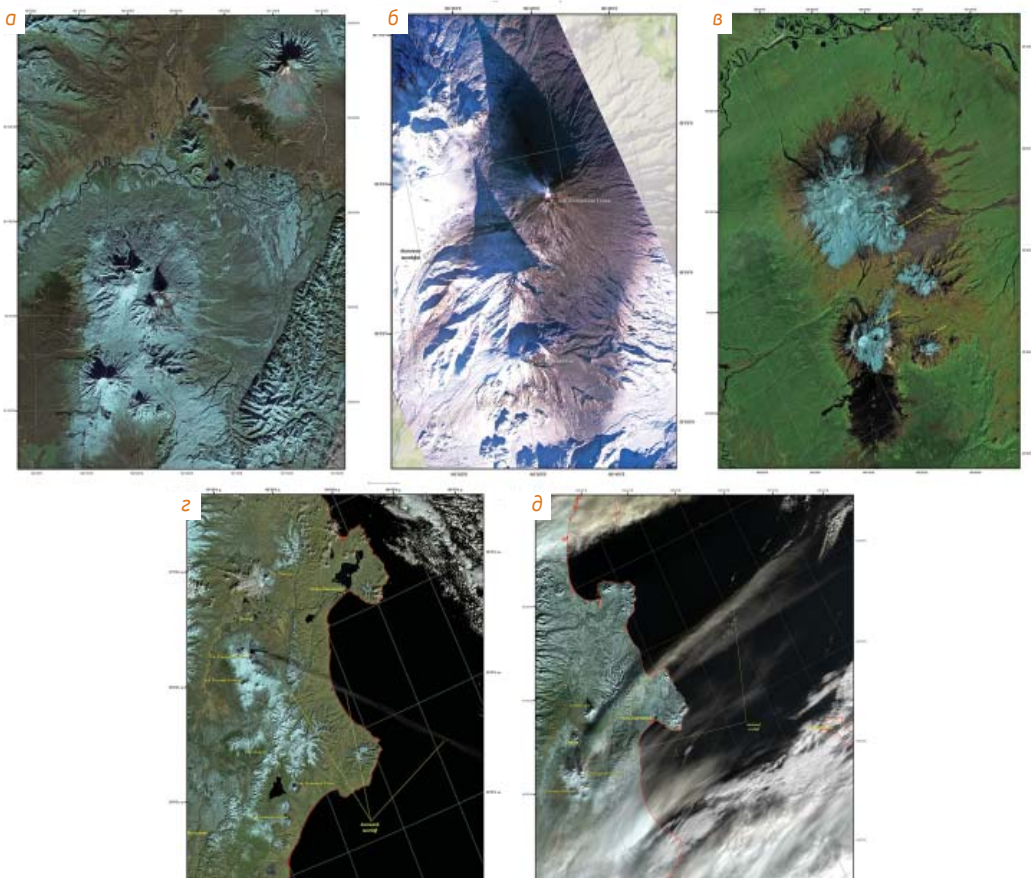


Рис. 8. Мониторинг вулканической активности по данным космического зондирования. Камчатский край:
 а) цветосинтезированное изображение Толбачинской и Ключевской группы вулканов и вулкана Шивелуч по данным ИСЗ Landsat-8 на 27.10.2013 г.; б) цветосинтезированное изображение вулканической активности вулканов Ключевская Сопка и Безимьянного по данным ИСЗ «Нанопус-В» на 19.11.2013 г.; в) цветосинтезированное изображение Толбачинской и Ключевской группы вулканов по данным ИСЗ Landsat-8 на 09.09.2013 г.; г) цветосинтезированное изображение извержения вулкана Ключевская Сопка по данным ИСЗ Terra на 12.10.2013 г. На снимке видны потоки лавы на склоне вулкана и шлейф от пеплового выброса, протянувшийся в юго-восточном направлении; д) цветосинтезированное изображение шлейфа от пеплового выброса вулкана Ключевская Сопка по данным ИСЗ Terra на 07.12.2013 г.

Только в середине сентября закончилось извержение Плоского Толбачика, начавшееся в 2012 г. Уже около двух лет непрерывно извергается вулкан Кизимен. Вулкан Жупановский заявил о себе выбросами пепла 23 и 24 октября после 56 лет покоя.

На спутниковых снимках регулярно просматривались тепловые аномалии в районе

кратеров вулканов и шлейфы от пепловых выбросов и парогазовой деятельности. Неоднократно наблюдались потоки лавы, изливающейся из кратеров вулканов Ключевская Сопка и Шивелуч.

Знать новости о природных катастрофах — это первый шаг к безопасности и лучший способ подготовиться к опасному развитию событий заранее.

ПОДПИСКА на журнал «Геоматика» 2015

1. На почте в любом отделении связи.

Каталог агентства «Роспечать».

Полугодовой подписной индекс 20609, цена – 435 р. / 2 номера.

2. По системе адресной подписки.

а) Заполните платежный документ (указав количество журналов, общую стоимость).

Стоимость 1 номера: 217 р. 50 к., периодичность выхода: 4 номера в год.

б) Отправьте копию квитанции об оплате:

по факсу: +7 (495) 988-7533;

по e-mail: geomatics@sovzond.ru;

по адресу: 115563, Москва, ул. Шипиловская, д. 28А, бизнес-центр «Милан», компания «Совзонд».

Подписка оформляется с ближайшего номера после поступления оплаты.

В стоимость подписки включена доставка журналов.

ИЗВЕЩЕНИЕ	<p>ООО «Компания СОВЗОНД» ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 Московский банк ОАО «Сбербанк России» г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Почтовый адрес _____ Организация _____ Тел. _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Название журнала</th> <th>Количество номеров</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Геоматика</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Кассир</p>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									
КВИТАНЦИЯ	<p>ООО «Компания СОВЗОНД» ИНН 7720568664 / КПП 772001001 Р/с № 40702810038120110056 Московский банк ОАО «Сбербанк России» г. Москва БИК 044525225 К/с № 30101810400000000225</p> <p>Ф.И.О. _____ Почтовый адрес _____ Организация _____ Тел. _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Название журнала</th> <th>Количество номеров</th> <th>Сумма</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Геоматика</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Плательщик</td> <td>Дата</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Кассир</p>	Название журнала	Количество номеров	Сумма	Геоматика			Плательщик	Дата	
Название журнала	Количество номеров	Сумма								
Геоматика										
Плательщик	Дата									

15–17 апреля 2015

«Атлас Парк-Отель»
Подмосковье



III Международный GIS-Forum

«Интеграция геопространства —
будущее информационных технологий»

Деловая программа:

- ◆ IX Международная конференция «Космическая съемка — на пике высоких технологий»
- ◆ III Международная конференция «ГИС — интеграционные технологии будущего»
- ◆ Отраслевые круглые столы и семинары
- ◆ Обучающие мастер-классы
- ◆ Конкурс «Лучшие проекты в области ГИС и ДЗЗ»
- ◆ Выставка «Техника и технологии»



Организатор — компания «Совзонд»
Адрес: ул. Шипиловская, 28а, г. Москва, 115563
Тел.: +7 (495) 988-7511 (доб. 823)
Факс: +7 (495) 988-7533
E-mail: info@gisforum.ru
Web-site: www.gisforum.ru

Информационные партнеры:

